

**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

№ 6 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.б.н., профессор Биттиров А.М. (Нальчик); 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 23.07.2018  
Дата выхода номера 23.08.2018

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

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 26,5  
Тираж 500 экз.  
Заказ МЖПиФИ 2018/6

© НИЦ «Академия Естествознания»

## СОДЕРЖАНИЕ

**Технические науки**

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО ЗНАКА НА БАЗЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ И МОДУЛЯРНОЙ АРИФМЕТИКИ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ ХИЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ	
<i>Абасова А.М., Бабенко Л.К.</i> .....	9
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ	
<i>Вадова Л.Ю.</i> .....	15
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА АЭРИРОВАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	
<i>Дмитриев К.С.</i> .....	21
АНАЛИЗ ПРИЧИН ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ	
<i>Коростовенко В.В., Гронь В.А., Галайко А.В., Мелтоян Е.С., Герасимова А.Г.</i> .....	26
КОЛЕБАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ОБОЛОЧЕК ТЕТРАСТРУКТУРЫ С УЧЕТОМ ДИСКРЕТНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ	
<i>Немербаев М.Н., Бекмуратов М.М., Актаев Е.К.</i> .....	30
ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ТВЕРДЕНИИ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	
<i>Рахимов М.А., Рахимова Г.М., Тоимбаева Б.М., Жаутикова С.А., Иманов Е.К.</i> .....	38
ПОКРЫТИЯ С АЛМАЗОПОДОБНЫМ УГЛЕРОДОМ – МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ И ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ	
<i>Рубштейн А.П., Владимиров А.Б., Ганжа А.А., Гюльназарова С.В., Пушкарь С.С.</i> .....	43

**Медицинские науки**

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕЧЕНИЯ ЛЕЙКОЦИТОВ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОМ «18-ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗА» ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ И ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРИ ПЭТ/КТ ИССЛЕДОВАНИЯХ	
<i>Ахетов А.А., Шаназаров Н.А., Садуакасова А.Б., Тлеулесова И.К., Душняк Л.В., Люгай Е.А., Фет М.М., Сейдалин Н.К.</i> .....	48
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ	
<i>Бадоева З.А., Габараева Л.Н., Байсангурова Л.С., Еналдиева С.С., Гудцова А.П.</i> .....	55
АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ КОМПЛЕКСА КСАНТИНОКСИДАЗА/КСАНТИНДЕГИДРОГЕНАЗА В ПЛАЗМЕ КРОВИ И ЛИЗАТАХ ЛИМФОЦИТОВ У БОЛЬНЫХ С СЕРОПОЗИТИВНОЙ И СЕРОНЕГАТИВНОЙ ФОРМАМИ РЕВМАТОИДНОГО АРТРИТА	
<i>Бедина С.А., Мозговая Е.Э., Трофименко А.С., Зборовская И.А.</i> .....	61
ФРАКТАЛЬНЫЕ РАЗМЕРНОСТИ И ПАРАМЕТРЫ ТЕКСТУРЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ ОСТЕОАРТРИТЕ	
<i>Кабалык М.А.</i> .....	65
ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИЯ И МАКУЛЯРНЫЙ ОТЕК СЕТЧАТКИ	
<i>Короев О.А., Аликова Т.Т., Короев А.О., Хадикова Э.В., Созаева М.А.</i> .....	70

---

**ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У ЛИЦ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ**

*Кручинина М.В., Абдуллаева П.А., Громов А.А., Баум В.А.,  
Генералов В.М., Генералов К.В., Кручинин В.Н., Рыхлицкий С.В.* ..... 75

**ИССЛЕДОВАНИЕ БИОДОСТУПНОСТИ IN VITRO ТАБЛЕТОК С ИБУПРОФЕНОМ**

*Подгурская В.В., Савченко И.А., Корнеева И.Н., Лукаша Е.А., Попова А.П.* ..... 85

**КРИОГЕННОЕ ЛЕЧЕНИЕ РАКА КОЖИ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

*Светицкий П.В., Светицкий А.П., Зеленков Н.П.* ..... 90

**Биологические науки**
**К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЦЕНОТИЧЕСКУЮ И ФЛОРИСТИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ СООБЩЕСТВ МИКСОТРОФНЫХ ФИТОФЛАГЕЛЛЯТ КРУПНЫХ СУБАРКТИЧЕСКИХ РЕК ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

*Габышев В.А., Габышева О.И.* ..... 93

**АПРОБАЦИЯ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ДНК ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ И МОНИТОРИНГА ПОПУЛЯЦИЙ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ**

*Кирильчик С.В., Макаров М.М., Аношко П.Н., Астахова М.С., Смолин И.Н., Дзюба Е.В.* ..... 98

**НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ГЕНОМА В ВИДЕ МОЗАИЧНОЙ АНЕУПЛОИДИИ НИЗКОГО УРОВНЯ ХРОМОСОМЫ X У ЖЕНЩИН С ОТЯГОЩЕННЫМ РЕПРОДУКТИВНЫМ И ГЕНЕТИЧЕСКИМ АНАМНЕЗОМ**

*Колотий А.Д., Ворсанова С.Г., Юров И.Ю., Демидова И.А.,  
Куричная О.С., Кравец В.С., Шаронин В.О., Зеленова М.А., Юров Ю.Б.* ..... 103

**ПОРИСТЫЕ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫЕ МАТРИЦЫ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА, АЛЬГИНАТА И КОЛЛАГЕНА В СТЕНКЕ МАТКИ КРОЛИКА ПОСЛЕ КЕСАРЕВА СЕЧЕНИЯ**

*Попрядухин П.В., Юкина Г.Ю., Добровольская И.П., Иванькова Е.М., Юдин В.Е.* ..... 112

**ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ СОЛОМЫ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

*Русакова И.В.* ..... 120

**АДСОРБЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ЯГЕЛЯ И КОМПЛЕКСОВ НА ЕГО ОСНОВЕ ПО ОТНОШЕНИЮ К МЕТИЛЕНОВОМУ СИНЕМУ**

*Степанова А.В., Шарина А.С.* ..... 125

**ВЛИЯНИЕ ПЕПТИДА СЕЛАНК НА МАССУ ТЕЛА, ПОКАЗАТЕЛИ ЛИПИДНОГО ПРОФИЛЯ И УРОВЕНЬ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ КРЫС ЛИНИИ ВИСТАР**

*Шубина Т.А., Оберган Т.Ю.* ..... 130

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОДОЛАЗОВ ПРИ ПОВЫШЕННОМ ДАВЛЕНИИ В БАРОКАМЕРЕ**

*Яхонтов Б.О.* ..... 135

**Сельскохозяйственные науки**
**ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГУМАТИЗИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ХЛОПЧАТНИК**

*Арзиев Ж.А., Шамишев Б.Н., Жолдошев Б.С.* ..... 140

**ЭФФЕКТ РАЗЛИЧНЫХ РАЦИОНОВ КОРМЛЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТ АССОЦИАТИВНОГО АНАЛИЗА ПОЛИМОРФИЗМА В ГЕНЕ MSTN И РОСТА ЖИВОЙ МАССЫ У МОЛОДНЯКА КУР**

*Дементьева Н.В., Митрофанова О.В., Кудинов А.А.* ..... 145

О КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ТОПИНАМБУРА ( <i>HELIANTHUS TUBEROSUS</i> L.) И СУММОЙ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕМПЕРАТУР	
<i>Партоев К., Ахмедов Х.М., Сафармади М., Нихмонов И., Садридинов С.</i>	149
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ОЧЁСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА КАЧЕСТВО ОЧЁСА	
<i>Сахаров В.А., Кувшинов А.А., Мазнев Д.С., Панасюк А.Н.</i>	155

### **Экономические науки**

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА: ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ	
<i>Козлова О.А., Сычева М.Н.</i>	160
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТОВ РИСКОВ И СООТНОШЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ РИСКА С ОПАСНОСТЬЮ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ИТ-ПРОЕКТА	
<i>Пучков И.И.</i>	165

### **Педагогические науки**

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ	
<i>Асанова Ж.К.</i>	169
СТУДЕНЧЕСТВО КАК ОСОБАЯ СОЦИАЛЬНАЯ ГРУППА В КОНТЕКСТЕ ЭТНОКУЛЬТУРНОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ	
<i>Асипова Н.А., Мамырова М.И.</i>	175
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ РЕЗИДЕНТУРЫ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ ПЕДИАТРИЯ	
<i>Кузгилбекова А.Б., Абеуова А.Б., Ерёмичева Г.Г., Кенжебаева К.А., Жумаканова К.С.</i>	180
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОБУЧАЮЩИХСЯ	
<i>Сарсекеева Ж.Е., Акильбекова А.С., Сарсекеева Н.Е.</i>	186
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАТИВНЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПО УЧЕБНЫМ ПРЕДМЕТАМ В КОРРЕКЦИОННОЙ ШКОЛЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С УМСТВЕННОЙ ОТСТАЛОСТЬЮ	
<i>Урмова С.Е., Расторопов А.В.</i>	192

### **Психологические науки**

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИЧНОСТИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАЖА ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
<i>Богданова Т.М., Синькеев М.С., Занкин М.А., Демин А.С., Занкина А.Ю.</i>	198

### **Исторические науки и археология**

РЕФОРМЫ ПАВЛА I И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВА	
<i>Михневич А.В., Позднякова Е.Ю.</i>	203

### **Филологические науки**

ТЕМАТИЧЕСКИЕ И СТИЛЕВЫЕ ИСКАНИЯ КЫРГЫЗСКИХ БАСНОПИСЦЕВ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА	
<i>Исаков К.А.</i>	208

---

**CONTENTS**
**Technical sciences**

THE DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM OF THE DIGITAL WATERMARKING BASED ON MORPHOLOGICAL IMAGE PROCESSING AND MODULAR ARITHMETICS COUNTERING THE THREATS OF THE PROTECTION OF INTELLECTUAL PROPERTY OBJECTS <i>Abasova A.M., Babenko L.K.</i> .....	9
THE STUDY OF THE MECHANISMS OF THE GAS-SENSITIVE THERMOCHEMICAL SENSORS <i>Vadova L.Yu.</i> .....	15
TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE AERATED CERAMIC PRODUCTION <i>Dmitriev K.S.</i> .....	21
TECHNOLOGICAL ACCIDENTS ANALYSIS AND MEASURES TO ACCIDENTS PREVENTION ON TRANSITORY IN-LINE PUMP STATIONS <i>Korostovenko V.V., Gron V.A., Galayko A.V., Meltonyan E.S., Gerasimova A.G.</i> .....	26
VIBRATIONS OF COMPOSITE SHELLS OF TETRASTRUCTURE WITH THE ACCOUNT OF DISCRETENESS OF ELEMENTS <i>Nemerebaev M.N., Bekmurotov M.M., Aktaev E.K.</i> .....	30
STRENGTH OF CONCRETE IN HARDNESS IN VARIOUS CLIMATIC CONDITIONS <i>Rakhimov M.A., Rakhimova G.M., Toimbaeva B.M., Zhautikova S.A., Imanov E.K.</i> .....	38
COATINGS WITH DIAMOND-LIKE CARBON – MATERIAL FOR ORTHOPEDIC AND DENTAL IMPLANTS <i>Rubshiteyn A.P., Vladimirov A.B., Ganzha A.A., Gyulnazarova S.V., Pushkar S.S.</i> .....	43

**Medical sciences**

THE USAGE OF TECHNOLOGY OF LABELING LEUKOCYTES BY «18-FLUORODEOXYGLUCOSE» RADIOPHARMACEUTICAL FOR THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF MALIGNANT AND INFLAMMATORY DISEASES IN PET/CT STUDIES <i>Akhetov A.A., Shanazarov N.A., Saduakasova A.B., Tleulesova I.K., Dushnyak L.V., Lyugay E.A., Fet M.M., Seydalin N.K.</i> .....	48
MODERN TRENDS OF MEDICO-DEMOGRAPHIC INDICATORS IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANYA AND THEIR FURTHER FORECASTING <i>Badoeva Z.A., Gabaraeva L.N., Baysangurova L.S., Enaldieva S.S., Gudtsova A.P.</i> .....	55
ACTIVITY OF THE XANTINOXIDASE/XANTINDHYDROGENASE ENZYMIC SYSTEM IN BLOOD PLASMA AND LYMPHOCYTES IN SEROPOSITIVE AND SERONEGATIVE RHEUMATOID ARTHRITIS <i>Bedina S.A., Mozgovaya E.E., Trofimenko A.S., Zborovskaya I.A.</i> .....	61
FRACTAL DIMENSIONS AND PARAMETERS OF TEXTURE OF A KNEE JOINT AT OSTEOARTHRITIS <i>Kabalyk M.A.</i> .....	65
PHACOEMULSIFICATION AND MACULAR EDEMA <i>Koroev O.A., Alikova T.T., Koroev A.O., Khadikova E.V., Sozaeva M.A.</i> .....	70
THE ASSESSMENT OF THE SEVERITY OF HEMORHEOLOGICAL DISORDERS IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION <i>Kruchinina M.V., Abdullaeva P.A., Gromov A.A., Baum V.A., Generalov V.M., Generalov K.V., Kruchinin V.N., Rykhlytskiy S.V.</i> .....	75

THE INVESTIGATION OF BIOAVAILABILITY OF IN VITRO TABLETS WITH IBUPROFEN <i>Podgurskaya V.V., Savchenko I.A., Korneeva I.N., Luksha E.A., Popova A.P.</i> .....	85
CRYOGENIC TREATMENT OF SKIN CANCER IN AMBULATORY CONDITIONS <i>Svetitskiy P.V., Svetitskiy A.P., Zelenkov N.P.</i> .....	90

### **Biological sciences**

ON THE STUDY OF NUTRIENTS AND ORGANIC MATTER IMPACT ON SPATIAL STRUCTURE OF MIXOTROPHIC PHYTOFLAGELLATES OF EAST SIBERIAN LARGE SUBARCTIC RIVERS <i>Gabyshv V.A., Gabyshva O.I.</i> .....	93
TESTING METHOD QUANTITATIVE EDNA ANALYSIS FOR STOCK ASSESSMENT AND MONITORING OF BAIKAL OMUL POPULATIONS <i>Kirilchik S.V., Makarov M.M., Anoshko P.N., Astakhova M.S., Smolin I.N., Dzyuba E.V.</i> .....	98
GENOME INSTABILITY PRESENTING AS LOW-LEVEL MOSAIC CHROMOSOME X ANEUPLOIDY IN WOMEN WITH REPRODUCTIVE AND GENETIC BURDEN <i>Kolotiy A.D., Vorsanova S.G., Iourov I.Yu., Demidova I.A., Kurinnaya O.S., Kravets V.S., Sharonin V.O., Zelenova M.A., Yurov Yu.B.</i> .....	103
POROUS BIORESORBABLE MATRICES BASED ON CHITOSAN, ALGINATE AND COLLAGEN IN THE RABBIT WALL UTERINE AFTER KESAREV SECTION <i>Popyradukhin P.V., Yukina G.Yu., Dobrovolskaya I.P., Ivankova E.M., Yudin V.E.</i> .....	112
STUDY OF ENVIRONMENTAL STATE OF MICROBIAL COMMUNITY OF SODDY-PODZOLIC SOIL AFTER LONG-TERM APPLICATION OF STRAW AND MINERAL FERTILIZERS <i>Rusakova I.V.</i> .....	120
ADSORPTION ACTIVITY OF YAGEL AND COMPLEXES ON ITS BASIS IN RELATION TO METHYLENE BLUE <i>Stepanova A.V., Sharina A.S.</i> .....	125
THE EFFECT OF THE PEPTIDE SELANK ON BODY WEIGHT, PARAMETERS OF LIPID PROFILE AND BLOOD GLUCOSE LEVEL OF WISTAR RATS <i>Shubina T.A., Obergan T.Yu.</i> .....	130
PHYSIOLOGICAL ASPECTS PROVISIONS THE LIFE ACTIVITY OF THE DIVERS IN INCREASED PRESSURE IN THE HYPERBARIC CHAMBER <i>Yakhontov B.O.</i> .....	135

### **Agricultural sciences**

RESEARCH OF IMPACT EFFICIENCY OF COMPLEX HUMATE MINERAL FERTILIZERS ON COTTON <i>Arziev Zh.A., Shamshiev B.N., Zholdoshev B.S.</i> .....	140
THE EFFECT OF DIFFERENT DIETS OF FEEDING ON THE RESULT OF ASSOCIATIVE ANALYSIS OF POLYMORPHISM IN THE MSTN GENE AND GROWTH OF LIVE WEIGHT IN CHICKENS <i>Dementeva N.V., Mitrofanova O.V., Kudinov A.A.</i> .....	145
ABOUT CORRELATION RELATION BETWEEN PRODUCTIVITY OF THE SUN ARTICHOKE ( <i>HELIANTHUS TUBEROSUS L.</i> ) AND SUM OF EFFECTIVE TEMPERATURES <i>Partoev K., Akhmedov Kh.M., Safarmadi M., Nikhmonov I., Sadridinov S.</i> .....	149

---

 INFLUENCE OF REGIME PARAMETERS OF THE COMBING DEVICE  
 ON THE QUALITY OF THE FLOCK

*Sakharov V.A., Kuvshinov A.A., Maznev D.S., Panasyuk A.N.* ..... 155

**Economical sciences**

 INNOVATIVE METHODS OF PERSONNEL TRAINING:  
 FOREIGN AND DOMESTIC EXPERIENCE

*Kozlova O.A., Sycheva M.N.* ..... 160

 METHODOLOGY OF THE RISK PRIORITIZATION AND THE RISK PROBABILITY  
 RELATION TO A POTENTIAL DANGER WHILE IT-PROJECT IS PLANNING

*Puchkov I.I.* ..... 165

**Pedagogical sciences**

 REALIZATION OF INTERSUBJECT COMMUNICATIONS IN THE PROCESS  
 OF STUDYING THE ELECTIVE COURSE ON MATHEMATICAL ANALYSIS

*Asanova Zh.K.* ..... 169

 STUDENTS AS A SPECIAL SOCIAL GROUP IN THE CONTEXT  
 OF ETHNOCULTURAL SOCIALIZATION

*Asipova N.A., Mamyrova M.I.* ..... 175

 TO THE QUESTION OF ESTIMATION OF RESIDENCY EDUCATION  
 PROGRAM ON THE SPECIALTY PEDIATRICS

*Kuzgibekova A.B., Abeuova A.B., Eremicheva G.G., Kenzhebaeva K.A., Zhumakanova K.S.* ..... 180

 INFORMATION TECHNOLOGIES AS CONDITION OF STUDENTS INTELLECTUAL  
 POTENTIAL DEVELOPMENT

*Sarsekeeva Zh.E., Akilbekova A.S., Sarsekeeva N.E.* ..... 186

 DESIGNING VARIATIVE EDUCATIONAL SYSTEMS ON BOTH ACADEMIC SUBJECTS  
 TO A SPECIAL SCHOOL FOR STUDENTS WITH MENTAL RETARDATION

*Uromova S.E., Rastoropov A.V.* ..... 192

**Psychological sciences**

 PSYCHOLOGICAL PERSONAL CHARACTERISTICS OF THE FACULTY  
 DEPENDING ON EMPLOYMENT PERIOD

*Bogdanova T.M., Sinkeev M.S., Zankin M.A., Demin A.S., Zankina A.Yu.* ..... 198

**Historical sciences and archeology**

 THE REFORM OF PAUL I, AND THEIR IMPORTANCE FOR THE DEVELOPMENT  
 OF THE RUSSIAN STATE

*Mikhnevich A.V., Pozdnyakova E.Yu.* ..... 203

**Philological sciences**

 THEMATIC AND STYLE SEARCH OF THE KYRGYZ BASINS  
 OF THE SECOND HALF OF THE 20TH CENTURY

*Isakov K.A.* ..... 208

УДК 004.021:004.624

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО ЗНАКА НА БАЗЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ И МОДУЛЯРНОЙ АРИФМЕТИКИ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ ХИЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Абасова А.М., Бабенко Л.К.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, Таганрог, e-mail: moonriel@yandex.ru, lkbabenko@sfedu.ru

В настоящей статье описывается реализация обеспечения защиты авторских прав, прав интеллектуальной собственности мультимедийного контента и скрытой передачи информации путем использования внедренных цифровых водяных знаков. В качестве контейнера рассматривается цветное цифровое изображение. Описан разработанный алгоритм преобразования цифрового водяного знака, не зависящий от его вида (цифровой водяной знак может представлять собой текст, бинарное изображение с логотипом организации, QR-код, содержащий знак охраны авторских прав или ссылку на сайт автора) для встраивания в цифровое изображение на основе использования математического аппарата модулярной арифметики, позволяющий обнаружить и скорректировать возникшую ошибку/искажение данных при наличии деструктивного воздействия на систему. Также описан разработанный алгоритм внедрения цифрового водяного знака в изображение-контейнер с целью доказательства авторских прав на основе морфологической обработки изображений, в рамках которого было предложено для внедрения цифрового водяного знака использовать значимые области изображения-контейнера, а именно пиксели, принадлежащие объектам переднего плана. Для преодоления проблемы последовательного заполнения бит изображения было предложено использовать геометрический центр объекта переднего плана как точку отсчета.

**Ключевые слова:** стеганография, стегоконтейнер, цифровой водяной знак, морфологическая обработка изображений, модулярная арифметика

## THE DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM OF THE DIGITAL WATERMARKING BASED ON MORPHOLOGICAL IMAGE PROCESSING AND MODULAR ARITHMETICS COUNTERING THE THREATS OF THE PROTECTION OF INTELLECTUAL PROPERTY OBJECTS

Abasova A.M., Babenko L.K.

Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education «South Federal University»  
Institute of Computer Technologies and Information Security, Taganrog,  
e-mail: moonriel@yandex.ru, lkbabenko@sfedu.ru

This article describes the implementation of the protection of copyright, intellectual property rights of multimedia content and the hidden transmission of information through the use of embedded digital watermarks. The digital color images will be the container. Described a developed algorithm for converting digital watermark, independent of its form (a digital watermark can be a text, a binary image with the company logo, a QR – code containing a copyright protection symbol or a link to the author's site) for embedding in a digital image based on the use of the mathematical apparatus of modular arithmetic, which makes it possible to detect and correct the error/distortion of the data that arises when there is a destructive effect on the system. Also described the developed algorithm for introducing a digital watermark into a container image for the purpose of proving copyright that based on morphological image processing, within which it was proposed to use significant areas of the container image, the pixels of the container image belonging to the foreground objects for the introduction of the digital watermark. To overcome the problem of sequential filling of image bits, it was suggested to use the geometric center of the foreground object as a reference point.

**Keywords:** steganography, stego container, digital watermarking, morphological image processing, modular arithmetic

Цифровое изображение, как частный случай аудиовизуального произведения, но без сопровождения звука, обладает повышенным риском нарушения авторского права, так как данный объект интеллектуальной собственности широко представлен в интернете и для злоумышленника не составляет трудности выполнить его копирование и распространение вне зоны авторского контроля [1]. Применение невидимых цифровых водяных знаков (далее – ЦВЗ) позволяет сократить потери от угроз хище-

ния, в том числе незаконного копирования, использования изображений и является перспективным направлением в обеспечении защиты авторских прав, так как ЦВЗ обладает сравнительно невысокой стоимостью, в отличие от других технических методов, невидим для злоумышленника и подходит при регистрации цифровых изображений, в отличие от организационных методов.

В работах [2, 3] производится описание различных типов деструктивных воздействий на системы ЦВЗ. Известные алго-

ритмы повышения робастности к деструктивным воздействиям стеганографических методов ЦВЗ увеличивают их вычислительную сложность, однако не всегда обеспечивают высокую устойчивость ЦВЗ к широкому спектру деструктивных воздействий с учетом обеспечения незаметности ЦВЗ и слепого извлечения ЦВЗ. Целью работы является разработка алгоритма внедрения ЦВЗ в изображение, устойчивого к различным деструктивным воздействиям с учетом данных требований для повышения эффективности защиты от угроз хищения объектов интеллектуальной собственности.

#### *Разработка алгоритма внедрения ЦВЗ в изображение*

В рамках анализа литературы, освещающей способы и цели использования злоумышленником изображения, которое не является его объектом интеллектуальной собственности, а также методов, с помощью которых злоумышленник пытается обойти наличие ЦВЗ, был сделан вывод, что, как правило, при принятии решения об удалении части изображения злоумышленник оставляет нетронутыми объекты, которые находятся на переднем плане, так как именно они представляют ценность изображения. Таким образом, было предложено для внедрения ЦВЗ использовать пиксели

изображения-контейнера, принадлежащие объектам переднего плана. Для определения объектов или определенных областей на изображении используют сегментацию. В работе [4] описаны алгоритмы выделения объектов переднего плана, но по причине высокой ресурсоемкости вычислительных операций алгоритмов, необходимости внесения со стороны пользователя понятийной информации в некоторых случаях, а также по причине обнаружения четких контуров объектов при выполнении сегментации (что позволит злоумышленнику легко обнаружить объект для внедрения ЦВЗ, зная алгоритм) было принято решение вычислять маркеры переднего плана изображений. Они определяются на основе анализа связности пикселей каждого объекта.

Пусть  $I(x, y)$  – исходное изображение-контейнер,  $I'(x, y)$  – исходное изображение-контейнер, преобразованное в полутоновое,  $b(x, y)$  – структурный элемент или примитив (размера  $g \times h$ , причем будем считать, что  $g = 2a_1 + 1$  и  $h = 2a_2 + 1$ , где  $a_1, a_2$  – неотрицательные целые числа), который также является цифровым изображением меньшего чем  $I'(x, y)$  размера,  $I'$  и  $b$  соотносят значение яркости каждой группе координат.

Полутоновая дилатация  $I'$  по структурному элементу  $b$  отмечается как  $I' \oplus b$  и определяется как

$$(I' \oplus b)(s, t) = \max \{ I'(s - x, t - y) + b(x, y) \mid (s - x, t - y) \in D_{I'}; (x, y) \in D_b \}, \quad (1)$$

где  $D_{I'}$ ,  $D_b$  – области определения  $I'$ ,  $b$  соответственно,  $s$  – сдвиг по координате  $x$  равный  $a_1$ ,  $t$  – сдвиг по координате  $y$  равный  $a_2$ .

Полутоновая эрозия  $I'$  по примитиву  $b$  отмечается  $I' \ominus b$ , определяется как

$$(I' \ominus b)(s, t) = \min \{ I'(s + x, t + y) - b(x, y) \mid (s + x, t + y) \in D_{I'}; (x, y) \in D_b \}. \quad (2)$$

Ограничение, указывающее, что координатам  $(s - x)$  и  $(t - y)$  /  $(s + x)$  и  $(t + y)$  необходимо состоять в области определения  $I'$ , а  $x$  и  $y$  – в области определения  $b$ , подобно определению двоичной дилатации/эрозии, которое устанавливает, что два множества должны пересекаться хотя бы в одном элементе (для дилатации) или структурный элемент должен находиться внутри исходного множества (для эрозии) [5].

Операции дилатации и эрозии являются ключевыми при выполнении морфологического размыкания и замыкания. На практике при размыкании выполняемая на первом этапе эрозия удаляет небольшие объекты, но при этом изображение становится темнее, после чего применяется дилатация, которая восстанавливает общую яркость до прежнего уровня, не восстанавливая объ-

екты, удаленные при эрозии. На практике замыкание, как правило, применяется для удаления темных объектов на изображении, при небольших изменениях ярких деталей.

Полученные маркированные блоки анализируются на предмет их применимости для внедрения информации (ЦВЗ), а именно учитывается их площадь, а также количество. В случае недостаточности количества маркированных блоков переднего плана или количества пикселей в данных блоках производится корректировка структурного элемента.

ЦВЗ может выступать как последовательность чисел [6] или символов [7], может быть представлен в виде текста, содержащего знак охраны авторских прав [8], бинарного изображения с логотипом организации (если автором является юридиче-

ское лицо), QR-кода, который также может содержать знак охраны авторских прав или ссылку на сайт автора. Независимо от того в каком виде выступает ЦВЗ, он может быть представлен модулярным кодом так, что при наличии деструктивного воздействия на систему будет возможно обнаружить и скорректировать возникшую ошибку.

Любой ЦВЗ может быть представлен матрицей положительных целых чисел. Для текстовых данных это будет матрица чисел, соответствующих каждой цифре/букве/символу согласно выбранной кодировке, для бинарного изображения/QR-кода это будет матрица чисел, которая получится после преобразования матрицы, состоящей из нулей и единиц в необходимую для обработки. Пусть заданы модули – положительные числа, взаимно простые основания системы:  $p_1, p_2, \dots, p_p, \dots, p_k$ ,  $\text{НОД}(p_i, p_q) = 1$  для  $i \neq q$ . Информационный диапазон получившейся системы чисел определяет значение

$P = \prod_{i=1}^k p_i$ . Каждое неотрицательное целое число  $A$  можно описать в виде модулярного кода  $A = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_k\}$ , который содержит натуральные числа, такие, что  $0 \leq \alpha_i < p_i$ , где  $i = 1, 2, \dots, k$ . Согласно положению модулярной арифметики одним из признаков ошибки является выполнение условия  $A \geq P$ .

Отличительной способностью кода, обладающего свойствами обнаружения и исправления ошибок, будет являться присутствие двух диапазонов цифр – информационного  $J_A = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i\}$  и контрольного  $K_A = \{\alpha_{k+1}, \dots, \alpha_{k+n}\}$ . В информационном диапазоне находятся цифры, составляющие числовое значение закодированной величины, а в контрольном диапазоне – цифры, которые введены для обеспечения возможности обнаружения и коррекции ошибок. При этом контрольный диапазон цифр будет являться избыточным.

В источнике [9] авторы формулируют теорему, из которой следует, что любое искажение цифры по одному какому-либо разряду превращает это число в неправильное и тем самым позволяет обнаружить наличие искажения. Более того, существует только одно-единственное значение этой цифры, которое может превратить неправильное число в правильное. Выявленная ошибка может быть исправлена одним из существующих корректирующих методов.

Для обеспечения целостности ЦВЗ был разработан алгоритм преобразования ЦВЗ для внедрения в цифровое изображение на основе использования математического ап-

парата модулярной арифметики. Входными данными для работы алгоритма является ЦВЗ, вне зависимости от формы его представления. Задача, стоящая на начальном этапе выполнения данного алгоритма, заключается в определении типа ЦВЗ, после чего необходимо привести изначальное представление к виду, пригодному для функционирования алгоритма.

Формируется двоичный массив, группы элементов которого, в зависимости от рабочего диапазона выбранной системы остаточных классов, преобразуются в блоки по  $T$ -бит. Далее данные блоки подвергаются преобразованию из двоичной системы в десятичную. На следующем этапе осуществляется процедура преобразования матрицы, элементами которой уже являются цифры в десятичной системе счисления в матрицу, элементами которой являются цифры, представленные избыточным модулярным кодом (далее – ИМК).

В процессе преобразования обязательным критерием вхождения символа в преобразованную матрицу является его принадлежность к рабочему диапазону выбранной системы оснований.

Остатки по каждому из выбранных модулей системы должны храниться в отдельных областях изображения-контейнера, откуда следует необходимость в разделении матрицы с остатками, полученную на предыдущем этапе, на  $n$  – матриц, содержащих значения по каждому модулю. Выполнение данного требования необходимо для обеспечения целостности ЦВЗ. В случае если изображение с вложенным ЦВЗ подвергается деструктивному воздействию, информация по каждому из оснований системы является относительно изолированной друг от друга, что позволяет с большей вероятностью восстановить утерянные данные.

Далее производится процедура внедрения ЦВЗ в изображение-контейнер. При реализации морфологических функций дилатации и эрозии используется структурный элемент (примитив). Выбор размера и формы структурного элемента (примитива) зависит от особенностей конкретного изображения-контейнера. В предложенном алгоритме структурный элемент (примитив) особой сложной формы будет использоваться в качестве ключевой информации.

На рисунке в виде блок-схемы представлен алгоритм внедрения ЦВЗ в изображение-контейнер. Входными данными для работы алгоритма является изображение-контейнер  $I$  и ЦВЗ, преобразованный к виду, пригодному для функционирования алгоритма.



Алгоритм внедрения ЦВЗ в изображение-контейнер

Задача, стоящая на начальном этапе выполнения данного алгоритма, заключается в определении блоков переднего плана, непосредственно в которые будет вноситься информация. Для этого первоначально необходимо произвести преобразование исходного изображения-контейнера  $I$  в полутонное. Затем необходимо произвести формирование структурного элемента (при-

митива), который будет являться стегоключом и находится в хранилище ключевой информации. На следующем этапе происходит вычисление маркеров переднего плана по заданному ранее структурному элементу. Для этого выполняются операции морфологического размыкания/замыкания [10].

На выходе после выполнения указанных операций имеется перечень маркированных

объектов переднего плана (маркированных блоков переднего плана), однако не все полученные объекты могут подойти для внедрения/встраивания ЦВЗ по причине недостаточного размера или неподходящего расположения на изображении-контейнере, поэтому на следующем этапе необходимо определить, какие из объектов переднего плана подойдут для встраивания информации. Для этого производится вычисление количества пикселей, из которых состоит каждый объект переднего плана, а также учитывается расположение самих объектов и их удаленность от края изображения. После выполнения данных операций имеем  $m$  блоков переднего плана, подходящих для встраивания информации.

В случае если количество блоков переднего плана оказалось меньше требуемого количества блоков  $n$ , то производится корректировка структурного элемента (примитива) и процедура поиска маркированных объектов переднего плана повторяется. В случае если количество блоков переднего плана оказалось больше требуемого количества блоков  $n$  (на практике данная ситуация наиболее вероятна), то маркированные объекты могут выбираться исходя из условий, которые также указываются в ключевой информации. Этим условием может быть выбор самых больших  $n$  блоков, либо  $n$  блоков, наиболее удаленных от края изображения, и т.п.

На следующем этапе производится вычисление координат центроидов маркированных объектов переднего плана [10]. В двумерном пространстве изображения-контейнера первый момент относительно оси  $x$  рассчитывается по формуле

$$\bar{x} \iint b(x, y) dx dy = \iint x b(x, y) dx dy,$$

а относительно оси  $y$  по формуле

$$\bar{y} \iint b(x, y) dx dy = \iint y b(x, y) dx dy,$$

где  $(\bar{x}, \bar{y})$  – координаты геометрического центра.

Далее происходит выбор пикселей, в которые будет встраиваться ЦВЗ с учетом того, что начальной точкой отсчета в каждом маркированном блоке переднего плана будет являться координата центроида. На выходе на данном этапе будем иметь матрицу с координатами пикселей, в которые будет встраиваться ЦВЗ.

Координаты пикселей также будут зависеть от самого метода встраивания, так как есть методы, в которых для встраивания ЦВЗ недопустимо использование рядом находящихся пикселей. Так, например, в методе Куттера – Джордана – Боссена для извлечения ЦВЗ производится прогнозирование значения яркости синего цвета, которое

основывается на значениях ближайших пикселей, что сказывается на недопустимости изменения их.

На последнем этапе происходит встраивание ЦВЗ в изображение-контейнер одним из известных методов. Встраивание будет происходить таким образом, что  $n$  матриц, содержащих значения ЦВЗ по каждому модулю, будут встраиваться в  $n$  маркированных блоков переднего плана, где каждому модулю будет соответствовать свой маркированный объект переднего плана (маркированный блок переднего плана).

Количество маркированных объектов переднего плана должно быть не менее количества модулей, по которым будет представляться ЦВЗ. Остатки по каждому отдельному модулю будут записываться в соответствующий по счету маркированный объект переднего плана. Таким образом, остатки по модулям  $m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_{k+1}, m_{k+2}, \dots, m_{k+n}$  будут записываться в блоки  $1, 2, \dots, i, \dots, k+1, k+2, \dots, k+n$  соответственно.

Для извлечения ЦВЗ необходимо будет выполнить преобразования, аналогичные преобразованиям, выполняемым для встраивания ЦВЗ. Так, с использованием стежка производится вычисление маркированных объектов переднего плана. После выполнения данных операций вычисляются центроиды маркированных объектов переднего плана, и, в соответствии со схемой встраивания, определяются пиксели, в которые было встроено ЦВЗ.

Следующим этапом является проверка на наличие искажений и ошибок, а в случае их обнаружения – коррекция на основе метода проекций.

## Выводы

Разработанный алгоритм внедрения ЦВЗ в цифровое изображение, отличающийся от известных использованием математического аппарата модулярной арифметики и морфологических методов, позволяет повысить его целостность при различных деструктивных воздействиях за счет использования механизмов контроля и самовосстановления, с учетом обеспечения незаметности ЦВЗ и слепого извлечения ЦВЗ, а также преодолеть проблему последовательного заполнения бит изображения и позволить осуществить запись бит в значимые области цифрового изображения.

## Список литературы

1. Невская М.А. Авторское право в издательском бизнесе и СМИ / М.А. Невская, Е.Н. Тарасова, Е.Е. Сухарев. – М.: Дашков и К°, 2008. – 300 с.
2. Грибунин В.Г. Стеганографические системы. Атаки, пропускная способность каналов и оценка стойкости:

- учебно-методическое пособие / В.Г. Грибунин, В.Е. Костюков, А.П. Мартынов, Д.Б. Николаев, В.Н. Фомченко, ред. В.Г. Грибунин. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2015. – 217 с.
3. Земцов А.Н. Методы цифровой стеганографии для защиты авторских прав. – LAP Academic Publishing, 2012. – 148 с.
4. Кухаренко Б.Г. Алгоритмы выделения объектов переднего плана из фона и интерактивного редактирования изображений / Б.Г. Кухаренко // Приложение к журналу «Информационные технологии». – 2012. – № 4. – 32 с.
5. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс; под ред. П.А. Чочиа. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
6. Грибунин В.Г. Стеганографические системы. Критерии и методическое обеспечение: учебно-методическое пособие / В.Г. Грибунин, В.Е. Костюков, А.П. Мартынов, Д.Б. Николаев, В.Н. Фомченко, ред. В.Г. Грибунин. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2016. – 324 с.
7. Chae J. Robust Techniques for Data Hiding in Images and Video. PhD thesis, Department for Electrical and Computer Engineering. Univ. of California, Santa Barbara, CA, USA, 1999. 82 p.
8. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая): Федеральный Закон от 18.12.2006 № 230-ФЗ // Собрание Законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 52. – С. 14803–14949.
9. Акушский И.Я. Машинная арифметика в остаточных классах / И.Я. Акушский, Д.И. Юдицкий. – М.: Советское радио, 1968. – 440 с.
10. Абасова А.М. Алгоритм повышения устойчивости к деструктивным воздействиям цифровых водяных знаков, встраиваемых в цветное изображение / А.М. Абасова // Известия ЮФУ. Технические науки. Комплексная безопасность сложных систем. – 2014. – № 8 (157). – С. 75–81.

УДК 681.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Вадова Л.Ю.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,  
Дзержинский политехнический институт (филиал), Дзержинск, e-mail: lvadova@mail.ru

В статье представлены методика и результаты исследования газочувствительных характеристик сенсоров на основе полупроводниковых структур, которые являются в настоящее время наиболее перспективными, так как позволяют в условиях массового производства получать большие партии дешевых приборов с одновременным снижением энергопотребления и материалоемкости анализаторов. Такие важные характеристики химических сенсоров, как селективная газочувствительность, длительная стабильность и воспроизводимость рабочих характеристик, целиком определяются свойствами материала, на поверхности которого протекают сложные каталитические превращения при адсорбции различных частиц из окружающей среды. Образцами для измерений служили термокаталитические сенсорные структуры на основе тонких металлических слоев платины (Pt). В процессе исследования изучались концентрационные зависимости изменения температуры, вычисленной по изменению сопротивления для  $H_2$  и CO в потоке воздуха, а также температурная зависимость сопротивления образца, зависимость температурного коэффициента сопротивления (ТКС) металлических слоев из Pt + Pd от их сопротивления при комнатной температуре, тепловые характеристики сенсоров в зависимости от конструкционных факторов, температурные зависимости теплового эффекта каталитических реакций взаимодействия молекулярных водорода и монооксида углерода с кислородом, концентрационные зависимости теплового эффекта этих реакций. Исследования позволили регистрировать дозрывоопасные концентрации  $H_2$  в воздухе и определять ПДК CO в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, а также показали, что линейный характер концентрационных зависимостей для  $H_2$  и CO связан с мономолекулярной адсорбцией этих газов на активированной поверхности Pd. Предложена модель химических реакций  $H_2$  и CO с кислородом на основе образования промежуточных активированных комплексов. Определены энергии активации этих комплексов.

**Ключевые слова:** сенсор, газочувствительность, детектор

## THE STUDY OF THE MECHANISMS OF THE GAS-SENSITIVE THERMOCHEMICAL SENSORS

Vadova L. Yu.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Dzerzhinsky Politechnic Institute,  
Dzerzhinsk, e-mail: lvadova@mail.ru

The article presents the technique and results of the study of gas-sensitive characteristics of sensors based on semiconductor structures, which are currently the most promising, as they allow in mass production to obtain large quantities of cheap devices while reducing the energy consumption and material consumption of analyzers. Such important characteristics of chemical sensors as selective gas sensitivity, long-term stability and reproducibility of performance are entirely determined by the properties of the material on the surface of which complex catalytic transformations occur during the adsorption of various particles from the environment. The samples for measurements were thermocatalytic sensor structures based on thin metal layers of platinum (Pt). In the course of the study, the concentration dependences of the temperature change calculated from the change in the resistance for  $H_2$  and CO in the air flow were studied, as well as the temperature dependence of the resistance of the sample, the temperature coefficient of resistance (TCS) of metal layers from Pt + Pd on their resistance at room temperature, the thermal characteristics of the sensors depending on the structural factors, the temperature dependences of the thermal effect of the catalytic reactions of the interaction of molecular hydrogen and carbon monoxide with oxygen, concentration dependences of the thermal effect of these reactions. Studies have allowed to register pre-explosive concentrations of  $H_2$  in the air and determine the MPC in THE exhaust gases of internal combustion engines, and also showed that the linear nature of the concentration dependences for  $H_2$  and CO is associated with the monomolecular adsorption of these gases on the activated Pd surface. The proposed model of chemical reactions  $H_2$  and CO with oxygen on the basis of the formation of intermediate activated complexes. Determined activation energy.

**Keywords:** sensor, gas sensitivity, detector

Развитие промышленных производств, научных исследований и решений экологических задач делает весьма актуальными разработку и производство миниатюрных, высокочувствительных, быстродействующих приборов, предназначенных для прямого селективного, полностью автоматизированного определения различных химических веществ в промышленных и природных объектах. С развитием микро-

процессоров и микро-ЭВМ, позволивших миниатюризировать и резко удешевить систему обработки информации, приходится отказываться от многих химических сенсоров, разработанных ранее. Основные недостатки многих из существующих химических сенсоров – громоздкость, нестабильность, отсутствие электрического выхода, дороговизна, необходимость в проведении таких длительных операций,

как взвешивание, фильтрация, титрование, перегонка и др.

Миниатюризация химических датчиков различных газов часто требует отказа от старых подходов и привлечения новых физических и физико-химических принципов работы. Перспективными по совокупности параметров (малый вес и размеры, низкая стоимость, экономичность, высокая надежность и точность) являются полупроводниковые газочувствительные сенсоры. Среди существующих типов химических сенсоров, отличающихся технологией изготовления: керамических, толсто пленочных, тонкопленочных и сенсоров на основе полупроводниковых структур – последние два типа являются наиболее перспективными. Это связано с возможностью использования современной микроэлектронной технологии, позволяющей получать в условиях массового производства большие партии дешевых приборов, с одновременным снижением энергопотребления и материалоемкости анализаторов. Вместе с этим такие важные характеристики химических сенсоров, как селективная газочувствительность, длительная стабильность и воспроизводимость рабочих характеристик, целиком определяются свойствами материала, на поверхности которого протекают сложные каталитические превращения при адсорбции различных частиц из окружающей среды.

Цель исследования: изучение механизмов газочувствительности термохимических сенсоров на основе тонких металлических слоев платины и палладия по отношению к различным газовым средам. Выбор материалов был продиктован, с одной стороны, их высокой каталитической активностью, с другой – высокой стабильностью электрических характеристик слоев при высоких температурах.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Как только полупроводник приводится в соприкосновение с газовой средой, его поверхность начинает заполняться газовыми молекулами, т.е. начинается процесс адсорбции. Этот процесс продолжается до тех пор, пока между поверхностью и газовой средой не установится равновесие, при котором число газовых молекул, проходящих за единицу времени на поверхность из газовой фазы, уравнивается числом молекул, уходящих за тот же промежуток времени с поверхности в газ. Появление адсорбированных молекул на поверхности полупроводника приводит к изменению ее свойств. Таким образом, адсорбция представляет собой тот инструмент,

с помощью которого внешняя среда воздействует на свойства поверхности, а через нее также на некоторые объемные свойства полупроводника.

Адсорбционное равновесие устанавливается в течение некоторого времени [1].

В случае установившегося равновесия число газовых молекул  $N$ , удерживаемых на единице поверхности, зависит от внешних условий, т.е. от давления  $P$  и температуры:

$$N = N(p, T), \quad (1)$$

Уравнение (1) представляет собой уравнение состояния. Если в этом уравнении считать  $T = \text{const}$ , мы получаем уравнение изотермы. При  $p = \text{const}$  уравнение (1) является уравнением изобары. Значение  $N$  при заданных  $p$  и  $T$  выражает собой адсорбционную способность поверхности и зависит от величин, характеризующих природу и состояние поверхности и входящих в (1) в качестве параметров.

Образцами для измерений служили термокatalитические сенсорные структуры на основе тонких металлических слоев платины (Pt). Они представляли собой пластину кремния с размерами  $1,5 \times 0,7$  мм и толщиной 150 мкм с окислом толщиной 1000 Å на поверхности. На этой пластине с помощью фотолитографии и магнетронного распыления платины (Pt) формировался металлический слой шириной 200 мкм и толщиной  $\approx 0,1$  мкм. Затем эта пластина была покрыта тонким (30–40 Å) слоем палладия для увеличения каталитической активности. Этот слой не оказывал влияния на температурную зависимость сопротивления слоя платины. Затем методом термокомпрессии к контактным площадкам были приварены золотые проволочки диаметром 30 мкм. Обратная сторона пластины покрывалась золотом толщиной 600 Å для того, чтобы уменьшить процесс теплоотдачи.

Для проведения измерений такая структура распаивалась на ножки корпуса ТО – 5 и помещалась в измерительный патрон. С одной стороны сходный патрон имел патрубок для измерений в потоке газовой смеси. С другой стороны два электрических вывода для подключения к измерительной схеме.

Измерения газочувствительных характеристик проводились на установке, состоящей из трех основных частей:

- комплекса электроизмерительных приборов, источников питания и блоков управления;
- измерительного патрона с корпусированной тестовой структурой;
- системы приготовления и подачи газовых смесей необходимого состава.

Схема электрических измерений позволяла нагревать исследуемые структуры до требуемых температур пропуская через них регулируемый по величине постоянного тока. При этом сопротивление структур определялось по отношению падения напряжения к протекающему через образец току.

Система приготовления и подачи газовой смеси состояла из газовой и воздушной линий. В воздушную линию входили мини-компрессор, воздушный фильтр и ротаметр, позволяющий контролировать поток воздуха в литрах в час в соответствии с его предварительной градуировкой. Исследуемый газ подавался из баллона через редуктор, регулятор расхода газа на вход трехходового крана, который обеспечивал в одном положении прохождение газовой смеси в вентиляцию, а в другом положении пропускал газовую смесь в тройник, где она добавлялась в общий поток воздуха, непрерывно поступающего в измерительный патрон.

Концентрация исследуемого газа ( $n$ , об. %) в общем воздушном потоке определялась выражением [2]:

$$n = A \cdot \frac{V_{г.с}}{V_{в} + V_{г.с}} \text{ [об. \%]}, \quad (2)$$

где  $A$  – процентное содержание исследуемого газа в исходном баллоне;

$V_{г.с}$  – скорость потока газовой смеси в литрах в час;

$V_{в}$  – скорость потока воздуха в литрах в час (л/ч).

Измерение температуры пленки производилось по изменению ее сопротивления. Предварительно снималась температурная зависимость сопротивления пленки Pt. В качестве нагревателя использовался термостат, который позволял устанавливать и поддерживать постоянной температуру в диапазоне от комнатной до 150 °С. Температура измерялась ртутным термометром. Сопротивление определялось как отношение падения напряжения к протекающему току, для чего были использованы амперметр и вольтметр. Такая установка позволяла измерять сопротивление при малых токах, исключая влияние на сопротивление нагрева джоулевым теплом.

В процессе исследования изучались следующие характеристики термохимических сенсоров:

1) температурная зависимость сопротивления образца;

2) зависимость температурного коэффициента сопротивления (ТКС) металлических слоев из Pt + Pd от их сопротивления при комнатной температуре;

3) тепловые характеристики сенсоров в зависимости от конструктивных факторов;

4) температурные зависимости теплового эффекта каталитических реакций взаимодействия молекулярного водорода и монооксида углерода с кислородом;

5) концентрационные зависимости теплового эффекта этих реакций.

Зависимость сопротивления исследуемого образца от температуры (в исследуемом диапазоне) является линейной (рис. 1). Температурная зависимость сопротивления металлов имеет вид [3]:

$$R = R_0(1 + \alpha T), \quad (3)$$

где  $R_0$  – сопротивление металла при 0 °С,  $T$  – температура металла в °С.

Из (3) получаем выражение

$$T = (R - R_0)/R_0\alpha. \quad (4)$$

Видно, что для того, чтобы определить температуру по измененному значению сопротивления, нужно знать значение  $R_0$ . Удобно пользоваться выражением, приведенным к комнатным значениям температуры и сопротивления. В этом случае выражение (3) примет вид

$$R = R_k(1 + \alpha T)/(1 + \alpha T_k), \quad (5)$$

откуда

$$T = [(R(1 + \alpha T_k) - R_k)/R_k\alpha]. \quad (6)$$

Таким образом, если известны значения  $\alpha$  и  $R_k$  для данной структуры, легко определить ее температуру по измеренному значению сопротивления  $R$ .

Для рассмотрения данного вопроса толщина слоев Pt варьировалась от 150 до 2000 Å, что соответствовало диапазону сопротивлений нагревательных элементов от 420 до 20 Ом.

Из изложенного выше видно, что температурная зависимость сопротивления нагревательного элемента характеризуется величиной температурного коэффициента сопротивления (ТКС).

$$\alpha(\text{ТКС}) = \frac{R_{\text{нд}}(T_2) - R_{\text{нд}}(T_1)}{R_{\text{нд}}(T_1) \cdot (T_2 - T_1)}. \quad (7)$$

Зависимость ТКС от сопротивления нагревательного элемента приведена на рис. 2.

Из рисунка видно, что с уменьшением сопротивления платинового нагревателя ТКС увеличивается. Большие значения сопротивлений нагревателей, очевидно, соответствуют более тонким слоям платины [4]. При небольших значениях сопротивления  $\approx 20$  Ом ТКС стремится к величине порядка  $4 \times 10^{-3}$ , К<sup>-1</sup>, что соответствует массивным образцам Pt.

В процессе исследования изучались концентрационные зависимости измене-

ния температуры, вычисленной по изменению сопротивления для  $H_2$  и  $CO$  в потоке воздуха. Полученные зависимости имеют линейный вид. С увеличением концентрации исследуемого газа величина отклика

$\Delta T$  линейно возрастает. Измерения проводились при разных рабочих температурах:  $T(CO) = 180,8^\circ C$ ,  $T(H_2) = 103^\circ C$ . Величина отклика на монооксид углерода гораздо ниже, чем на водород.

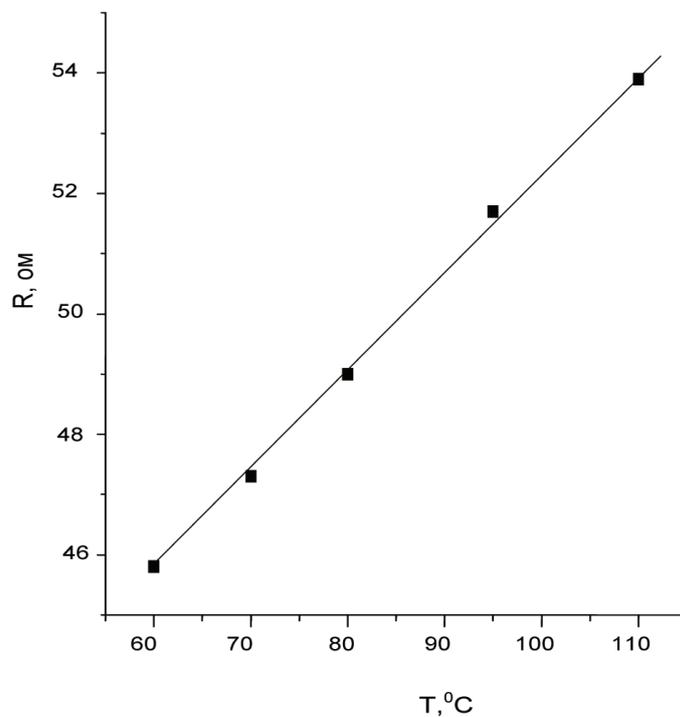


Рис. 1. Температурная зависимость сопротивления слоя платины

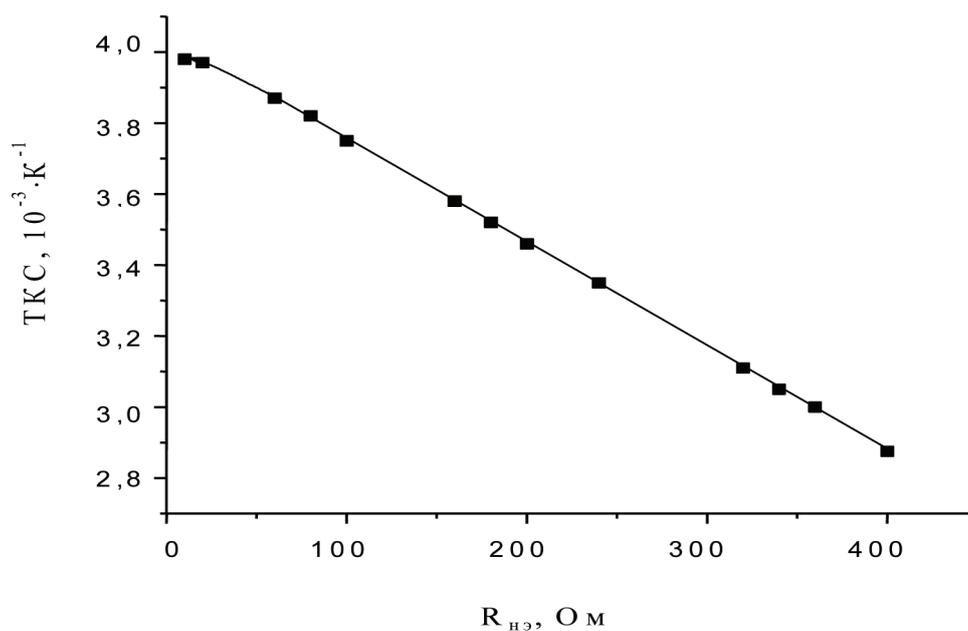


Рис. 2. Зависимость ТКС от сопротивления нагревательного элемента

В работе изучались также температурные зависимости величины отклика  $\Delta T$  для этих же газов в потоке воздуха (10 л/ч). Концентрация CO составляла 0,406% об, а  $H_2$  – 0,056% об. При низких температурах зависимости линейны, а при повышении температуры начинается плавное ослабление температурных зависимостей. Наклоны линейных частей графиков различны, они характеризуются разными энергиями активации. Для CO  $\Delta E_A = 237$  кДж/моль, для  $H_2$   $\Delta E_A = 61,9$  кДж/моль.

Реакция химического взаимодействия исследуемых газов ( $H_2$  и CO) с атмосферным кислородом протекает на поверхности тонких металлических слоев – катализаторов и является гетерогенной. Известно [5], что кислород из окружающей атмосферы активно адсорбируется на поверхности металлов переходных групп (в том числе на Pt и Pd). При этом доля покрытия поверхности катализатора атомами кислорода очень высокая – 0,7–0,8.

Процесс каталитического окисления в этом случае определяется поступлением на реакцию поверхность только одного вещества, в частности анализируемых газов  $H_2$  или CO. Скорость  $V$  гетерогенной химической реакции определяют как количество вещества, реагирующего в единицу времени на единице площади катализатора

$$V = \frac{dM}{Sdt} \quad (8)$$

С другой стороны,  $V$  прямо пропорциональна поверхностной концентрации этого вещества, которая может быть выражена как доля  $\Theta$ , занятой веществом единицы поверхности катализатора, т.е.

$$V = \frac{dM}{Sdt} = k \cdot \Theta, \quad (9)$$

где  $k$  – константа скорости процесса. Если  $k \cdot S$  обозначить как  $k$ , то

$$\frac{dM}{dt} = k \cdot \Theta. \quad (10)$$

Из теории адсорбции Ленгмюра [6] следует, что величина  $\Theta$  определенным образом связана с константами скоростей адсорбции  $k_a$  и десорбции  $k_d$ , а также с давлением газа  $p$ , адсорбирующегося на поверхности. Если каждая молекула при адсорбции удерживается одним адсорбционным центром, то

$$\Theta = \frac{bp}{1+bp}, \quad (11)$$

где  $b = k_a/k_d$ ,  $p$  – относительное парциальное давление газа. Если при адсорбции моле-

кула диссоциирует на две частицы, каждая из которых занимает свой адсорбционный центр, то

$$\Theta = \frac{\sqrt{bp}}{1+\sqrt{bp}}. \quad (12)$$

В области малых давлений или малых заполнений поверхности адсорбционными частицами, уравнения (11), (12) принимают вид:

$$\Theta = bp \quad (23') \text{ и } \Theta = \sqrt{bp}, \quad (13)$$

соответственно для двух отмеченных выше случаев. Подставляя выражения для  $\Theta$  из уравнений (11) и (12) в уравнение (10), имеем

$$\frac{dM}{dt} = k \cdot b \cdot p = k \cdot p \cdot \frac{k_a}{k_d} \quad (14)$$

для мономолекулярной адсорбции и

$$\frac{dM}{dt} = k \cdot \sqrt{\frac{k_a}{k_d}} \cdot \sqrt{p} \quad (15),$$

для диссоциативной адсорбции.

Скорость выделения тепла  $dQ/dt$  в результате экзотермических процессов адсорбции молекул  $H_2$  или CO и их каталитического окисления прямо пропорциональна скорости  $V$ , т.е. тепловой поток  $I_0 = dQ/dt$  приводит к нагреванию термохимического сенсора до некоторой температуры  $\Delta T$ , которая определяется уравнением теплового баланса в условиях теплового равновесия.

Отметим, что диапазон давлений (или концентраций) газов  $H_2$  и CO свидетельствует о возможности использования исследуемых сенсоров (с простой линейной зависимостью  $p - \Delta T$ ) для анализа CO в выхлопных газах бензиновых двигателей внутреннего сгорания и для регистрации дозврывоопасных концентраций водорода на уровне 10% НКПВ (НКПВ – нижний концентрационный предел воспламенения; для  $H_2$  НКПВ = 0,4% об).

### Выводы

1. Исследованы микроэлектронные термохимические сенсоры с малым энергопотреблением (30÷100 мВт), позволяющие регистрировать дозврывоопасные концентрации  $H_2$  в воздухе и определять ПДК CO в выхлопных газах бензиновых двигателей внутреннего сгорания.

2. Показано, что линейный характер концентрационных зависимостей для  $H_2$  и CO связан с мономолекулярной адсорб-

цией этих газов на активированной поверхности Pd.

3. Предложена модель химических реакций  $H_2$  и CO с кислородом на основе образования промежуточных активированных комплексов. Определены энергии активации этих комплексов ( $E_a[H_2] = 61,9$  кДж/моль,  $E_a[CO] = 237$  кДж/моль).

#### Список литературы

1. Хенней Н. Химия твердого тела / Н. Хенней. – М.: Мир, 1971. – 113 с.
2. Волькенштейн Ф.Ф. Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции / Ф.Ф. Волькенштейн. – М.: Наука, 1987. – 432 с.
3. Владимиров Г.Г. Физика поверхности твердых тел / Г.Г. Владимиров. – СПб.: ЛАНЬ, 2016. – 352 с.
4. Специфика каталитических свойств нанесенных наночастиц палладия в гетерогенно-каталитических реакциях / А.Ю. Стахеев [и др.] // Российский химический журнал. – 2009. – № 2. – С. 68–78.
5. Зимон А.Д. Физическая химия / А.Д. Зимон. – М.: Красанд, 2015. – 318 с.
6. Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика: учебное пособие / И. Чоркендорф, Х. Наймантсвэдрайт. – 2-е изд. – Долгопрудный: Интеллект, 2013. – 504 с.

УДК 666.3/.7

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА  
АЭРИРОВАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ****Дмитриев К.С.***ООО «Центр строительных материалов и технологий «ИНФОСМИТ», Санкт-Петербург,  
e-mail: director@infosmit.ru*

Настоящая статья посвящена вопросам эффективности производства аэрированных керамических изделий. Обозначена основная область применения строительных изделий из аэрированной керамики и определен потенциальный рынок их потребления с учетом данных по выпуску стеновых материалов в России за 2017 г. Исследовано распределение производства керамического кирпича по федеральным округам России. Показаны главные технологические приоритеты и рыночные тренды производства аэрированных изделий, а также приведены их физико-механические показатели и потребительские свойства. Технология изготовления базируется на безотходном принципе производства, позволяет применять в качестве отощающей добавки различные побочные продукты промышленности без использования традиционных вяжущих веществ в качестве стабилизирующих агентов. Приведены основные коэффициенты перехода от 1 м<sup>3</sup> аэрированной керамической смеси к 1 м<sup>3</sup> готовых изделий: коэффициент объемной усадки, калибровочный коэффициент, стандартный коэффициент брака. Определены исходные данные для технико-экономического расчета проекта: группа рисков, себестоимость изготовления, инвестиционные вложения. Получены показатели экономической эффективности проекта по изготовлению кирпича аэрированного керамического средней плотности 0,55 г/см<sup>3</sup> формата 1НФ на базе производственного комплекса действующего предприятия. Проектная мощность технологической линии составляет 30 млн кирпича в год, индекс доходности соответствует показателю 13,9 и срок окупаемости – 37 месяцев.

**Ключевые слова:** технология производства, себестоимость изготовления, экономическая эффективность, кирпич аэрированный керамический, дисперсное армирование, аэрированная керамика

**TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE AERATED  
CERAMIC PRODUCTION****Dmitriev K.S.***Centre of building materials and technologies «INFOSMIT» Limited Liability Company,  
Saint-Petersburg, e-mail: director@infosmit.ru*

The present article concentrates on the issues of the effectiveness of aerated ceramic goods production. The basic area of application of the aerated ceramics based building materials and the potential market for them is determined, considering the information about wall materials production in Russia in 2017. The composition of output for the ceramic brick production is researched in the federal districts of Russia. The basic technological priorities and market trends are shown for the aerated ceramic goods production, there physical and mechanical properties and end-user performances are listed. The production technology is based on the non-waste industry principals allowing to use different industrial side-products as the thinning agent without using any traditional cementing medium as stabilizing agent. The basic indexes for 1 m<sup>3</sup> of the aerated ceramic formula processing into 1 m<sup>3</sup> of the end product are listed: volume shrink index, calibration factor, and standard flaw factor. The benchmark data are determined for the technical and economical project calculation: high-risk group, prime cost, and investments. The cost effectiveness factors of the aerated ceramic brick production project are determined with the mean density of the brick of 0.55 g/cm<sup>3</sup> for 1 NF type bricks based on the actual manufacturing complex. Rated capacity of the processing line is 30 million bricks per year, the margin of profit is 13.9, and the payback period is 37 month.

**Keywords:** manufacturing process, prime cost, cost effectiveness, aerated ceramic brick, dispersed reinforcement, aerated ceramics

Главной областью применения строительных аэрированных керамических изделий (АКИ) являются стеновые ограждающие конструкции зданий и сооружений. Основными потребителями продукции выступают крупные строительные компании, работающие в секторе высотного и малоэтажного домостроения, а также частные застройщики [1]. Потенциальный рынок потребления АКИ имеет широкую географию с возможностью их применения в любых климатических условиях. АКИ позиционируется как новый строительный материал, обладающий уникальными свойствами и превосходящий существующие аналоги

по ряду характеристик. Обобщенная структура производства основных стеновых материалов в России за 2017 г., выраженная в млн м<sup>3</sup>, представлена на рис. 1.

Рост внутреннего производства и восстановление экономики определит увеличение спроса на строительные материалы. Соответственно, с 2018 г. и в последующие годы будет расти потребность в строительных стеновых материалах с улучшенными тепловыми характеристиками. Прогнозируемое развитие АКИ позволяет реализовать на территории России строительство нескольких заводов общей производительности

стью около 0,25 млн м<sup>3</sup> в год, что составляет около 1,9% рынка керамических кирпичей или около 0,5% российского рынка стеновых материалов [2–4].

Цель исследования заключается в осуществлении расчета технико-экономических показателей производства аэрированных керамических изделий на базе существующего предприятия по выпуску керамических изделий.

### Материалы и методы исследования

В исследовании использовались достижения ведущих отечественных и зарубежных ученых (исследователей) в области разработки и производства керамических изделий высокой эффективности. Емкость российского рынка стеновых материалов определялась по данным аналитических отчетов специализированных маркетинговых агентств. Расчет технико-экономических показателей производства аэрированных керамических изделий производился согласно действующим методическим рекомендациям по составлению бизнес-плана для инвестиционных проектов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Технология изготовления АКИ базируется на осуществлении замкнутого производственного цикла, в котором исключаются побочные продукты: бракованные изделия возвращаются обратно в технологический процесс. Кроме того, возможно использование в качестве отощающей добавки различных некондиционных (бракованных) керамических изделий, а также побочных продуктов промышленности. Новым решением является и сам принцип создания аэрированной структуры изделий, который не использует в качестве стабилизационных добавок традиционные вяжущие вещества, а наиболее полно раскрывает природные

свойства глин. Аэрированные керамические изделия в виде полнотелого кирпича формата 1НФ и декоративной облицовочной плитки с размерами 250×85×10 мм представлены на рис. 2.

Физико-механические показатели АКИ средней плотности от 0,4 до 0,8 г/см<sup>3</sup> находятся в достаточно широких пределах и зависят в первую очередь от минералогического и химического составов глинистого сырья:

- предел прочности при сжатии: 3,0–10,5 МПа;
- предел прочности при изгибе: 1,2–3,1 МПа;
- коэффициент теплопроводности в сухом состоянии: 0,09–0,18 Вт/(м×°С);
- коэффициент паропроницаемости: 0,16–0,22 мг/м×ч×Па;
- водопоглощение: 48,5–135,0% по массе;
- марка по морозостойкости: F50–F100;
- общая пористость: 63,30–81,65%.

Основные технологические приоритеты:

1. Минимальное образование побочных продуктов при производстве.
2. Вторичное использование как отходов собственного производства, так и побочных продуктов других производств.
3. Сокращение выбросов углекислого газа в атмосферу за счет применения более совершенного оборудования и очистных систем.
4. Оптимизация всех технологических процессов с точки зрения энергоресурсов, вибрации, шума, пыли и пр.

Основные рыночные тренды:

1. Использование натуральных строительных материалов (дерево, керамика, природные камни).
2. Строительство зданий и сооружений с высокими теплотехническими показателями.

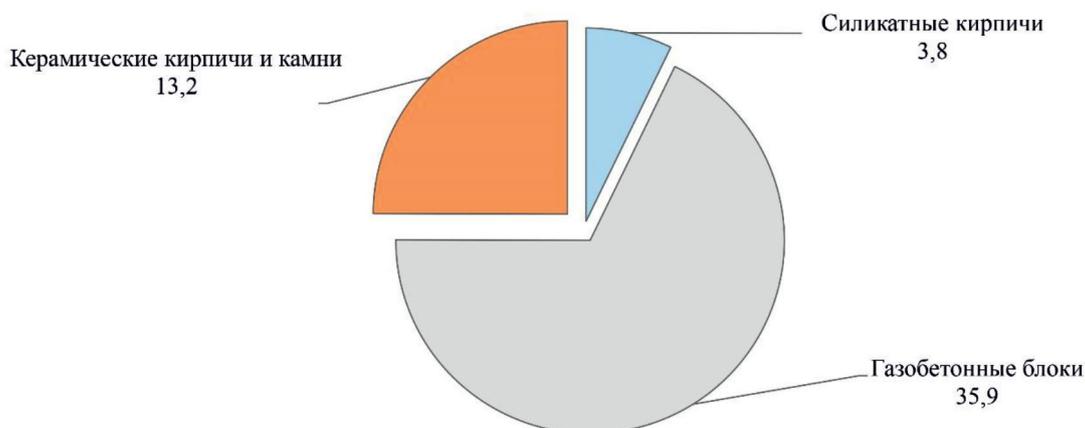


Рис. 1. Обобщенная структура производства стеновых материалов в России за 2017 г.

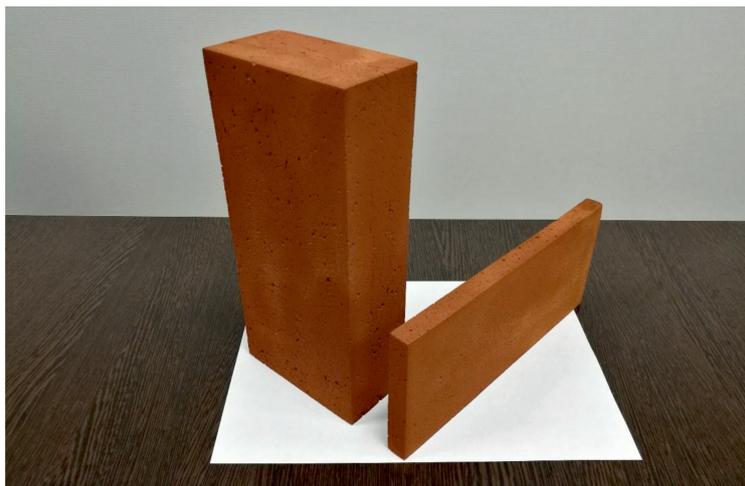


Рис. 2. Фотография АКИ средней плотности  $0,6 \text{ г/см}^3$  в виде кирпича и плитки

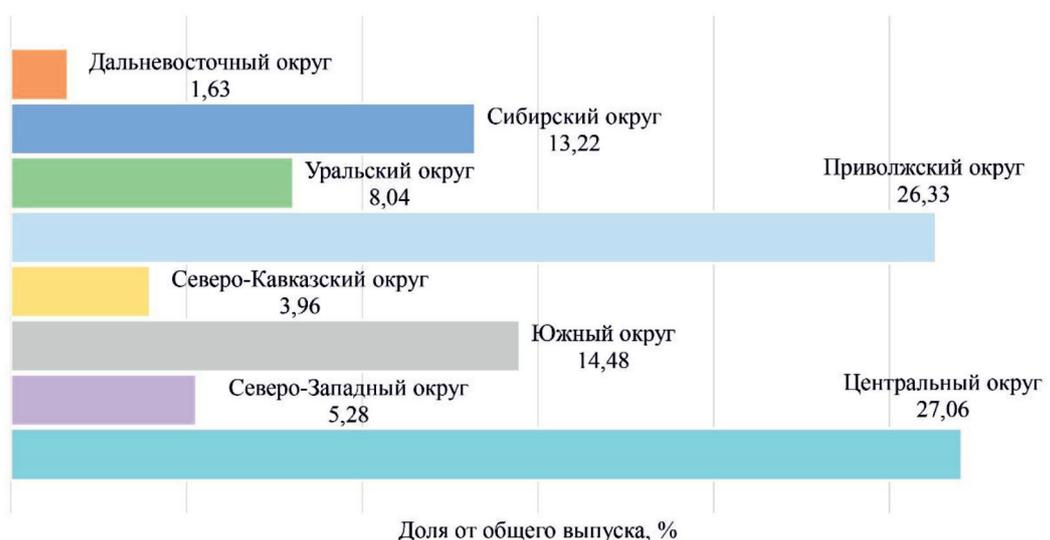


Рис. 3. Распределение производства керамического кирпича по федеральным округам России

3. Скорость возведения, удобство монтажа и ценовая доступность ограждающих конструкций.

4. Долговечность конструкций с целью сокращения капитальных затрат, сроков и трудоемкости выполнения капитальных ремонтов [5–7].

Конечными потребителями АКИ являются две основные категории лиц, занимающихся строительными и отделочными работами: строительные организации (корпоративный сектор); частные ремонтные бригады и физические лица.

Для корпоративного сегмента характерны регулярные закупки строительных материалов, поскольку АКИ относятся к рынку строительных материалов «массового спроса».

Спрос на стеновые материалы стабилен, сезонность присутствует, так как строительные работы на крупных жилых и промышленных объектах осуществляются круглогодично.

Для реализации АКИ принимаются к использованию два канала продаж: прямой (через сбытовые структуры производителя) и селективный (через ограниченное число посредников). АКИ относятся к основным строительным материалам, без которых невозможно осуществление строительства, что позволяет использовать как короткие, так и более длинные каналы дистрибуции.

Средняя доля производства за 2015–2017 гг., приходящаяся на каждый федеральный округ Российской Федерации, представлена на рис. 3.

Широкая распространенность глинистого сырья на всей территории России позволяет организовать производства АКИ во всех регионах, кроме того, установившийся в течение продолжительного времени «доверительный» спрос на керамические изделия, как со стороны отечественных, так и со стороны западных потребителей, позволяет прогнозировать большую экспортную привлекательность изделий из аэрированной керамики [8, 9]. Развитые европейские страны (Германия, Франция, Швеция и др.), а также Китай, США, Канада, ОАЭ – основные возможные зарубежные потребители АКИ.

Основные технологические и потребительские свойства АКИ, которые учитываются при экономическом расчете проекта:

1. Огнестойкость, т.е. применение для строительства зданий и сооружений с наивысшими требованиями к классу пожарной опасности конструкций.

2. Геометрическая неизменяемость, т.е. завершение всех усадочных деформаций после обжига.

3. Низкая отпускная влажность, т.е. равновесная влажность в конструкции устанавливается сразу после монтажа и составляет не более 5%.

4. Долговечность, т.е. сохранение эксплуатационных характеристик в течение всего срока службы зданий и сооружений.

5. Влагостойкость, т.е. использование в помещениях с мокрым режимом эксплуатации.

6. Комфорт, т.е. естественная регуляция тепло-влажностного режима в помещении.

7. Теплоизоляция, т.е. соответствие современным требованиям норм строительной теплофизики при сохранении высоких прочностных показателей.

8. Экологичность, т.е. отсутствие любых органических примесей и вредных веществ благодаря высокотемпературному обжигу изделий.

При расчете проекта принимаются следующие группы рисков:

1. Технологические риски: не выявлены.

2. Организационные и управленческие риски: ошибки в подборе персонала, утра-

та или порча имущества, низкий спрос на производимую продукцию, высокая цена на реализуемую продукцию.

3. Риски материально-технического обеспечения: не выявлены.

4. Финансовые риски: риски неплатежей и недостатка финансирования проекта.

5. Экономические риски: существенное изменение в системе налогообложения.

6. Экологические риски: не выявлены.

Керамические кирпич (рядовой, лицевой, клинкерный) и камень на момент 2017 г. в России выпускают свыше 300 предприятий, что соответствует выпуску более 6,5 млрд шт. условного кирпича в год [10].

Расширение номенклатуры продукции за счет строительства необходимых технологических переделов для выпуска АКИ на базе существующего предприятия является наиболее рациональным решением: собственные сырьевые запасы и механизированные комплексы по подготовке глинистого сырья, а также полностью отлаженная организация керамического производства приводят к существенной минимизации инвестиционных вложений.

Стоимость сырьевых компонентов на производство 1 м<sup>3</sup> готовых АКИ средней плотности 0,55 г/см<sup>3</sup> сведена в табл. 1.

Переходные коэффициенты расхода компонентов от 1 м<sup>3</sup> АКМ к получению 1 м<sup>3</sup> АКИ: коэффициент объемной усадки  $k_y = 1,364$ , калибровочный коэффициент  $k_k = 1,1$ , стандартный коэффициент брака  $k_6 = 1,031$ .

Общая себестоимость 1 м<sup>3</sup> АКИ составляет 2079 руб. (при соотношении производственной и сырьевой себестоимости – 0,85), что в пересчете на условные кирпичи соответствует 4,06 руб/шт.

Показатели экономической эффективности проекта по реализации технологии аэрирования в существующий производственный комплекс предприятия АО «БКСМ» (Боровичский комбинат строительных материалов) с плановым годовым объемом производства АКИ 30 млн шт. усл. кирпича (58,6 тыс. м<sup>3</sup>) представлены в табл. 2.

Таблица 1

Расчетная стоимость компонентов для изготовления 1 м<sup>3</sup> АКИ

Наименование компонента	Ед. изм.	Стоимость, руб.	Расход на 1 м <sup>3</sup> АКИ	Стоимость на 1 м <sup>3</sup> АКИ
Глина	кг	0,3	458,38	137,51
Отощающая добавка	кг	0,1	129,28	12,93
Армирующая добавка	кг	146,5	2,15	314,98
Воздухововлекающая добавка	л	85,2	5,29	450,71
Разжижающая добавка	л	18,4	11,17	205,53
Вода техническая	м <sup>3</sup>	6,2	0,36	2,23

Таблица 2

Показатели экономической эффективности проекта

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя
Годовой объем производства	м <sup>3</sup>	58500
Среднемесячный объем производства	м <sup>3</sup>	4875
Расчетная отпускная цена	руб/м <sup>3</sup>	4300
	руб/шт.	8,39
Точка безубыточности	%	10
Точка безубыточности ежемесячных продаж	млн руб.	2,512
Операционный рычаг	%	67
Коэффициент рентабельности валовой прибыли	%	60
Коэффициент рентабельности операционной прибыли	%	57
Коэффициент рентабельности чистой прибыли	%	45
Объем продаж, в мес.	млн руб.	25,132
Объем текущих расходов, в мес.	млн руб.	9,994
Чистая прибыль, в мес.	млн руб.	9,643
Денежный поток, в мес.	млн руб.	10,051
Общие инвестиции	млн руб.	130,004
Период планирования	мес.	180
Чистый доход (ЧД, PV) без дисконта	млн руб.	1679,169
Внутренняя норма доходности (ВНД, IRR) в год	%	75
Чистый дисконтированный доход (ЧДД, NPV)	млн руб.	428,638
Чистый дисконтированный доход (ЧДД, NPV) с терминальной стоимостью (TV)	млн руб.	641,332
Срок окупаемости	мес.	37
Индекс доходности	–	13,9

Анализ расчетных показателей экономической эффективности свидетельствует о высокой инвестиционной привлекательности проекта: положительное значение чистого дисконтированного дохода, составляющее 428,638 млн руб. без учета терминальной стоимости и 641,332 млн руб. с учетом терминальной стоимости; высокое значение внутренней нормы доходности 75%; проект окупается в течение 37 месяцев.

**Заключение**

По итогам исследования рассчитана себестоимость изготовления АКИ средней плотности 0,55 г/см<sup>3</sup>: 2079 руб/м<sup>3</sup> или 4,06 руб/шт. усл. кирпича. Данный стоимостной показатель сопоставим с общей себестоимостью традиционного полнотелого керамического кирпича, но расход глинистого сырья для производства кирпича аэрированного керамического в несколько раз меньше, что позволяет дольше использовать имеющиеся мощности глиняного карьера при сохранении проектной производительности предприятия. Установлена положительная технико-экономическая оценка проекта по производству кирпича аэрированного керамического с размерами 250×120×65 мм: инвестиционные затраты составляют 130,004 млн руб., чистый доход без дисконта за 15 лет – 1679,169 млн руб., срок окупаемости проекта – 37 месяцев.

**Список литературы**

1. Dmitriev K.S. Innovative construction material based on aerated ceramics / K.S. Dmitriev, V.B. Zverev // Architecture and Engineering. – 2017. – Vol. 2, No. 4. – p. 9–13.
2. Рынок силикатного кирпича в России: 6 месяцев 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.gs-expert.ru/sysfiles/files/SLB-2017-2.pdf](http://www.gs-expert.ru/sysfiles/files/SLB-2017-2.pdf) (дата обращения: 17.05.2018).
3. Обзор рынка газобетона в России 2016–2017 годов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metembeton.ru/component/content/article/36/167> (дата обращения: 17.05.2018).
4. Рынок керамического кирпича: на пути к равновесию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.indexbox.ru/news/gynok-keramicheskogo-kirpicha-na-puty-kravnovesyu> (дата обращения: 17.05.2018).
5. Зубехин А.П. Теоретические основы инновационных технологий строительной керамики / А.П. Зубехин, Н.Д. Яценко // Строительные материалы. – 2014. – № 1–2. – С. 88–92.
6. Котляр В.Д. Особенности свойств, применение и требования к клинкерному кирпичу / В.Д. Котляр, Ю.В. Терехина, А.В. Котляр // Строительные материалы. – 2015. – № 4. – С. 72–74.
7. Солодский Н.Ф. Сырьевые материалы и пути повышения эффективности производства строительной керамики / Н.Ф. Солодский, А.С. Шамриков // Стекло и керамика. – 2009. – № 1. – С. 26–29.
8. Ашмарин Г.Д. Керамические экологически чистые теплоэффективные стены – реальность современного строительства / Г.Д. Ашмарин, В.А. Кондратенко, В.Г. Ласточкин, А.П. Павленко // Строительные материалы. – 2011. – № 12. – С. 10–11.
9. Дмитриев К.С. Современные технологии эффективных ограждающих конструкций / К.С. Дмитриев // Сборник статей ЦНС «Международные научные исследования» по материалам VII международной научно-практической конференции: «Проблемы и перспективы современной науки», Часть 2. – М., 2016. – № 7 – С. 120–122.
10. ИТС 4 – 2015. Производство керамических изделий. – М.: Бюро НДТ, 2015. – 222 с.

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

**Коростовенко В.В., Гронь В.А., Галайко А.В., Мелтонян Е.С., Герасимова А.Г.**  
*Институт цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: korostovenko@mail.ru, kafedra\_tb@mail.ru, e.s.meltonian@yandex.ru*

В настоящее время самым экологически обоснованным видом транспорта для транспортировки, хранения и перекачивания являются промежуточные линейные перекачивающие станции и магистральные нефтепроводы. Но в то же время это сложный комплекс с находящимися в нем опасными веществами. При эксплуатации таких комплексов возникают техногенные аварии, приводящие к разливам углеводородного сырья в огромных количествах, пожарам, взрывам, а также оказывают катастрофическое воздействие на почвенный покров, изменяя его агрохимические свойства, загрязняя при этом водоемы, уничтожая флору и фауну. Основными причинами аварий на таких объектах являются различные виды разрушения оборудования, скрытые дефекты различного происхождения (металлургические, сварные, коррозионные, механические), а также возможные конструктивные ошибки в системе, нарушение правил эксплуатации трубопроводов и емкостей для хранения сырья. Оценка риска и прогнозирование возможных внезапных аварий является актуальной задачей. Для предотвращения таких аварий необходима система мониторинга и диагностики состояния всего комплекса технологических объектов, с использованием различных информационных систем, которые позволяют анализировать надежность работы производственного оборудования и управления распределительных объектов. Так же при проведении технической диагностики оборудования используются различные методы, одним из которых является способ акустической диагностики сварных швов. При этом осуществляется ударное возбуждение акустических затухающих колебаний, расположенных вдоль сварного шва участков с последующей регистрацией колебаний. Наиболее перспективной является система внутритрубной диагностики производственного оборудования (профилемером внутритрубным), выполненного в виде снаряда батитермографа в форме герметичной капсулы с ведущим монтажом из мягкой резины с преобразователями.

**Ключевые слова:** нефтепроводы, аварии, взрывы, пожары, негативное воздействие, мониторинг, диагностика, внутритрубный профилемер

## TECHNOLOGICAL ACCIDENTS ANALYSIS AND MEASURES TO ACCIDENTS PREVENTION ON TRANSITORY IN-LINE PUMP STATIONS

**Korostovenko V.V., Gron V.A., Galayko A.V., Meltonyan E.S., Gerasimova A.G.**  
*School of Non-Ferrous Metals and Material Science, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: korostovenko@mail.ru, kafedra\_tb@mail.ru, e.s.meltonian@yandex.ru*

Nowadays transitory in-line pump stations and main oil pipelines are the most environmentally friendly transport for transportation, maintenance and repumping. Simultaneously it's complicated hazardous substance complex. Technological accidents are occurred under the complex operations. The accidents lead to huge raw hydrocarbons pouring, fires and explosions, disastrously influence on soil and agrochemical properties; it pollutes water, flora and fauna. The main complex causes of the accident are different equipment fracture modes and various invisible defects (metallurgical, welding, corrosion, mechanical). Also there are possible constructive breaks, pipelines improper operation and tanks for raw keeping in the complex. Risk assessment and sudden breakdown forecasting are important objectives. It's an essential monitoring system and complex technological diagnostics to prevent the accidents with the use of different information systems that will analyze operational industrial equipment reliability and distributing system control. Under technical equipment diagnostics it's used various methods; one of them is weld acoustic diagnostic method. This way there are acoustic decaying oscillation impulse excitations of places that are arranged along weld following of registration oscillation. The most perspective in-line inspection system for industrial equipment (geometry tool) is performed with bathythermosphere in the shape of pressurized capsule with leading rubber assembly with convertor.

**Keywords:** oil pipeline, accidents, explosions, fires, negative effect, monitoring, diagnostic, geometry tool

Линейные нефтепроводы и промежуточные перекачивающие объекты предназначены для транспортирования нефти и нефтепродуктов, а также приема, хранения и перекачивания в емкости резервуарного парка и поставкой в дальнейшем на перерабатывающие предприятия и потребителям.

В настоящее время эти сооружения являются самым экономически обоснованным видом транспортировки и хранения углеводородного сырья. Но в то же время это сложный инженерный комплекс различных технических систем и устройств с находящимися в нем опасными веществами

в обороте, протяженностью нефтепроводов с высокой взрыво- и пожароопасностью.

Согласно анализу мирового и отечественного опыта, использование таких сооружений показало, что, несмотря на значительные достижения в области проектирования строительства и эксплуатации таких комплексов полностью исключить возникновение техногенных аварий в виде отказов работы производственного оборудования пока не удается. В результате на промышленных объектах возникают аварии, приводящие к разливам углеводородного сырья, взрывам, пожарам и загрязнению всех элементов биосферы. Характерными причинами взрывопожароопасности являются образование опасных концентраций паров углеводородной смеси и в то же время нахождение в этой зоне источников зажигания, что приводит к техногенным авариям, оказывая при этом катастрофическое воздействие на почвенный слой, изменяя ее агрохимические свойства, уничтожаются живые организмы, загрязняются водоемы ядовитыми и токсичными органическими веществами, а также это приводит к серьезным заболеваниям населения и в то же время значительным потерям материальных ценностей. Согласно статистическим данным на объектах, только в Российской Федерации за последние 20 лет произошло около 530 пожаров, из них около 200 случаев приходится на технологические сооружения промежуточных объектов.

### Материалы и методы исследования

Таким образом, определение риска и прогнозирование чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями на нефтепроводах и распределительных объектах, а также снижение их негативного воздействия на биосферу является проблемой актуальной. В настоящее время практический интерес с точки зрения промышленной и экологической безопасности представляет Рыбинская распределительная производственная перекачивающая станция, занимающая значительные территории, которая является частью линейного магистрального нефтепровода и является структурным подразделением ОАО «Транссибнефть». Производственная деятельность данного предприятия заключается в приеме, хранении и перекачивании нефти и нефтепродуктов на перерабатывающие предприятия России, а также транспортирование по магистральным нефтепроводам «Омск – Иркутск», «Анжеро-Судженск – Красноярск», участок «Кемчуг – Рыбное», «Красноярск – Иркутск» и т.д. и относится к особо опасному производству.

Территория данного производства составляет около 42 га и имеет три конструктивные схемы сооружения линейной части нефтепроводов: наземная, наземная и подземная. При использовании наземной схемы прокладка труб находится на поверхности спланированного грунта или на искусственно возделанном основании. При наземной схеме трубо-

провод укладывается на опоры, размещенные на конкретном расстоянии друг от друга, что имеет немаловажное значение для обеспечения технологической надежности трубопроводов. Как правило, необходимость в наземной или надземной схеме прокладки трубопроводов возникает при сооружении его в неблагоприятных энергоснабжающих устройствах дистанционного управления. Практический интерес представляет подземная укладка нефтепроводов, протяженностью почти 97%. Согласно этой схеме, трубопроводы проходят ниже естественной поверхности земли и составляют не менее 1 метра. В этом случае транспортируемый продукт не подвергается резким перепадам температур.

Выявлено, что в течение эксплуатации нефтепроводы находятся в напряжении, вследствие поддержания постоянного внутреннего давления перекачиваемого сырья и выступают в роли сосудов высокого давления. К тому же из-за специфики перекачиваемого сырья являются чрезвычайно энергонасыщенными сооружениями. Данное производство представляет систему линейно-протяженных объектов и включает комплекс трубопроводов с отводами, головные сооружения, состоящие из перекачивающей станции и подводящих трубопроводов, с помощью которых сырье и нефтепродукты поступают в резервный парк, где находятся основная и напорная насосные станции, ремонтно-механические объекты, площадка запуска шаровых разделителей, фильтры тонкой очистки, системы общего и оборотного водоснабжения, а также энергоснабжающие устройства, устройства дистанционного управления запорной арматурой, переходами через естественные и искусственные преграды, приборами диагностики производственного оборудования.

Важное значение имеет резервуарный парк, который служит для хранения и перекачивания сырья и нефтепродуктов, их сортировки, а также выполняя функцию приемки в случае аварийной остановки трубопроводов в условиях залегания грунтов. Несмотря на то, что нефтепроводы представляют собой нить сооружений, при этом имеются устройства, с помощью которых отсекаются определенные участки при возникновении аварий для снижения объема потерь транспортируемого сырья и снижения негативного воздействия на элементы биосферы.

В качестве исходного сырья, поступающего на Рыбинский ЛПДС, выступает нефть – маслянистая светло- или темно-бурая горючая жидкость двух видов: сырьевая – природная и товарная, технологически переработанная на нефтеперерабатывающих предприятиях, и направляется потребителям. Технология переработки углеводородного сырья определяется ее физико-химическими свойствами.

Основными показателями качества нефти являются: состав фракций, плотность нефти, наличие воды, хлористых солей, различных механических примесей и серы. К технологическим показателям относятся: давление насыщенных паров, вязкость, содержание парафинов. Как известно, наличие механических примесей обусловлено характером залегания нефти и способами ее добычи, они состоят из высокодисперсных частиц твердых пород, которые образуются путем адсорбции на поверхности воды и, в свою очередь, стабилизируют эмульсию нефти. При перегонке нефти примеси частично оседают на стенках оборудования, при этом оказывают отрицательное влияние на прочность и износостойкость. От-

ложение парафина обусловлено тем, что температура стенок трубопроводов и производственного оборудования может быть ниже, чем у перекачиваемой жидкости, и в то же время частицы парафина, вследствие высокой концентрации или колебания температуры, прилипают к стенкам. К сожалению, это непременно приводит к уменьшению внутреннего сечения трубопроводов, а также снижению производительности всей системы.

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенных исследований показывают, что в основном повреждения нефтепроводов и всей технологической системы вызваны действием двух групп факторов. Факторы, связанные со снижением несущей способности трубопроводов, которые происходят вследствие наличия дефектов на стенках труб и непосредственного старения материала. Вторая группа факторов связана с увеличением нагрузок, воздействие которых проявляется при эксплуатации действующих объектов (деформация земной поверхности, давление, воздействие температур окружающей среды и перекачиваемого сырья, давление грунта под трубопроводами и т.д.). Одна из основных причин повреждений нефтепроводов, пролегающих под землей, связана с воздействием внешних сил, которые образуют поверхностные вмятины, разрывы сварных швов, трубопроводов. Так же распространены повреждения, возникающие при ремонтных и строительных работах на месте залегания трубопроводов, такие повреждения являются потенциально опасными, согласно статистике более 15% аварий происходят по причине внешнего воздействия.

Весьма сложной проблемой являются коррозионные повреждения подземного оборудования, что обусловлено воздействием на металл различных газов и жидких электролитов, при этом образуется пленка, состоящая из продуктов коррозии, в результате толщина стенок внутри труб уменьшается равномерно, до 36%.

Наибольшую опасность для нефтепроводов и объектов промежуточных станций представляют гидравлические удары и являются следствием внезапного отключения оборудования или при переключении задвижек, а также при образовании в трубопроводах воздушных пробок, которые могут вызвать точки давления, подобные гидравлическому удару. Также эксплуатационными нагрузками являются внутреннее давление жидкости в трубопроводах и температурный перепад.

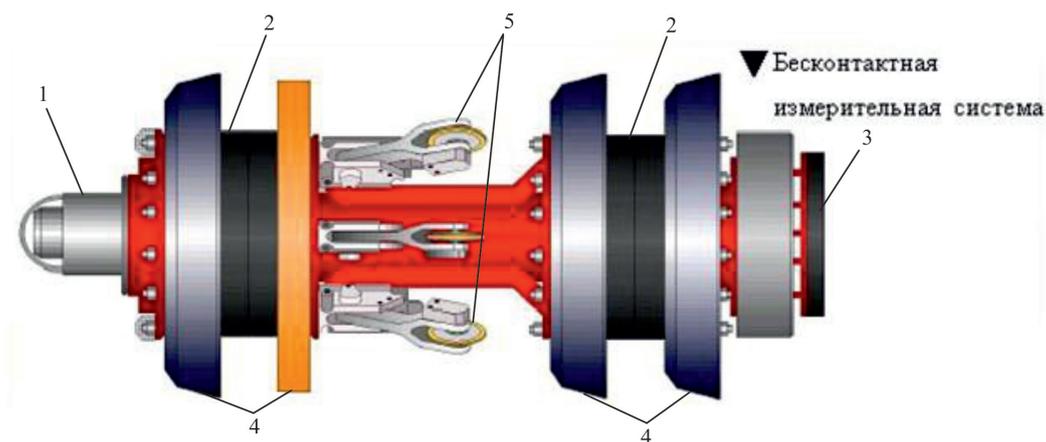
Для предотвращения аварийных ситуаций и пожаровзрывоопасности на промыш-

ленных объектах, связанных с транспортированием и хранением углеводородного сырья, предлагается система мониторинга состояния трубопроводов, а также емкостей резервуарного парка с использованием различных геоинформационных систем, которые позволяют анализировать надежность работы производственного оборудования и управление эксплуатацией пространственно распределительных объектов. В систему мониторинга входит: информация об эксплуатационных характеристиках промышленных объектов, а также техническом состоянии производственного оборудования с условиями прокладки и залегания трубопроводов, местоположение на цифровой карте, характеристика трасы нефтепроводов, наличие на них дефектов в виде коррозии, расслоения, вмятин, возникновение возможных аварий.

Наряду с использованием геоинформационной системы предлагается осуществлять техническую диагностику объектов с целью обеспечения надежности работы производственного оборудования.

На современном этапе имеется ряд методов диагностирования производственного оборудования, которые позволяют выявить дефекты. Способ акустико-эмиссионной диагностики осуществляется в перемещении диагностической системы по трубопроводу под действием специальной жидкости, регистрации акустического излучения, а также создании волны локальных напряжений стенок трубопроводов. При этом производится регистрация возникающих сигналов акустической эмиссии. При акустической диагностике сварных швов производится ударное возбуждение акустических затухающих колебаний в расположенных вдоль сварного шва (участках) и последующая регистрация этих колебаний преобразователем с последующей обработкой результатов.

Наиболее эффективным методом для обеспечения надежности работы оборудования является диагностика внутритрубным канальным профиломером в виде снаряда батитермографа, представляющего собой герметичную капсулу с ведущими манжетами из мягкой резины с преобразователями продольной координаты. На каждом участке нефтепроводов, нуждающихся в диагностике, имеется камера пуска и приема средств очистки и диагностирования. Операция выполняется без остановки транспортируемого сырья. В запоминающем устройстве происходит одновременная регистрация и хранения данных спайдера, а также сигналов маркерных передатчиков.



*Внутритрубный профилемер ПРН 16. 1, 3 – передний и задний бамперы; 2 – спайдеры; 4 – манжеты; 5 – одометры*

Наличие дефектов и особенностей на трубопроводах и производственных объектах, их геометрические параметры и места расположений определяются по распечатке данных профилометрии после пропускa профилемера по трубопроводу. Минимальное проходное сечение трубопроводов, необходимое для пропускa профилемера, составляет около 75% внутреннего диаметра трубопровода. Чувствительность измерительной системы прибора около 2 мм. Точность измерения высоты вмятины на прямых участках трубопроводов составляет от 0,4% – 0,6% относительно внешнего диаметра трубы.

### Заключение

Таким образом, применение геоинформационных систем и совмещение данных аппаратной диагностики имеет большое значение в формировании безопасности на нефтепроводах и распределительных объектах. Наряду с применением геоинформационных систем использовать технические решения с целью профилактики и ликвидации аварийных ситуаций, путем прогона

внутритрубных диагностических приборов для определения дефектных участков.

Предлагаемые мероприятия позволят заблаговременно выявить скрытые дефекты производственного оборудования и тем самым предотвратить возможные чрезвычайные ситуации.

### Список литературы

1. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности: Кодексы. Законы. Нормы. – Норматика, 2017. – 73 с.
2. Бардик Д.Л. Нефтехимия: учебный курс для профессионалов и неспециалистов / Д.Л. Бардик. – Олимп-Бизнес, 2017. – 157 с.
3. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти: учебное пособие / Р.З. Магарил. – КДУ, 2016. – Изд. 2. – 89 с.
4. Алфеев В.Н. Разработка системы комплексного анализа условий надежности линейной части магистральных нефтепроводов / В.Н. Алфеев, К.В. Черняев, В.В. Виноградов, В.А. Поздняков, Г.А. Филиппов // Трубопроводный транспорт нефти. – 2000. – № 12. – С. 14–22.
5. Канайкин В.А. Технология внутритрубной дефектоскопии магистральных газопроводов / В.Е. Лоскутов, А.Ф. Матвиенко, Б.В. Патраманский // Научный журнал «Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук и отраслей народного хозяйства». – 2017. – 15 с.

УДК 539.3

## КОЛЕБАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ОБОЛОЧЕК ТЕТРАСТРУКТУРЫ С УЧЕТОМ ДИСКРЕТНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ

<sup>1</sup>Немеребаев М.Н., <sup>2</sup>Бекмуратов М.М., <sup>1</sup>Актаев Е.К.

<sup>1</sup>Таразский инновационно-гуманитарный университет, Тараз,  
e-mail: nemerebayev@mail.ru;

<sup>2</sup>Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, Тараз

Выведена система уравнений, описывающих определение собственных частот колебаний цилиндрических сетчатых оболочек с использованием функции динамической податливости, являющейся математическим аналогом функции Грина. Рассмотрены особенности геометрии сетчатых оболочек из композитных материалов. При малых значениях углов можно приближенно считать, что они лежат на поверхности, близкой к цилиндрической. Такой подход позволяет сформулировать единую систему допущений, на основе которых проводится оценка малости тех или иных членов в соотношениях между деформациями и перемещениями стержней. Определено число стержней в каркасе, точки соединения их друг с другом и с опорным шпангоутом. Описаны уравнения вынужденных колебаний стержня постоянного сечения под действием единичной гармонической силы, приложенной в произвольной точке. Излагается методика определения функции динамической податливости (ФДП) изолированного стержня. Основными элементами матрицы функции динамической податливости стержней будут амплитудные значения полученных перемещений. Расчет колебаний сетчатой оболочки под действием произвольных нагрузок можно свести к построению функции ее динамической податливости. Матрица функции динамической податливости сетчатой цилиндрической оболочки в целом может быть определена в том случае, если известны шесть ее основных элементов, представляющих собой функции динамической податливости от раздельного действия на оболочку единичных усилий нормального, осевого и окружного, а также крутящих и изгибающих моментов. Анализируются особенности функции динамической податливости стержневых элементов каркаса. Все окончательные результаты записаны относительно исходной недеформированной системы координат.

**Ключевые слова:** оболочка, колебания, частоты, шпангоут, угол, каркас

## VIBRATIONS OF COMPOSITE SHELLS OF TETRASTRUCTURE WITH THE ACCOUNT OF DISCRETENESS OF ELEMENTS

<sup>1</sup>Nemerebaev M.N., <sup>2</sup>Bekmuratov M.M., Aktaev E.K.

<sup>1</sup>Taraz Innovative-Humanitarian University, Taraz, e-mail: nemerebayev@mail.ru;

<sup>2</sup>M.Kh. Dulati Taraz State University, Taraz

A system of equations describing the determination of the natural frequencies of oscillations of cylindrical reticulated shells is derived using the dynamic compliance function, which is a mathematical analogue of the Green's function. The features of the geometry of reticulated shells of composite materials are considered. At small angles, we can approximately assume that they lie on a surface close to cylindrical. This approach allows us to formulate a unified system of assumptions, on the basis of which an estimation is made of the smallness of certain terms in the relations between deformations and displacements of the rods. The number of rods in the frame and the points of their connection with each other and with the support frame are determined. The equations of forced oscillations of a rod of constant cross section are described, under the action of a unit harmonic force applied at an arbitrary point. The technique for determining the dynamic compliance function of an isolated rod is described. The main elements of the matrix of the dynamic compliance function of the rods will be amplitude values of the obtained displacements. Calculation of the vibrations of the mesh shell under the action of arbitrary loads can be reduced to the construction of its dynamic compliance function. The matrix of the dynamic compliance function of a reticulated cylindrical shell as a whole can be determined if six of its basic elements are known which are functions of dynamic compliance from a separate action on the shell of unitary forces of the normal, axial and circumferential as well as twisting and bending moments. The features of the dynamic compliance function of the rod elements of the framework are analyzed. All final results of relative to the original initial undeformed coordinate systems are written.

**Keywords:** shell, vibrations, frequencies, bend, corner, frame

Несущей основой тонкостенных оболочек тетрагональной структуры является пространственная симметричная система стержней, соединенных между собой, а также с опорными силовыми элементами в равностоящих точках. Так, каркас цилиндрической оболочки тетраструктуры образуется двумя семействами ребер-стержней постоянного сечения, концы которых скреплены с краевыми шпангоутами таким об-

разом, что точки их соединения между собой и шпангоутом делят его окружность на равные дуги.

При этом семейству ребер, направленных под некоторым углом  $+\varphi$  к образующей оболочки, соответствует семейство ребер, направленных к ней под углом  $-\varphi$ . Дополнительно эти стержни скреплены в равностоящих точках их взаимного пересечения по длине.

В общем случае эти ребра цилиндрического каркаса представляют собой стержни со спиральной осью. Вместе с тем, широкое применение получили конструкции такого типа, оси которых прямолинейны. При малых значениях углов  $\varphi$  можно приближенно считать, что они лежат на поверхности, близкой к цилиндрической.

*Особенности геометрии*

Расчет колебаний таких систем в предположении линейности их характеристик целесообразно проводить методом функции динамической податливости, понимая под этим термином амплитудное значение перемещений любой произвольно определенной точки А системы под действием единичной гармонической нагрузки, приложенной к ней в произвольной точке В [1].

Колебания элементов системы будем рассматривать в следующих координатных осях. Исходное положение точки оси любого стержня с номером  $i$  определяется центральным углом  $\theta_i$ , который отсчитывают от начального радиуса опорного шпангоута, и координатой  $S$  по оси стержня. Перемещения точки  $x$  будем определять в направлении его продольной оси  $1_i$  и главных центральных осей  $2_i$  и  $3_i$ , которые в общем случае могут быть повернуты на некоторый угол  $\alpha_i$  между осями  $3_i$ , радиусом каркаса и углом  $\gamma_i$  между продольной осью стержня и линией, параллельной оси каркаса. Так, для каркаса, образованного спиральными элементами  $\alpha_i = 0$   $\gamma_i = \pm \varphi$ . Для каркаса, собранного из прямых стержней без закрутки относительно продольной оси

$$\alpha_i = \alpha_{i0} + \frac{\theta_{i1} - \theta_{i0}}{l} x. \quad (1)$$

Угол  $\gamma_i = \gamma$  можно определить из соотношения

$$\sin \gamma = \frac{R}{2l} \sin \frac{\theta_{i1} - \theta_{i0}}{l} x, \quad \gamma = \arccos \frac{L}{l}, \quad (2)$$

где  $\theta_{i0}$  – центральный угол, отсчитываемый от начального радиуса нулевого шпангоута до точки его соединения стержнем;  $\theta_{i1}$  – центральная угловая координата  $i$ -го стержня на втором (конечном) опорном шпангоуте;  $R$  – радиус опорных шпангоутов;  $l$  – длина стержней;  $L$  – расстояние между опорными шпангоутами.

При малой разности  $\theta_i - \theta_0$  можно полагать приближенно, что

$$\gamma = \frac{R}{2l} \frac{\theta_i - \theta_0}{l}.$$

Определим кривизну спирального стержня в виде

$$\varkappa = \frac{1 - \cos \varphi^2}{R}. \quad (3)$$

Степень закручивания стержней:

$$\sum_0^1 = \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{R}. \quad (4)$$

При малых  $\varphi$  можно приближенно считать, что

$$\varkappa = 0, \quad \sum_0^1 = \frac{\varphi}{R}. \quad (5)$$

Угол закручивания сечения с координатой  $x$  определяется,

$$\alpha = \varphi \frac{x}{R} \quad (6)$$

или

$$\alpha = \frac{\theta_i - \theta_0}{l} x. \quad (7)$$

Пусть каркас состоит из  $N$  стержней, направленных к его оси углом  $\varphi$ , и  $N$  стержней, направленных под углом  $-\varphi$ . Точки соединения их друг с другом и опорным шпангоутом, расположенным в начале отсчета продольной координаты, делят окружность шпангоута на равные дуги таким образом, что если стержни, расположенные под углом  $+\varphi$ , пронумеровать  $i = 1, 2, \dots, N$ , считая, что  $i$  возрастает по часовой стрелке, а стержни, направленные под углом  $-\varphi$ , против часовой соответственно нумеруются  $j = 1, 2, 3, \dots, N$ , то  $i$ -му стержню соответствует центральный угол  $\theta_i = \frac{2\pi}{N} i$ .

При этом существует связь  $j = N - i + 1$ .

Положим, что любой стержень с номером  $i$  в каркасе пересекается со стержнями (не принимая в расчет точки соединения с опорными шпангоутами), направленными под углом  $-\varphi$ . Тогда точки пересечения (связи) делят его длину на равные участки  $K + 1$ .

Координаты точек пересечения соответственно равны  $X_{im} = \frac{l}{K+1} m, m = 1, 2, 3, \dots, K$ .

При этом точка  $j$  соответствует пересечению стержня с номером  $i$  со стержнем, имеющим номер  $j = N - i - m + 1$ . Центральный угол

$\theta_{im} = \frac{2}{N} [i + m]$  и координата этой точки по продольной оси каркаса  $\frac{lm}{K+1}$ .

*Функции динамической податливости изолированного стержня*

Вынужденные колебания стержня постоянного сечения в пределах справед-

ливости гипотезы плоских сечений и под действием единичной гармонической силы, приложенной в произвольной точке  $S$  по оси  $x$ , описываются, как известно, следующими уравнениями [2, 3]:

$$\begin{aligned} EF \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + \rho F \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} &= \delta(x-s) \sin \omega t, \\ EI_3 \frac{\partial^4 u_2}{\partial x^4} + \rho F \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} &= \delta(x-s) \sin \omega t, \\ EI_2 \frac{\partial^4 u_3}{\partial x^4} + \rho F \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2} &= \delta(x-s) \sin \omega t, \\ GI_p \frac{\partial^4 u_3}{\partial x^4} + \rho I_p \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2} &= \delta(x-s) \sin \omega t, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $E$  – модуль упругости;  $G$  – модуль сдвига;  $\rho$  – массовая плотность материала;  $F$  – площадь поперечного сечения стержня;  $I_2, I_3$  – моменты инерции сечений стержня относительно оси 2 и 3 соответственно;  $I_p$  – полярный момент инерции;  $u_1, u_2, u_3$  – перемещения в направлении оси 1, 2 и 3;  $u_4$  – угол закручивания относительно оси 1;  $\delta(x-s)$  – разрывная функция Дирака 1-го рода.

Запишем граничные условия в виде

$$\begin{aligned} u_1 = 0, \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} = 0, u_2 = 0, \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} = 0, u_3 = 0, \\ \frac{\partial^2 u_3}{\partial x^2} = 0, u_4 = 0 \text{ при } x = 0, x = 1. \end{aligned} \quad (9)$$

Будем искать решение (8) при

$$u_i = \sum_{m=1}^{\infty} a_{mi} \sin \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{m\pi s}{l} \sin \omega t, \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} a_{m1} &= \frac{1}{\frac{\pi^2 m^2}{l^2} EF - \rho F \omega^2}; \\ a_{m2} &= \frac{1}{\frac{\pi^4 m^4}{l^4} EI_3 - \rho F \omega^2}; \\ a_{m3} &= \frac{1}{\frac{\pi^4 m^4}{l^4} EI_2 - \rho F \omega^2}; \\ a_{m4} &= \frac{1}{\frac{\pi^2 m^2}{l^2} EI_p - \rho I_p \omega^2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Основными элементами матрицы функции динамической податливости стержней будут амплитудные значения полученных перемещений, т.е.

$$\begin{aligned} v_{ii}(x, s, \omega^2) &= \sum_{m=1}^{\infty} a_{mi} \sin \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{m\pi s}{l}, \\ i &= 1, 2, 3, \dots, k. \end{aligned} \quad (12)$$

Отличными от нуля являются также элементы  $v_{55}, v_{66}, v_{35}, v_{53}, v_{62}, v_{26}$ . Они определяются через основные, дифференциальными операциями.

$$\begin{aligned} v_{62}(x, s, \omega^2) &= \frac{\partial}{\partial x} v_{22}(x, s, \omega^2) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{m\pi}{l} a_{m3} \cos \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{m\pi s}{l}; \\ v_{26}(x, s, \omega^2) &= \frac{\partial}{\partial s} v_{22}(x, s, \omega^2) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{m\pi}{l} a_{m3} \sin \frac{m\pi x}{l} \cos \frac{m\pi s}{l}; \\ v_{53}(x, s, \omega^2) &= \frac{\partial}{\partial x} v_{33}(x, s, \omega^2) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{m\pi}{l} a_{m2} \cos \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{m\pi s}{l}; \\ v_{35}(x, s, \omega^2) &= \frac{\partial}{\partial s} v_{33}(x, s, \omega^2) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{m\pi}{l} a_{m2} \sin \frac{m\pi x}{l} \cos \frac{m\pi s}{l}; \\ v_{55}(x, s, \omega^2) &= \frac{\partial^2}{\partial x \partial s} v_{33}(x, s, \omega^2) = \sum_{m=1}^{\infty} \left( \frac{m\pi}{l} \right)^2 a_{m2} \cos \frac{m\pi x}{l} \cos \frac{m\pi s}{l}; \\ v_{66}(x, s, \omega^2) &= \frac{\partial^2}{\partial x \partial s} v_{22}(x, s, \omega^2) = \sum_{m=1}^{\infty} \left( \frac{m\pi}{l} \right)^2 a_{m3} \cos \frac{m\pi x}{l} \cos \frac{m\pi s}{l}. \end{aligned} \quad (13)$$

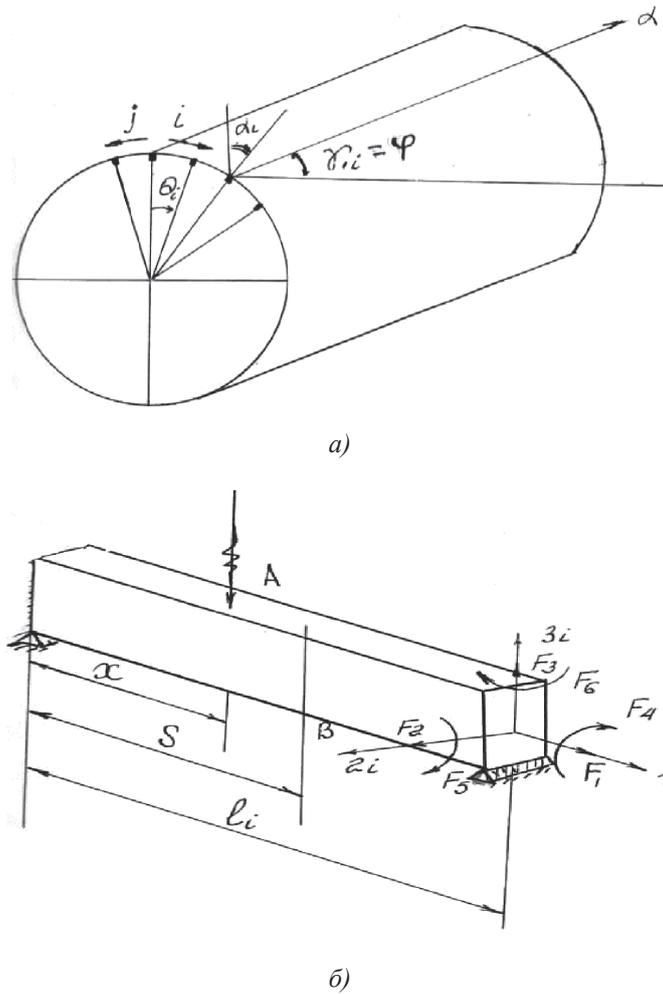


Рис. 1. Расчетная схема оболочки: а) оболочка; б) стержневой элемент оболочки

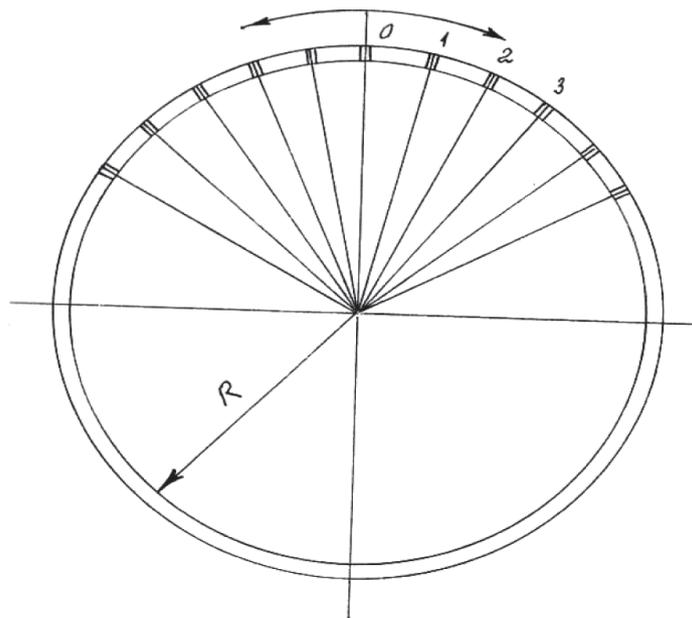


Рис. 2. Расположение стержней на опорном шпангоуте

В целом матрица функции динамической податливости прямого незакрученного стержня постоянного сечения имеет вид

$$\begin{pmatrix} v_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v_{22} & 0 & 0 & 0 & v_{26} \\ 0 & 0 & v_{33} & 0 & v_{35} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & v_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & v_{53} & 0 & v_{55} & 0 \\ 0 & v_{62} & 0 & 0 & 0 & v_{66} \end{pmatrix} = 0. \quad (14)$$

Функции динамической податливости стержней по направлениям осей 1, 2 и 3, совпадающих с осью каркаса, его радиусом и осью, расположенной в нормальном сечении под прямым углом к радиусу, обозначен через  $\Gamma_{ij}(x, s, \omega^2)$ , где для простоты в индексах опущены штрихи.

Элементы матрицы  $\Gamma_{ij}$  выражаются через  $v_{ij}$  следующим образом:

$$\begin{aligned} \Gamma_{11} &= v_{11} \cos^2 \gamma_1 - \frac{1}{2} v_{22} \sin 2\gamma_1 \cos \alpha_1, \\ \Gamma_{22} &= v_{22} \cos^2 \gamma_1 \cos \alpha_1 - v_{11} \sin^2 \gamma_1, \\ \Gamma_{33} &= v_{33} \cos^2 \alpha_1, \\ \Gamma_{44} &= v_{44} \cos^2 \gamma_1, \\ \Gamma_{55} &= v_{55} \cos^2 \gamma_1 \cos^2 \alpha_1, \\ \Gamma_{66} &= v_{66} \cos^2 \alpha_1, \end{aligned} \quad (15)$$

$$\Gamma_{12} = \Gamma_{21} = \frac{1}{2} v_{11} \sin 2\gamma_1 - \frac{1}{2} v_{22} \sin 2\gamma_1 \cos \alpha_1,$$

$$\Gamma_{13} = \Gamma_{31} = 0, \Gamma_{14} = \Gamma_{41} = 0, \Gamma_{46} = \Gamma_{64} = 0,$$

$$\Gamma_{45} = \Gamma_{54} = \frac{1}{2} v_{11} \sin 2\gamma_1,$$

$$\Gamma_{15} = \Gamma_{51} = v_{26} \sin \gamma_1 \sin \alpha_1,$$

$$\Gamma_{16} = \Gamma_{61} = v_{26} \sin \gamma_1 \cos^2 \alpha_1,$$

$$\Gamma_{23} = \Gamma_{32} = v_{22} \cos \gamma_1 \sin \alpha_1,$$

$$\Gamma_{24} = \Gamma_{42} = 0,$$

$$\Gamma_{56} = \Gamma_{65} = -v_{66} \cos \gamma_1 \sin \alpha_1,$$

$$\Gamma_{25} = \Gamma_{52} = -\frac{1}{2} v_{26} \sin 2\alpha_1 \cos \gamma_1,$$

$$\Gamma_{26} = \Gamma_{62} = v_{26} \cos \gamma_1 \cos^2 \alpha_1,$$

$$\Gamma_{34} = \Gamma_{43} = v_{35} \sin \gamma_1 \cos^2 \alpha_1,$$

$$\Gamma_{36} = \Gamma_{63} = v_{35} \cos \gamma_1 \sin \alpha_1.$$

*Функции динамической податливости стержневых элементов каркаса*

Перемещения стержней с номерами  $i$ , работающих в составе каркаса, складываются из перемещений от действующей на них нагрузки и перемещений от реакции связанных с ним элементов каркаса, направленных под углом  $-\phi$  к его оси, которые имеют вид

$$G_{\mu\nu}^i(x, s, \omega^2) = \Gamma_{\mu\nu}^i(x, s, \omega^2) - \sum_{m=1}^k \sum_{r=1}^6 \Gamma_{\mu\nu}^i(x, s_r, \omega^2) R_r^i(S_m), \quad (16)$$

где  $R_r^i(S_m)$  – реакция связей в точках  $S_m$ ,  $k$  – число точек связи.

Амплитудные перемещения произвольного  $j$ -го элемента каркаса, направленного под углом  $-\phi$ , равны.

$$G_{\mu\nu}^i(x, s, \omega^2) = \sum_{\tau=1}^k \sum_{q=1}^6 \Gamma_{\mu\nu}^i(x, s, \omega^2) R_q^j(S_\tau). \quad (17)$$

Из условий совместности перемещений элементов каркаса в точках связи получим

$$G_{\mu\nu}^i(x_{i,p}, s, \omega^2) = G_{\mu\nu}^{N-i-p+1}(x_{N-i-p+1}, s, \omega^2) \quad (18)$$

или

$$\Gamma_{\mu\nu}^i(x_{i,p}, s_r, \omega^2) - \sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^6 \Gamma_{\mu\nu}^i(x_{i,p}, s_m, \omega^2) R_r^i(S_m) = r,$$

$$r = \sum_{\tau=1}^k \sum_{q=1}^6 \Gamma_{\mu\nu}^{N-i-p+1}(x_{N-i-p+1,p}, s_\tau, \omega^2) R_q^{N-i-p+1}(S_\tau),$$

$$R_\nu^i(S_\tau) = R_\nu^{N-i-p+1}(S_\tau), \quad (19)$$

$$R_\mu^i(S_r) = R_\mu^{N-i-p+1}(S_r).$$

Раскроем выражение, подставив значения функции динамической податливости элементов каркаса:

$$\begin{aligned} \Gamma_{\mu\nu}(x_p, s, \omega^2) &= \sum_{r=1}^6 \sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^{\infty} a_{n\mu\nu}(\omega) \sin \frac{n\pi x_{ip}}{l} \sin \frac{n\pi S_r}{l} R_r^i(S_m) = \\ &= \sum_{q=1}^6 \sum_{\tau=1}^k \sum_{n=1}^{\infty} a_{n\mu q}(\omega) \sin \frac{n\pi x_q}{l} \sin \frac{n\pi S}{l} R_{\tau}^i(S_{\tau}), \end{aligned} \quad (20)$$

$$\tau = r, \theta = N - i - p + 1; \Gamma_{\mu\nu}(x_p, s, \omega^2) = \sum_{n=1}^{\infty} a_{n\mu}(\omega) \sin \frac{n\pi x_p}{l} \sin \frac{n\pi S_r}{l}.$$

С целью дальнейшего упрощения (20) подставим координаты точек соединения стержней:

$$x_{ip} = \frac{lp}{k+1}, \quad S_{\eta} = \frac{l\eta}{k+1}, \quad x_{\theta} = \frac{l\theta}{k+1}, \quad S = \frac{l}{k+1}. \quad (21)$$

С учетом (21) функцию динамической податливости  $i$ -го стержня можем записать в виде

$$\begin{aligned} \Gamma_{\mu\nu}^i(x_{i,p}, s_m, \omega^2) &= \sum_{\eta=1}^6 \sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^{\infty} a_{n\mu\nu}(\omega) \sin \frac{n\pi p}{k+1} \sin \frac{n\pi r}{k+1} R_r = \\ &= \sum_{q=1}^6 \sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^{\infty} a_{\mu q}(\omega) \sin \frac{\tau\pi\theta}{k+1} \sin \frac{\tau\pi r}{k+1} R_r. \end{aligned} \quad (22)$$

Так как синус является периодической функцией, то

$$\begin{aligned} F_{mn} &= \sum_{n=1}^{\infty} a_{m\mu}(\omega) \sin \frac{\pi n \xi}{k+1} \sin \frac{\pi n r}{k+1} = \sum_{q=1}^{2k+1} \sum_{s=1}^{\infty} a_{q+2(k+1)s} \sin \frac{\pi q \xi}{k+1} \sin \frac{\pi q m}{k+1} = \\ &= \sum_{q=1}^k \sum_{s=1}^{\infty} a_{q+2(k+1)s} \sin \frac{\pi q \xi}{k+1} \sin \frac{\pi q m}{k+1} + \sum_{l=k+1}^k \sum_{s=1}^{\infty} a_{q+2(k+1)s} \sin \frac{\pi q m}{k+1} \sin \frac{\pi q \xi}{k+1}. \end{aligned} \quad (23)$$

Пусть  $h = 2k + 2l$ , тогда

$$F_{mn} = \sum_{q=1}^k \sum_{s=1}^{\infty} a_{q+2(k+1)s} \sin \frac{\pi q \xi}{k+1} \sin \frac{\pi q m}{k+1} + \sum_{\xi=1}^k \sum_{s=1}^{\infty} a_{h+2(k+1)s} \sin \frac{\pi q \xi}{k+1} \sin \frac{\pi q m}{k+1}. \quad (24)$$

Из выражения (23) для  $a_{mn}$  следует

$$a_{-h+2(k+1)(s+1)} = a_{h-2(k+1)(s+1)} = a_{h+2(k+1)(s+1)}. \quad (25)$$

Таким образом

$$\begin{aligned} F_{mn} &= \sum_{q=1}^k \sum_{s=1}^{\infty} a_{q+2(k+1)s} \sin \frac{\pi q \xi}{k+1} \sin \frac{\pi q m}{k+1} + \sum_{\xi=1}^k \sum_{s=1}^{\infty} a_{h+2(k+1)s} \sin \frac{\pi q \xi}{k+1} \sin \frac{\pi q m}{k+1} = \\ &= \sum_{q=1}^k \sum_{s=-\infty}^{\infty} a_{h+2(k+1)s} \sin \frac{\pi q s}{k+1} \sin \frac{\pi q n}{k+1}, \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_i(x_p, s_m, \omega^2) - \frac{l}{2} \sum_{\eta=1}^6 \sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^k C_{pq}(\omega) \sin \frac{q\pi\xi}{k+1} \sin \frac{q\pi m}{k+1} R_r = \\ = \frac{l}{2} \sum_{r=1}^6 \sum_{m=1}^k \sum_{\tau=1}^k C_t(\omega) \sin \frac{2\pi\xi}{k+1} \sin \frac{2\pi m}{k+1} R_r, \end{aligned} \quad (27)$$

где

$$\begin{aligned} C_{pq}(\omega) &= \sum_{s=-\infty}^{\infty} a_{q+2(k+1)s}(\omega), \\ C_t(\omega) &= \sum_{s=-\infty}^{\infty} a_{\eta+2(k+1)s}(\omega). \end{aligned} \quad (28)$$

Теперь умножим левую и правую части нашего уравнения на  $\sin \frac{\pi\xi v}{k+1}$  и просуммируем по  $\xi$  от 1 до  $k$

$$\begin{aligned} \sum_{\xi}^k \sin \frac{\pi\xi v}{k+1} \Gamma_i(x_p, s_m, \omega^2) = \frac{l(k+1)}{4} C_{pv}(\omega) \sum_{m=1}^k \sum_{\eta=1}^6 \sin \frac{\pi m v}{k+1} R_r + \\ + \frac{l(k+1)}{4} C_{pv}(\omega) \sum_{m=1}^k \sum_{r=1}^6 \sin \frac{\pi m v}{k+1} R_r. \end{aligned} \quad (29)$$

При этом использовались известные соотношения [1]:

$$\begin{aligned} \sum_{\xi}^k \sin \frac{\pi\xi v}{k+1} \sin \frac{\pi\xi q}{k+1} &= \begin{cases} 0 & (q \neq v) \\ \frac{k+1}{2} & (q = v) \end{cases}, \\ \sum_{\xi}^k \sin \frac{\pi\xi r}{k+1} \sin \frac{\pi\xi q}{k+1} &= \begin{cases} 0 & (r \neq q) \\ \frac{k+1}{2} & (q = r) \end{cases}. \end{aligned} \quad (30)$$

Это соотношение, иногда называемое свойством арифметической ортогональности, впервые было получено в работе [4] и использовано для решения задачи о колебаниях регулярных систем:

$$\sum_{m=1}^k \sum_{r=1}^6 \sin \frac{\pi m v}{k+1} R_r = \frac{\sum_{\xi}^k \sin \frac{\pi\xi v}{k+1} \Gamma_i(x_p, s_m, \omega^2)}{\frac{l(k+1)}{4} [C_{pv}(\omega) + C_{rv}(\omega)]}. \quad (31)$$

Вернемся к рассмотрению (16) с учетом (31), при этом выражение для функции динамической податливости стержня, соединенного со стержнем под углом  $\varphi_p$ , приобретает вид

$$G_i(x, s, \omega^2) = \Gamma_{\mu m}^i(x_p, s_m, \omega^2) - \sum_{\xi=1}^k \sum_{m=1}^k a_{\mu m}(\omega) \frac{\sin \frac{\pi\xi v}{k+1} \sin \frac{\pi x_p v}{l}}{\frac{l(k+1)}{4} [C_{pv}(\omega) + C_{rv}(\omega)]}. \quad (32)$$

или, раскрыв выражение  $\Gamma^i(x_p, s_m, \omega^2)$  по формуле (16), после некоторых преобразований, получим [5]:

$$G_i(x, s, \omega^2) = \sum_{m=1}^{\infty} (a)_m(\omega) \left[ 1 - \frac{1}{\frac{k+1}{4} (C_m(\omega) + C_{\xi}(\omega))} \right] \sin \frac{\pi m x_i}{l} \sin \frac{\pi m s_r}{l}. \quad (33)$$

### Заключение

Таким образом, будем считать решенной задачу о вынужденных колебаниях свободно опертого  $i$ -го стержня, соединенного со стержнями, направленными под углом  $-\varphi$  к оси  $\alpha$ , так как амплитудные перемещения от произвольной нагрузки при известной ФДП могут быть определены интегральной сверткой  $G(x, s, \omega^2)$  от функции нагрузки:

$$y(x) = \int_0^l G(x, s, \omega^2) ds. \quad (34)$$

### Список литературы

1. Москаленко Л.В. О выборе параметров подкрепляющих элементов пластин и оболочек, максимально повышающих жесткость системы систем / Л.В. Москаленко,

Б.П. Умушкин // Научный Вестник МГТУ ГА. Серия Эксплуатация ВТ и ремонт АТ. – 2010. – № 161. – С. 111–118.

2. Вульфсон И.И. Краткий курс теории механических колебаний / И.И. Вульфсон. – М.: ВНТР, 2017. – 241 с.

3. Босьяков С.М. Определение собственных частот свободных колебаний тонкой цилиндрической оболочки из стеклопластика при несимметричных граничных условиях / С.М. Босьяков, В. Чживэй // Вестн. БГУ. Сер. 1. – 2011. – № 1. – С. 110–115.

4. Умушкин Б.П. Оптимизация упругих динамических систем / Б.П. Умушкин // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества. Тезисы докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 85-летию гражданской авиации России. – М.: МГТУ ГА, 2008. – С. 39.

5. Немеребаев М.Н. Динамическая устойчивость сетчатой оболочки из композиционных материалов / М.Н. Немеребаев, Ж.С. Рахманова, А.М. Немеребаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8–1. – С. 25–29.

УДК 666.972

## ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ТВЕРДЕНИИ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**Рахимов М.А., Рахимова Г.М., Тоимбаева Б.М., Жаутикова С.А., Иманов Е.К.**

*Карагандинский государственный технический университет, Караганда,  
e-mail: saltynchik@mail.ru*

В статье представлены исследования прочности бетона при твердении в различных климатических условиях. Авторами проведены исследования с приготовлением бетонной смеси различных составов с добавками и без них при постоянном расходе цемента и постоянной подвижности смеси. Подбор состава бетона производился расчетно-экспериментальным методом. Анализ полученных результатов показывает, что введение в состав бетонной смеси предлагаемой гидрофобизирующей добавки КСИ позволяет повысить прочность бетона в сравнении с контрольной добавкой С-3 и с бетоном без добавок. Повышение прочности бетона с этими добавками объясняется в первую очередь влиянием этих добавок на модифицирование поровой структуры цементного камня. Исследовано влияние продолжительности твердения бетона в присутствии раннего ухода на его прочность в течение 9 месяцев твердения. Результаты показали, что рост прочности бетона без добавок и с добавкой С-3 снижается со временем, в то время как прочность бетона с предлагаемой добавкой повышается. Рассмотрены вопросы влияния предлагаемой добавки на уменьшение массообмена (влагопотери) бетона, количество негидратированных клинкерных минералов. Результаты исследований показали, что предлагаемая гидрофобизирующая добавка оказывает лучший эффект на прочность бетона по сравнению с добавкой С-3.

**Ключевые слова:** прочность бетона, климатические условия, твердение бетона, бетонная смесь, гидрофобизирующая добавка

## STRENGTH OF CONCRETE IN HARDNESS IN VARIOUS CLIMATIC CONDITIONS

**Rakhimov M.A., Rakhimova G.M., Toimbaeva B.M., Zhautikova S.A., Imanov E.K.**

*Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: saltynchik@mail.ru*

The paper presents studies of the strength of concrete during quenching under various climatic conditions. The authors carried out studies with the preparation of a concrete mix of various compositions with and without additives, with a constant flow of cement and constant mobility of the mixture. The choice of concrete was made by the calculation-experimental method. Analysis of the obtained results shows that the introduction of the proposed hydrophobic CSI additive into the concrete mixture allows to increase the strength of concrete in comparison with the control additive C-3 and concrete without additives. The increase in the strength of concrete with these additives is primarily due to the effect of these additives on the modification of the porous structure of the cement stone. The influence of the duration of hardening of concrete was studied in the presence of early care for its strength during 9 months of solidification. The results showed that the increase in the strength of concrete without additives and with the addition of C-3 decreases with time, and the strength of concrete with the proposed additive increases. The questions of the influence of the proposed additive on the reduction of mass transfer (loss of moisture) of concrete, the amount of non-hydrated clinker minerals are considered. The results of the studies showed that the proposed hydrophobic additive better affects the strength of concrete compared with the addition of C-3.

**Keywords:** concrete strength, climatic conditions, hardening of concrete, concrete mixture, hydrophobizing additive

В мире ежегодно при возведении зданий и сооружений укладываются более полутора миллиардов кубических метров бетона. В бывшем Советском союзе ежегодно в строительстве применялось более 250 млн м<sup>3</sup> бетона и железобетона. Современное производство бетона и железобетона тесно связано с широким применением различных химических добавок, которые в малых дозировках позволяют регулировать технологический процесс и получать бетон и железобетон с требуемыми физико-техническими свойствами [1].

Большой вклад в разработку теоретических и практических основ создания и применения добавок в технологии бетона внесли коллективы многих институтов, особенно НИИЖБ Госстроя СССР, ВНИИжелезобетон, НИИцемента, МИСИ, МАДИ, ВНИИГ,

ОИСИ и других, под руководством и при непосредственном участии Л.А. Алимова, Н.В. Ахвердова, Г.И. Горчакова, Б.В. Гусева, Н.Н. Долгополова, Ф.М. Иванова, О.В. Кузнецовина, А.В. Лагойды, Л.А. Малининой, А.П. Меркина, О.П. Мчедлова-Петросяна, Л.П. Орендлихер, А.В. Тринткера, В.Р. Фаликмана, М.И. Хигеровича, С.В. Шестоперова и др.

Значительные исследования проведены за рубежом (В. Адам, И. Боузел, С. Брунауэр, Ф. Вавржин, М. Венюа, Г. Добролюбов, Д. Конрад, Г. Кюль, Ф.М. Ли, Т. Пауэрс, Б. Райхель, В. Рамачандран и др.).

Исторический опыт свидетельствует о том, что за много столетий до нашего времени практиковалось применение органических веществ в качестве добавок [2]. В настоящее время номенклатура рекомен-

двух добавок включает несколько сот наименований, особое место среди которых занимают добавки, содержащие в своем составе гидрофобизирующие ингредиенты, получаемые из продуктов и отходов нефтехимического синтеза, масложировой и целлюлозно-бумажной промышленности. Они не дефицитны, дешевы и не вызывают интоксикации организма человека [3]. Кроме того, они положительно влияют на физико-технические свойства бетона и железобетона не только в ранние сроки, но и на весь период эксплуатации их в строительных объектах.

В настоящее время в перспективе для изготовления гидрофобизирующих добавок имеется широкая сырьевая база, стоимость которой сравнительно невысокая.

В пятидесятых годах профессор М.И. Хигерович впервые применил гидрофобизирующие добавки при изготовлении гидрофобного цемента. Гидрофобизатор вводили в мельницу при сухом помоле цементного клинкера. Для качества гидрофобизатора применялись нафтеновые или синтетические жирные кислоты, которые в силу своей природы в воде не растворяются.

Результаты экспериментальных и теоретических исследований, опыта и применение гидрофобного цемента в бетонах показали эффективность в решении разнородных задач, связанных с улучшением технологии цементов, бетонов и растворов, с обеспечением их долговечности в конструкциях и сооружениях и в получении экономических выгод [3].

В последние десятилетия ассортимент гидрофобизирующих веществ заметно расширился за счет использования продуктов нефтехимического синтеза и продуктов, получаемых при неглубокой переработке нефти. По способу получения эти вещества подразделяют на следующие основные группы – битумные дисперсии (эмульсии, эмульсосуспензии, пасты); стеариновая пальмитиновая, олеиновая и нафтенная кислоты; абеитиновые, канифольные и нафтенные мыла; окисленные петролатумы; кремний-органические полимеры [4].

Способность материалов сопротивляться разрушению от действия внутренних напряжений, возникающих в результате действия на них внешних сил, называют прочностью [5]. Определяющими факторами высокой прочности бетонов можно назвать прочность цементного камня и контактного слоя его с заполнителем [5]. Прочность цементного камня определяется в основном прочностью на контактах между новообразованиями и плотностью упаковки в объеме.

Специфика бетона состоит в том, что достичь повышения прочности можно, лишь выполнив целый комплекс мероприятий, среди которых наиболее важные: снижение водопотребности бетонной смеси не менее 10%, обеспечение высокой подвижности в момент укладки, создание условий твердения, предотвращающих раннее обезвоживание бетона, интенсификация процесса твердения и создание защитных свойств бетонной смеси.

Изделия, изготовленные из бетонных смесей, могут изменять свои свойства в различных условиях эксплуатации. В разных случаях воздействие может быть различным: как благоприятные, оказывающие влияние на твердение, так и наоборот, вызывающие замедление роста прочности, ухудшающие структуру и снижающие качество бетона [6].

На прочность бетона оказывают влияние и его составляющие: сцепление между заполнителями и цементным камнем, оказывающие влияние на плотность структуры бетона. Также на прочность бетона оказывают влияние технологические способы уплотнения, его однородность, возраст, влажность, условия твердения и т.п.

В настоящем разделе рассмотрен вопрос твердения бетона в различных климатических условиях с целью определения оптимальной прочности отвердевших бетонов с различными добавками и без добавок.

Рассмотрен процесс твердения бетона в различных климатических условиях с целью определения оптимальной прочности отвердевших бетонов с различными добавками и без добавок.

Для проведения исследований готовили бетонную смесь состава 1:2, 28:4 с добавками и без них при постоянном расходе цемента 300 кг/м<sup>3</sup> и постоянной подвижности смеси равной 3–4 см по осадке стандартного конуса для всех составов с некоторой корректировкой воды затворения для сравнения результатов. Подбор состава бетона производился расчетно-экспериментальным методом [7] согласно ГОСТ 27006. Результаты испытания образцов бетона на прочность при сжатии в течение 6 месяцев твердения в нормальных условиях приведены в табл. 1.

Из данных таблицы видно, что введение в состав бетонной смеси предлагаемой гидрофобизирующей добавки КСИ позволяет повысить прочность бетона при сжатии (М-200) в течение 28 суток твердения в нормальных условиях соответственно на 13% в сравнении с бетоном без добавок. В то же время контрольная добавка С-3 повышает его прочность на 26% в сравнении с бетоном без добавок.

Необходимо отметить, что предлагаемая гидрофобизирующая добавка КСИ способствует повышению прочности бетона при продолжительности его твердения в нормальных условиях и в возрасте 180 суток, позволяет повысить его прочность при сжатии соответственно на 18%, а контрольная добавка С-3 повышает его прочность в таком возрасте на 31% в сравнении с бетоном без добавки. Повышение прочности бетона с этими добавками объясняется в первую очередь влиянием этих добавок на модифицирование поровой структуры цементного камня.

Однако интерес представляет вопрос влияния предлагаемых гидрофобизирующих добавок на кинетику нарастания прочности бетона. Это наиболее важный спектр перечисленных проблем, поскольку, если эти добавки не будут предотвращать дефекты воздействия климата, то выполнение остальных требований теряет смысл.

В связи с этим нами исследовано влияние разработанной добавки на кинетику нарастания прочности бетона при продолжительности его твердения, а также в присутствии раннего ухода.

Из данных результатов установлено, что гидрофобизирующая добавка КСИ позволяет повысить прочность бетона при сжатии в возрасте 1 месяца твердения без ухода за ним на 12%, в то время как контрольная добавка С-3 повышает его прочность соответственно на 13% в сравнении с бетоном без добавок.

Интерес представляет влияние продолжительности твердения бетона в указанных условиях в течение 9 месяцев, где видно, что 1 месяц твердения в этих условиях рост прочности бетона без добавок исчезает, а после 5 месяцев твердения его прочность начинает уменьшаться и в возрасте 9 месяцев его прочность уменьшается на 6% в сравнении с его прочностью в возрасте 1 месяца твердения. Также интерес представляет снижение прочности бетона с добавкой С-3 после 3 месяцев твердения в указанных условиях, а в возрасте 9 месяцев прочность бетона с добавкой С-3 снижается на 5% в сравнении с его прочностью в возрасте 3 месяцев. Такой характер снижения прочности бетона при продолжительности его твердения в указанных условиях не наблюдается в присутствии предлагаемой гидрофобизирующей добавки КСИ, которая повышает прочность бетона в возрасте 9 месяцев соответственно на 18%, но контрольная добавка С-3 повышает его прочность в таком возрасте на 17% в сравнении с бетоном без добавок. При этом установлено, что добавка КСИ оказывает лучший эффект на повышение прочности бетона без ухода по сравнению с контрольным.

В связи с этим нам необходимо было рассмотреть влияние раннего ухода за бетоном, при увлажнении поверхности образцов бетона водой в течение 3 суток после укладки. Эти исследования представляют интерес из-за того, что технолог должен знать влияние такого раннего ухода за бетоном на его прочность при продолжительности его твердения в указанных условиях.

Из данных результатов установлено, что применение раннего ухода за бетоном приводит к повышению его прочности при сжатии в возрасте 28 суток твердения в указанных условиях на 15% в сравнении с его прочностью при твердении без раннего ухода.

Также установлено, что предлагаемая гидрофобизирующая добавка КСИ позволяет повысить прочность бетона в возрасте 28 суток твердения в присутствии раннего ухода за ним соответственно на 13%, но контрольная добавка С-3 повышает его прочность в таком возрасте на 21% в сравнении с бетоном без добавок. Однако интерес представляет влияние продолжительности твердения бетона в присутствии раннего ухода на его прочность в течение 9 месяцев твердения, из которого видно, что рост прочности бетона без добавок и с добавкой С-3 снижается со временем, а такой характер ранее не наблюдали с гидрофобизирующей добавкой, которая повышает прочность бетона в возрасте 9 месяцев на 22% в сравнении с бетоном без добавок. В то же время контрольная добавка С-3 повышает его прочность на 25%.

Повышение прочности монолитного бетона, модифицированного добавкой КСИ в присутствии предлагаемого раннего ухода за бетоном объясняется влиянием этой добавки на уменьшение массообмена (влагопотери) бетона, количество негидратированных клинкерных минералов, а также эффектом гидрофобизации внутренних капилляров и пор цементного камня. При этом можно утверждать, что предлагаемая гидрофобизирующая добавка оказывает лучший эффект на прочность бетона по сравнению с добавкой С-3. Однако прочность бетона, твердеющего в присутствии предлагаемого ухода, меньше, чем его прочность в нормальных условиях, на 20% с добавкой и на 27% с бетоном без добавок.

Таким образом, возникает необходимость применения солей неорганических кислот, так как любые ПАВ замедляют сроки схватывания цементного теста и темп роста прочности в раннем возрасте [7]. То есть если и не будет достигнут эффект синергизма в исследуемом комплексе, то проблему ускорения твердения в частных случаях необходимо будет решать.

**Таблица 1**

Влияние предлагаемых гидрофобизирующих добавок на прочность цементного бетона М-200 при продолжительности его твердения в нормальных условиях

Количество и вид добавки	В/Ц	ОК, см	Прочность бетона при сжатии, Мпа в возрасте, сутки						
			3	7	28	90	120	150	180
1. Без добавки (контрольный)	0,64	3-4	$\frac{13,2}{1,00}$	$\frac{16,4}{1,00}$	$\frac{21,2}{1,00}$	$\frac{22,4}{1,00}$	$\frac{22,7}{1,00}$	$\frac{22,6}{1,00}$	$\frac{22,8}{1,00}$
2. 0,6% С-3	0,51	3-4	$\frac{16,7}{1,26}$	$\frac{20,6}{1,26}$	$\frac{26,8}{1,26}$	$\frac{29,8}{1,31}$	$\frac{29,8}{1,31}$	$\frac{30,0}{1,33}$	$\frac{30,0}{1,31}$
3. 0,4% КСИ	0,53	3-4	$\frac{14,1}{1,07}$	$\frac{17,9}{1,07}$	$\frac{23,9}{1,13}$	$\frac{25,9}{1,16}$	$\frac{26,3}{1,16}$	$\frac{26,6}{1,18}$	$\frac{26,9}{1,18}$

**Таблица 2**

Стойкость бетона, модифицированного добавкой КСИ

№ п/п	Наименование добавки	Дозировка от массы цемента, %	В/Ц	ОК, см	Rсж, Мпа до испытания	R*сж, Мпа после испытания	$K_c = \frac{R^*}{R}$
1	Без добавки (контрольный)	–	0,64	3-4	$\frac{14,60}{1,00}$	$\frac{18,00}{1,00}$	1,233
2	С-3	0,6	0,51	3-4	$\frac{17,7}{1,21}$	$\frac{24,52}{1,37}$	1,391
3	КСИ	0,4	0,54	3-4	$\frac{18,10}{1,24}$	$\frac{26,10}{1,45}$	1,442

Примечание. Kс – коэффициент стойкости бетона.

**Таблица 3**

Стойкость бетона, модифицированного добавкой КСИ

№ п/п	Наименование добавки	Дозировка от массы цемента, %	В/Ц	ОК, см	Rсж, Мпа до испытания	R*сж, Мпа после испытания	$K_c = \frac{R^*}{R}$
1	Без добавки (контрольный)	–	0,64	3-4	$\frac{16,80}{1,00}$	$\frac{20,20}{1,00}$	1,202
2	С-3	0,5	0,51	3-4	$\frac{21,40}{1,27}$	$\frac{27,90}{1,38}$	1,304
3	КСИ	0,4	0,54	3-4	$\frac{21,80}{1,30}$	$\frac{28,70}{1,42}$	1,317

Результаты испытаний образцов бетона, модифицированного гидрофобизирующей добавкой КСИ, и без добавок на прочность при сжатии до испытания и после испытания (после 50 циклов увлажнения и высыхания) приведены в табл. 2 и 3.

Из данных табл. 2 установлено, что прочность бетона без добавок после 50 циклов увлажнения и высыхания значитель-

но повышается на 23% в сравнении с его прочностью до испытания. Также видно, что прочность бетона, модифицированного добавкой КСИ, после этих испытаний существенно повышается соответственно на 45% в сравнении с бетоном без добавок. В то время как контрольная добавка С-3 позволяет повысить прочность бетона после указанных испытаний соответственно

на 37% в сравнении с бетоном без добавок. При этом коэффициент стойкости бетона с добавкой МСМ повышается на 45% в сравнении с бетоном без добавок.

Из данных табл. 3 установлено, что введение предлагаемой добавки КСИ в состав бетона, твердеющего в условиях с уходом за ним, позволяет повысить его прочность после 50 циклов испытания соответственно на 42% в сравнении с бетоном без добавок, а также на 32% в сравнении с его прочностью до испытания, что приводит к повышению его стойкости в указанных условиях на 42–73% в сравнении с бетоном без добавок.

Повышение стойкости бетона, модифицированного указанными добавками, после 50 циклов увлажнения и высыхания объясняется установлением процесса гидратации негидратированных клинкерных минералов цемента при насыщении образцов водой, который практически остановился вследствие интенсивного испарения влаги из свежеуложенного бетона, а также объясняется

влиянием этих добавок на модифицирование поровой структуры бетона и уменьшение его массообмена в этих условиях.

#### Список литературы

1. Эффективность применения комплексных добавок ПАВ и электролитов / Б.Д. Тринкер [и др.] // Бетон и железобетон. – 2007. – № 10. – С. 12–13.
2. Байджанов Д.О., Малышев О.А. Экструзионный бетон. Модифицированный (Теория и практика): монография предназначена для преподавателей, докторантов, магистрантов и студентов строительных специальностей. – Караганда: КарГТУ, 2013. – 217 с.
3. Алимов Л.А., Воронин В.В. Технология строительных изделий и конструкций. Бетонведение: учебник для студентов, магистрантов и аспирантов вузов. – М.: Академия, 2015. – 424 с.
4. Добавки в бетон. Справочное пособие / В.С. Рамачандран [и др.]. – М.: Стройиздат, 2008. – 575 с.
5. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Издательство АСВ, 2013. – 490 с.
6. Чаус К.В., Чистов Ю.Д., Лабзина Ю.В. Технология производства строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Стройиздат, 1988. – 448 с.
7. Рагинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 2009. – 188 с.

УДК 620.22:617

## ПОКРЫТИЯ С АЛМАЗОПОДОБНЫМ УГЛЕРОДОМ – МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ И ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ

<sup>1</sup>Рубштейн А.П., <sup>1</sup>Владимиров А.Б., <sup>2</sup>Ганжа А.А., <sup>3</sup>Гюльназарова С.В., <sup>4</sup>Пушкар С.С.

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт физики металлов им. М.Н. Михеева» Уральского отделения  
Российской академии наук, Екатеринбург, e-mail: rubshtein@imp.uran.ru;

<sup>2</sup>ГБУЗ СО ЦСВМП «УИТО им. В.Д. Чаклина», Екатеринбург, e-mail: gans\_aa@mail.ru;

<sup>3</sup>Уральский государственный медицинский университет МЗ России,  
Екатеринбург, e-mail: yand@pm.convex.ru;

<sup>4</sup>ООО «Нараяма», Москва, e-mail: sergey\_8284@mail.ru

Исследования остеоиндуктивных свойств алмазоподобных углеродных покрытий в экспериментах *in vivo* показали, что они направленно действуют на дифференцирование клеток костного мозга в остеогенном направлении и способствуют формированию внеклеточного матрикса и его минерализации. В настоящей работе представлены технологические особенности осаждения биосовместимых покрытий с алмазоподобным углеродом на перкутантные фиксаторы из нержавеющей стали, дентальные имплантаты и стержни из титанового сплава. Вакуумное ионно-плазменное осаждение градиентных слоев и многослойных покрытий толщиной не более 3 мкм основано на поочередном или одновременном распылении титанового и графитового катодов дуговым и импульсно-дуговым способом соответственно. Использованный метод осаждения позволяет осаждать покрытия с шероховатостью поверхности от наноуровня до микронного масштаба, которая способствует хорошей адгезии и пролиферации клеток. На опытные образцы фиксаторов и дентальных имплантатов нанесены многослойные покрытия с верхним слоем из алмазоподобного углерода. Ограниченная клиническая апробация опытных образцов с покрытием показала перспективность использования таких покрытий для внутрикостных погружных имплантатов. Осаждение покрытий на фиксаторы обеспечило снижение выраженности костной резорбции вокруг спиц в 3,5 раза. Для дентальных имплантатов получены положительные результаты воздействия имплантата с покрытием на трабекулярную кость.

**Ключевые слова:** многослойное покрытие, алмазоподобный углерод, фиксаторы, дентальные имплантаты

## COATINGS WITH DIAMOND-LIKE CARBON – MATERIAL FOR ORTHOPEDIC AND DENTAL IMPLANTS

<sup>1</sup>Rubshteyn A.P., <sup>1</sup>Vladimirov A.B., <sup>2</sup>Ganzha A.A., <sup>3</sup>Gyulnazarova S.V., <sup>4</sup>Pushkar S.S.

<sup>1</sup>M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, e-mail: rubshtein@imp.uran.ru;

<sup>2</sup>V.D. Chaklin Ural Institute of Traumatology and Orthopedic, Ekaterinburg, e-mail: gans\_aa@mail.ru;

<sup>3</sup>Ural State Medical University, Ekaterinburg, e-mail: yand@pm.convex.ru;

<sup>4</sup>Ltd. Company «Narayama», Moscow, e-mail: sergey\_8284@mail.ru

Studies of the osteoinductive properties of diamond-like carbon coatings *in vivo* have shown that they influence on the differentiation of bone marrow cells in the osteogenic direction and contribute to the formation of extracellular matrix and its mineralization. The details of deposition conditions of biocompatible coatings with diamond-like carbon on medical parts such as percutaneous fixers of stainless steel, rods and dental implants of titanium alloy are presented. Vacuum ion-plasma deposition of the gradient layers and multilayer coatings of thickness not more than 3 mcm bases on alternating or simultaneous sputtering of titanium and graphite cathodes by arc and pulsed arc technique, respectively. The used deposition condition allows deposition of coatings with a surface roughness from the nanoscale to a micron scale, which promotes good cell adhesion and proliferation. Multilayer coating with a top layer of diamond-like carbon was deposited on prototype fixers and dental implants. Limited clinical approbation of prototypes with coating showed the prospects of using such coatings for intraosseous immersed implants. The deposition of coatings on the fixers provided a reduction of bone resorption around the fixers by a factor of 3.5. For dental implants, positive results of the implant with a coating on the trabecular bone were obtained.

**Keywords:** multilayer coating, diamond-like carbon, fixer, dental implant

Основными материалами для изготовления ортопедических и дентальных внутрикостных имплантатов являются нержавеющие стали, титан и его сплавы. Длительное пребывание металлических имплантатов в агрессивной среде организма приводит к коррозии и, как следствие, попаданию металлических ионов в окружающую ткань. Это может вызывать резорбцию костной ткани вокруг имплантата, его расшатыва-

ние, что повышает риск отторжения, воспаления, необходимости проведения дорогостоящих повторных операций. Улучшить остеointegrацию металлических имплантатов можно нанесением на их поверхность биологически совместимых покрытий.

Углерод – уникальный химический элемент, отличающийся разнообразием химических соединений. До недавнего времени были известны две кристаллические формы

углерода – графит и алмаз. Исследования последних нескольких десятилетий привели к открытию фуллеренов, углеродных нанотрубок, графена. Кроме того, в конце 70-х гг. XX в. были осаждены пленочные углеродные структуры с набором свойств, характерных для алмаза, благодаря которым они получили название «алмазоподобные». Открытие новых углеродных материалов привело к интенсивному изучению их свойств и дало импульс к поиску областей их практического использования.

Впервые исследование биологической совместимости алмазоподобных углеродных пленок (АУП) было проведено в 1991 г. [1]. В течение последующих лет были опубликованы десятки работ, результаты которых подтвердили биосовместимость АУП с клетками различных линий. Однако вследствие большого разнообразия методов получения таких пленок в настоящее время нет систематических данных по влиянию их состава, структуры, физико-химических характеристик на биомедицинские свойства. Систематизация данных также затруднена из-за того, что в каждой экспериментальной работе применяется свой комплекс методов исследования, а также клетки различных линий.

Анализируя экспериментальные работы по АУП, можно отметить, что большинство работ посвящено исследованию адгезии клеток и их морфологии после культивирования в течение одного-трех дней. Установлено, что АУП не снижают адгезию клеток по сравнению с медицинскими пластиками (полиметилметакрилат, политетрафторэтилен, полистирол), нержавеющей сталью и титаном. Для АУП свойственны и типичные закономерности адгезии клеток, в частности повышение их гидрофильности вследствие роста шероховатости, введения других элементов, ультрафиолетовой обработки и т.д., улучшает адгезию клеток.

АУП, осажденные на гладкие полированные поверхности различных материалов, имеют шероховатость от наноуровня до микронного масштаба. На таких поверхностях клетки хорошо распластаются и имеют нормальную морфологию. Во всех работах по исследованию АУП отмечается, что адгезирующие на их поверхность клетки жизнеспособны и способны к пролиферации [2].

Для ортопедических и дентальных имплантатов предпочтительны пленки, не вызывающие резорбцию костной ткани, и улучшающие их остеоинтеграцию. Термин «остеоинтеграция» ввел Р.-И. Branemark [3], который создал цельную концепцию имплантации дентальных металлических им-

плантатов. Позже было сформулировано биологическое определение: «остеоинтеграция – это прямая структурная и функциональная связь между структурированной, живой костью и поверхностью несущего нагрузку имплантата».

Для остеоинтеграции имплантатов желательнее, чтобы их поверхность обладала остеокондуктивными, остеоиндуктивными свойствами, а также активировала остеогенез. Оригинальные исследования остеоиндуктивных свойств АУП в экспериментах *in vivo* при сроках имплантации до одного года показали, что они направленно действуют на дифференцирование клеток костного мозга в остеогенном направлении и способствуют формированию внеклеточного матрикса и его минерализации [4–6].

Цель настоящей работы – на практических примерах показать перспективность использования биосовместимых покрытий с алмазоподобным углеродом в биомедицине. В работе также приведены технологические особенности нанесения покрытий на разные материалы и изделия.

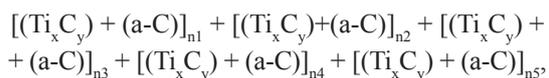
#### Материалы и методы исследования

Покрытия с алмазоподобным углеродом наносили в установке УВНИПА-001. Вакуумная камера установки снабжена источником газовых ионов, дуговым источником распыления металлов, импульсно-дуговым источником распыления графита. Для равномерного осаждения покрытий по всей поверхности имплантатов установка оснащена держателем карусельного типа.

*Перкутанные фиксаторы.* Для экспериментов использовали стандартные спицы для чрескостного остеосинтеза диаметром 1,8 мм из сплава железа 12Х18Н9Т и стержни диаметром 6 мм из сплава титана. Перед осаждением пленок спицы и стержни очищали в смеси дистиллированной воды и этанола в ультразвуковой камере. После высушивания на воздухе они помещались в рабочую вакуумную камеру. По достижении в рабочей камере давления  $P = 6 \times 10^{-2}$  Па включали источник газовых ионов для удаления загрязненных поверхностных слоев ускоренными ( $E = 4$  кэВ) ионами  $Ag^+$ . В результате травления с поверхности удалялся слой толщиной не более 100 нм. Далее включали источник дугового распыления металла с магнитной сепарацией потока ионов и наносили адгезионный слой титана толщиной от 20 до 30 нм. Не прерывая работу дугового источника, включали импульсно-дуговой источник. При одновременной работе двух источников осаждали титан-углеродный слой Ti-C. Повышая частоту импульсно-дугового источника от 3 до 25 Гц, получали переходный слой с градиентом концентрации углерода по толщине. По достижении нужной толщины переходного Ti-C слоя (~100 нм) отключали дуговой источник и осаждали верхний слой из алмазоподобного углерода. Общая толщина многослойного покрытия не превышала 1,5 мкм. В каждое напыление устанавливали образцы-свидетели для выборочного контроля толщины (сканирующая электронная микроскопия), твердости (метод наноиндентирования) и шероховатости (атомно-си-

ловая микроскопия) покрытия. Метод Рамановской спектроскопии использовали для определения соотношения  $sp^3/sp^2$ , где  $sp^3$  и  $sp^2$  – тип гибридной связи между атомами углерода в алмазоподобном углеродном слое (тетраэдрическая и тригональная координация атомов соответственно).

*Дентальные имплантаты.* Особенность осаждения покрытия на дентальные имплантаты из титанового сплава состояла в следующем. После аналогичных для фиксаторов этапов очистки поверхности и нанесения титанового подслоя наносили многослойную наноламинарную пленку:



где  $a-C$  – слой алмазоподобного углерода;  $n$  – количество парных слоев;  $x, y$  – содержание титана и углерода в  $Ti_xC_y$  соответственно;  $n1, n2, \dots, n5$  – блоки по пять парных слоев, осажденных при частоте импульсно-дугового источника 1, 3, 5, 10 и 15 Гц соответственно.

В таких условиях осаждения количество титана в  $Ti_xC_y$  слоях одного блока остается постоянным, постепенно уменьшаясь в каждом последующем блоке за счет роста частоты импульсно-дугового источника от 1 до 15 Гц. Таким образом, блок  $n5$  включает  $Ti_xC_y$  слои с максимальным содержанием углерода. После осаждения многослойной наноламинарной пленки дуговой источник отключался. Непрерывная работа импульсно-дугового источника приводила к осаждению верхнего слоя из алмазоподобного углерода. Общая толщина покрытия не превышала 3 мкм.

*Характеристики пленок.* Во всех многослойных покрытиях, осаждаемых на поверхность имплантатов, верхний слой состоял из алмазоподобного углерода. Таким образом, при хирургическом внедрении имплантатов с многослойным покрытием в живой организм биологическая ткань непосредственно контактирует только с алмазоподобным углеродом. Поэтому приведем некоторые характеристики АУП, осаждаемых приведенным выше способом. По данным Рамановской спектроскопии, количество  $sp^3$ -связанного углерода в них составляет 70–80%. Рельеф поверхности АУП включает гладкие участки с шероховатостью 20–30 нм, которые окружены цепочками пиков высотой 100–200 нм. Кроме того, осаждение АУП в условиях нефильтрованного пучка ионов углерода приводит к росту отдельных пирамидальных выступов высотой, сравнимой с толщиной пленки. Шероховатость от наноуровня до микронного масштаба способствует хорошей адгезии и пролиферации клеток [7]. Твердость пленок находилась в интервале 28–36 ГПа. Твердость многослойных структур в целом не превышала 21 ГПа.

Доклинические исследования *in vivo*, проведенные ранее, не выявили общих, воспалительных и токсических реакций на имплантаты с алмазоподобным углеродным покрытием [8, 9]. В соответствии с разрешением этического комитета ФГБУ «Уральский НИИ травматологии и ортопедии им. В.Д. Чаклина» МЗ РФ (г. Екатеринбург) была проведена ограниченная клиническая апробация имплантатов с алмазоподобным углеродным покрытием.

В 2013 г. на базе ООО «Частная Стоматология», г. Еманжелинск, была проведена первая клиническая апробация дентальных имплантатов из сплава титана с АУП. На основании положительных результатов

остеоинтеграции дентальных имплантатов с АУП получен патент РФ № 2571559. В 2015 г. создано ООО «Нараяма», на базе которого выполняются проекты, направленные на исследование биомедицинских характеристик дентальных имплантатов с углеродным нанопокрывтием.

### Результаты исследования и их обсуждение

*Апробация фиксаторов.* Клиническая апробация перкутантных фиксаторов с покрытием проведена у пациентов с ложными суставами большеберцовой кости, осложненными иммобилизационным остеопорозом. У 12 пациентов применили стандартные спицы диаметром 1,8 мм из стали 12Х18Н9Т и стержни из сплава титана, а у 10 человек аналогичные спицы и стержни имели многослойное покрытие с верхним слоем из алмазоподобного углерода. Спицы вводили в голень на уровне обоих метафизов и диафиза берцовых костей, закрепляли в аппарате Илизарова и разрешали пациентам нагрузку поврежденной конечности. Голень фиксировали аппаратом до наступления сращения костных отломков. После демонтажа аппарата оценивали диаметр каждого спицевого канала, используя метод мультиспиральной компьютерной томографии. Результаты сравнительного исследования показали, что костная резорбция вокруг фиксаторов, являющаяся типичной реакцией костной ткани на металлическое инородное тело (а именно спицу), оказалась принципиально различной. При использовании спиц с АУП резорбция кости в интерфейсе «имплантат – кость» составила 11,67%, в то время как применение стандартных спиц характеризовалось высокими цифрами костной резорбции, составившей 41,67%. Таким образом, осаждение АУП на фиксаторы обеспечило снижение выраженности костной резорбции вокруг спиц в 3,5 раза в сравнении с пациентами, которых лечили с использованием стандартных спиц. Это позволило значимо улучшить условия сращения костных отломков даже в условиях остеопороза. Какие-либо воспалительные или аллергические реакции не были выявлены ни у одного пациента при использовании фиксаторов с АУП. Кроме того, применение покрытий с низким коэффициентом трения обеспечивает атравматичность введения стандартных фиксирующих элементов при чрескостном остеосинтезе. На рис. 1 представлены томограммы спицевых каналов после удаления фиксаторов без покрытия и с покрытием. Диаметр каналов составил 2,2 мм (рис. 1, а) и 1,8 мм (рис. 1, б) соответственно.

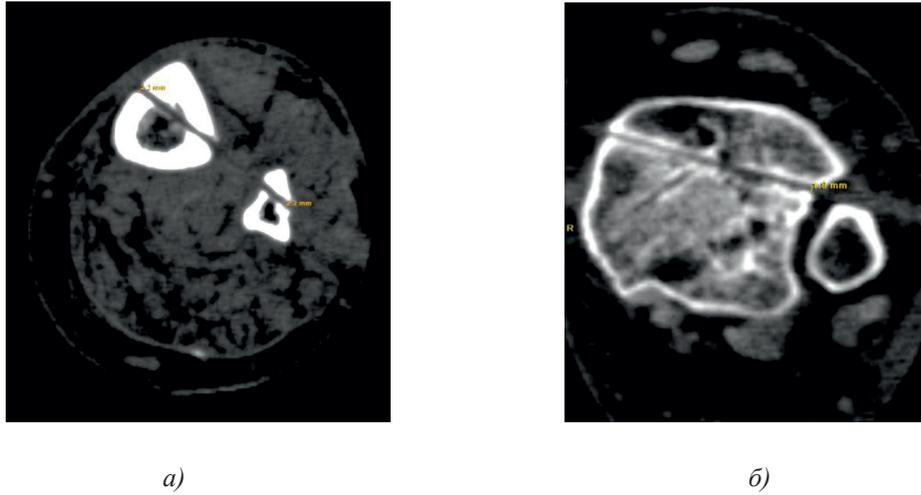


Рис. 1. КТ спицевых каналов большеберцовой кости после удаления спиц без покрытия (а) и с покрытием (б)

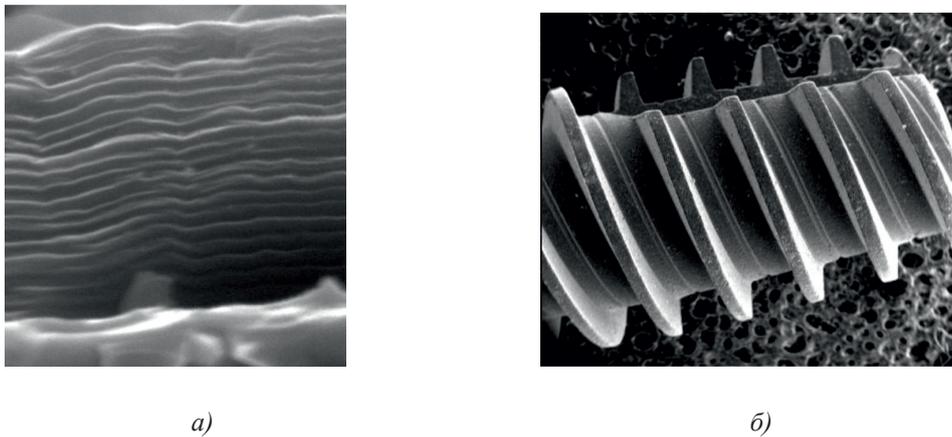


Рис. 2. Поперечное сечение многослойного покрытия толщиной 3 мкм (а) и зубной имплантат с покрытием (б)

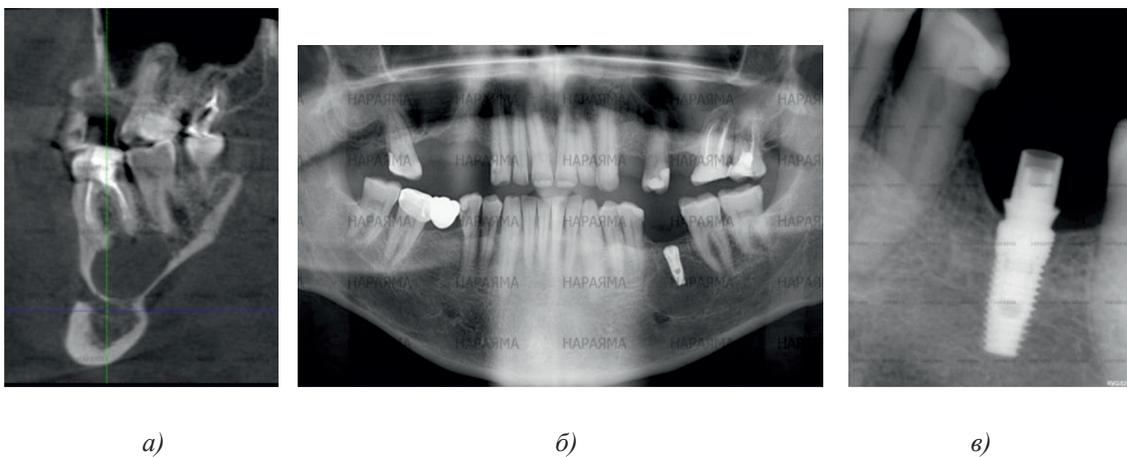


Рис. 3. Клинический пример применения зубного имплантата с АУП:  
а – поврежденный зуб; б – рентгенологический снимок спустя 5 дней после операции;  
в – состояние имплантата и кости через 24 недели

*Апробация дентальных имплантатов.*

Многослойное покрытие наносилось на дентальные имплантаты из сплава титана (Grade 4, Grade 5) по методике, описанной выше. Излом многослойного покрытия приведен на рис. 2, а. На рис. 2, б, представлен стоматологический имплантат с покрытием.

Имплантаты с покрытием были установлены волонтерам с их письменного согласия. Имплантное ложе формировалось фрезами с возрастающей последовательностью размеров с шагом 0,5 мм при скорости не более 800 об/мин с водяным охлаждением. Установка имплантата производилась имплантологическим диспансером при усилии 20 Н и скорости вращения 50 об/мин. Контрольные сроки риска миграции (изменения местоположения) имплантата составили 2, 8 и 24 недели. Через 2 недели после установки имплантатов с покрытием наблюдалась хорошая вторичная их фиксация в имплантном ложе. В течение последующего (более 24 недель) наблюдения ни у одного из пациентов не было обнаружено признаков миграции, отторжения, воспаления, нагноения, а также аллергических реакций.

По результатам остеоинтеграции дентальных имплантатов с АУП в сложных клинических случаях приведем пример одного из них. Пациенту 45 лет с диабетом был удален 6 зуб с радикулярной кистой. Была проведена стандартная процедура очистки кисты через корневой канал. Одномоментно без использования искусственной кости был установлен имплантат 4x10 мм с многослойным покрытием. Стабильность имплантата наступила в течение 5 дней. Последующие наблюдения не выявили признаков его миграции. Приведенные на рис. 3 рентгенограммы показывают положительные результаты воздействия имплантата с покрытием на трабекулярную кость.

**Заключение**

Апробация опытных образцов внутрикостных имплантатов с многослойными покрытиями, верхний слой которых состоял из алмазоподобного углерода, показала перспективность их использования в биомедицине.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Спин», № АААА-А18-118020290104-2) при частичной поддержке РФФИ (проект № 17-58-53076).*

**Список литературы**

1. Thomson L.F., Law F. C., Rushton N. et al. Biocompatibility of diamond-like carbon coatings. *Biomaterials*, 1991, v. 12, P. 37–40.
2. Salgueiredo E., Vila M., Silva M.A. et al. Biocompatibility evaluation of DLC-coated Si3N4 substrate for biomedical application. *Diamond and Related Materials*, 2008, v. 17, P. 878–881.
3. Albrektsson T., Branemark P.-I. et. al. The interface zone of inorganic implants In vivo: Titanium implants in bone. *Biomedical and life sciences annals of biomedical engineering*, 1983, P. 1–27.
4. Liao T.T., Zhang T.F., Li S.S., Deng Q.Y., Wu B.J., Zhang Y.Z., Zhou Y.J., Guo Y.B., Leng Y.X., Huang N. Biological responses of diamond-like carbon (DLC) films with different structures in biomedical application. *Materials Science and Engineering: C*, 2016, v. 69, P. 751–759.
5. Rubstein A.P., Makarova E.B., Trakhtenberg I.Sh., Kudryavtseva I.P., Bliznets D.G., Philippov Yu.I., Shlykov I.L. Osseointegration of porous titanium modified by diamond-like carbon and carbon nitride. *Diamond and Related Materials*, 2012, v. 22, P. 128–135.
6. Penkov O.V., Pukha V.E., Starikova S.L., Khadem M., Starikov V.V., Maleev M.V., Kim D.E. Highly wear-resistant and biocompatible carbon nanocomposite coatings for dental implants. *Biomaterials*, 2016, v. 102, P. 130–136.
7. Vilardell A.M., Cinca N., Garcia-Giralt N., Dosta S., Cano I.G., Nogués X., Guilemany J.M. Functionalized coatings by cold spray: An in vitro study of micro- and nanocrystalline hydroxyapatite compared to porous titanium. *Materials Science and Engineering: C*, 2018, v. 87, P. 41–49.
8. Биомплантаты на основе пористого титана с алмазоподобными пленками для замещения костной ткани / А.П. Рубштейн, Э.Б. Макарова, И.Ш. Трахтенберг, Ю.М. Захаров. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. – 137 с.
9. Ганжа А.А. Применение при чрескостном остеосинтезе спиц и стержней с наноструктурированными углеродными покрытиями в условиях остеопороза (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Пермь, 2016. – 23 с.

УДК 616-072.7:612.112

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕЧЕНИЯ ЛЕЙКОЦИТОВ  
РАДИОФАРМАПРЕПАРАТОМ «18-ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗА»  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ  
ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ И ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ  
ПРИ ПЭТ/КТ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Ахетов А.А., Шаназаров Н.А., Садуакасова А.Б., Тлеулесова И.К.,  
Душняк Л.В., Люгай Е.А., Фет М.М., Сейдалин Н.К.**

*Больница Медицинского Центра управления делами Президента РК, Астана,  
e-mail: nasrulla@inbox.ru*

Проведен анализ применения методики проведения ПЭТ/КТ исследования с мечеными 18F-FDG лейкоцитами с целью дифференциальной диагностики воспалительных заболеваний и злокачественных новообразований. Проведен анализ причинно-следственной зависимости накопления меченных 18F-FDG лейкоцитов в ткани селезенки с эквивалентной дозой радиоактивности. Отмечено повышение накопления РФП в случае мечения лейкоцитов в паренхиме селезенки в среднем на 57,1%, что подтверждает связывание лейкоцитов крови с РФП. Установлено повышение накопления меченных лейкоцитов в ткани селезенки с одновременным снижением накопления в паренхиме печени. Проведен корреляционный анализ зависимости накопления РФП в паренхиме селезенки. Отмечена средняя отрицательная корреляция между накоплением РФП в ткани селезенки и введенной дозой радиоактивности препарата, это свидетельствует о том, что количественное накопление РФП в ткани селезенки достоверно не зависит от дозы введенного препарата. Количественное накопление РФП в ткани селезенки не зависит от дозы введенного препарата, отмечается корреляция дозы меченных 18F-FDG лейкоцитов, с накоплением препарата в паренхиме селезенки. Методика мечения РФП – 18 FDG лейкоцитов дает основу для разработки критериев дифференциальной диагностики между злокачественными и воспалительными заболеваниями.

**Ключевые слова:** ПЭТ/КТ, меченые лейкоциты, 18-фтордезоксиглюкоза (18-ФДГ)

**THE USAGE OF TECHNOLOGY OF LABELING LEUKOCYTES  
BY «18-FLUORODEOXYGLUCOSE» RADIOPHARMACEUTICAL  
FOR THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF MALIGNANT  
AND INFLAMMATORY DISEASES IN PET/CT STUDIES**

**Akhetov A.A., Shanazarov N.A., Saduakasova A.B., Tleulesova I.K.,  
Dushnyak L.V., Lyugay E.A., Fet M.M., Seydalin N.K.**

*Medical centre hospital of President's affairs administration of the Republic of Kazakhstan, Astana,  
e-mail: nasrulla@inbox.ru*

An analysis of the application of the PET / CT technique to 18F-FDG-labeled leukocytes has been performed with the purpose of differential diagnosis of inflammatory diseases and malignant neoplasms. An analysis of the cause-effect dependence of the accumulation of 18F-FDG-labeled leukocytes in spleen tissues with an equivalent dose of radioactivity was carried out. An increase in accumulation of RFP in the case of labeling of leukocytes in the parenchyma of the spleen was observed on average by 57.1%, which confirms the binding of blood leukocytes to RFP. An increase in the accumulation of labeled leukocytes in the tissue of the spleen with a simultaneous decrease in accumulation in the parenchyma of the liver has been established. The correlation analysis of the RFP accumulation in the parenchyma of the spleen was carried out. The average negative correlation between the accumulation of RFP in the spleen tissue and the administered dose of radioactivity of the preparation is noted, this indicates that the quantitative accumulation of RFP in the spleen tissue is not significantly dependent on the dose of the drug administered. The quantitative accumulation of RFP in the spleen tissue does not depend on the dose of the drug administered, there is a correlation of the dose of 18F-FDG-labeled leukocytes with the accumulation of the drug in the spleen parenchyma. The procedure for labeling RFP – 18 FDG leukocytes provides the basis for developing criteria for differential diagnosis between malignant and inflammatory diseases.

**Keywords:** PET/CT, labeled leukocytes, 18-fluorodeoxyglucose (18-FDH)

Среди всех методов ядерной диагностики только позитронная эмиссионная томография дает возможность визуализации хода биологических процессов *in vivo* [1], с высоким топометрическим разрешением. Технически это осуществляется помещением в поле зрения ПЭТ-камеры, объекта с введенным радиоактивным изотопом для определения локальной

концентрации следовых количеств этого вещества [1, 2].

Цель работы: отработать методику проведения ПЭТ/КТ исследований с мечеными лейкоцитами радиофармпрепаратом «18-фтордезоксиглюкоза» (далее – 18F-FDG) для проведения дифференциальной диагностики воспалительных и злокачественных заболеваний [2–4].

### Материалы и методы исследования

В исследовании участвовали здоровые добровольцы после ознакомления с целью исследования и подписания информированного согласия на проведение диагностической процедуры.

ПЭТ/КТ исследование проводили дважды одному и тому же пациенту. Вначале с внутривенным введением <sup>18</sup>F-FDG, через 3–5 дней с введением меченных лейкоцитов <sup>18</sup>F-FDG.

Синтез радиофармпрепарата <sup>18</sup>F-FDG осуществлялся на специализированной производственной линии с контролем качества в каждой партии.

Радиоизотопное исследование проводили на позитронном эмиссионном томографе, совмещенном с компьютерным томографом в режиме «Total body». Из радиофармпрепаратов использовали <sup>18</sup>F-фтордезоксиглюкозу (ФДГ), которую вводили медленно внутривенно в дозе 370–420 МБк. Исследование проводится натощак (не меньше 6 часов после приема пищи), с проведением гипергидратации (1,0–1,5 л воды перорально в течение 1 часа после введения радиофармпрепарата) для уменьшения уровня фоновой активности. После инъекции пациент находился в тихом затемненном помещении не менее 60 минут в состоянии покоя, с целью предотвращения накопления ФДГ в активированных мышцах. Перед выполнением исследования пациент опорожнял мочевой пузырь.

Для получения абсолютных значений уровня потребления глюкозы необходимы данные по мгновенному значению распределения активности радиофармпрепарата в тканях, которые исследуются, а также данные по уровню активности препарата в плазме артериальной крови в процессе исследования – «входной функции». Однако при практическом проведении ПЭТ-исследования невозможно получить объективные данные по мгновенному значению концентрации РФП в органах и тканях, поэтому проводится измерение накопленной во время сканирования активности и математически высчитывается среднее значение концентрации. Определение

артериальной входной функции обычно осуществляется забором проб крови из катетера, установленного в лучевой артерии в течение всего исследования с наиболее возможной частотой. Эта процедура представляет дополнительные сложности при проведении исследования: во-первых, она является инвазивной и имеет определенные риски развития осложнений, во-вторых, концентрация РФП в крови, полученной из лучевой артерии, отражает не истинную входную функцию (концентрацию препарата в капиллярах ткани) – а относительную и имеет отличия от истинной, во временном сдвиге и в форме, что может являться источником ошибки [1, 2].

В нашем исследовании мы использовали упрощенную оценку метаболизма. Она высчитывалась по формуле: величина метаболизма равна пропорциональной концентрации накопления РФП в интересующей области. Этот полуколичественный метод оценки standardized uptake value (SUV – стандартизированный уровень накопления), является наиболее распространенным и представляет индекс накопления <sup>18</sup>F-фтордезоксиглюкозы в тканях, вычисляемый путем нормализации концентрации ФДГ к введенной активности на грамм массы тела [1, 2].

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведено обследовано 15 здоровых лиц, из них 12 (80%) женщин и 3 (20%) мужчин. Возраст пациентов варьировал от 34 до 65 лет. Каждому пациенту присвоен порядковый код исследования. Список пациентов с введенными дозами РФП представлен в табл. 1.

Одной из задач нашего исследования явилось проведение анализа причинно-следственной зависимости накопления меченных <sup>18</sup>F-FDG лейкоцитов в ткани селезенки с эквивалентной дозой радиоактивности [5, 6].

Таблица 1

Список пациентов с введенными дозами РФП

№ п/п	Код	Дата рождения	Доза РФП, мКи	Вес тела, кг
1	Код 1	03.01.1966	10	75
2	Код 2	14.05.1967	14	100
3	Код 3	19.10.1977	9	65
4	Код 4	14.04.1979	8	59
5	Код 5	29.05.1969	13	97
6	Код 6	14.08.1962	12	85
7	Код 7	13.09.1950	10	75
8	Код 8	29.08.1973	7	48
9	Код 9	25.11.1950	5	103
10	Код 10	18.04.1958	10	75
11	Код 11	20.06.1961	12	87
12	Код 12	08.06.1970	11	80
13	Код 13	10.03.1951	7	55
14	Код 14	21.07.1959	9	70
15	Код 15	30.09.1948	10	74

Теоретически мы предполагали накопление меченных  $^{18}\text{F}$ -FDG лейкоцитов в селезенке, как показатель активного скопления клеток белой крови в данном органе. Поэтому всем пациентам прицельно измеряли показатель накопления РФП (SUV max) в паренхиме селезенки, как один из достоверных данных о соединении лейкоцитарной массы с радиофармпрепаратом. На основании этого проведен сравнительный анализ количественного соотношения индекса накопления  $^{18}\text{F}$ -FDG и меченных лейкоцитов в тканях печени и селезенки у здоровых лиц при ПЭТ/КТ исследовании [5, 6].

Количественное соотношение индекса накопления меченных  $^{18}\text{F}$ -FDG лейкоцитов в тканях печени и селезенки у здоровых лиц при ПЭТ/КТ исследовании с  $^{18}\text{F}$ -фтордезок-

сиглюкозой и меченных  $^{18}\text{F}$ -FDG лейкоцитов представлено в табл. 2.

Как видно из приведенной выше таблицы, отмечается повышение накопления РФП в случае мечения лейкоцитов в паренхиме селезенки в среднем на 57,1%. На рис. 1 представлены кривые накопления  $^{18}\text{F}$ -FDG и  $^{18}\text{F}$ -FDG меченных лейкоцитов в паренхиме селезенки.

На рис. 2 представлена диаграмма в сравнительном аспекте индексов накопления  $^{18}\text{F}$ -FDG и меченных лейкоцитов  $^{18}\text{F}$ -DG в паренхиме селезенки.

Анализируя полученные данные, наглядно демонстрируется повышение накопления РФП в случае с мечеными лейкоцитами, что подтверждает факт связывания лейкоцитов крови с РФП.

Таблица 2

Сводная таблица накопления РФП в ткани печени и селезенки

Код пациента	18-фтордезоксиглюкоза		Меченые лейкоциты 18-фтордезоксиглюкозой	
	в ткани печени	в ткани селезенки	в ткани печени	в ткани селезенки
Код 1	2,0	1,0	1,4	4,4
Код 2	2,0	1,0	1,2	1,6
Код 3	2,0	1,4	2,0	1,9
Код 4	2,0	1,0	1,3	1,6
Код 5	2,4	1,2	2,0	5,3
Код 6	2,3	1,4	1,0	1,2
Код 7	3,4	2,0	1,8	3,8
Код 8	2,0	1,7	1,7	2,0
Код 9	6,5	1,5	2,0	1,6
Код 10	2,6	1,7	4,0	8,3
Код 11	2,5	1,7	5,2	8,2
Код 12	2,1	1,9	4,2	6,7
Код 13	2,5	2,3	2,7	2,3
Код 14	2,0	1,4	2,0	2,6
Код 15	2,0	1,8	1,8	2,3

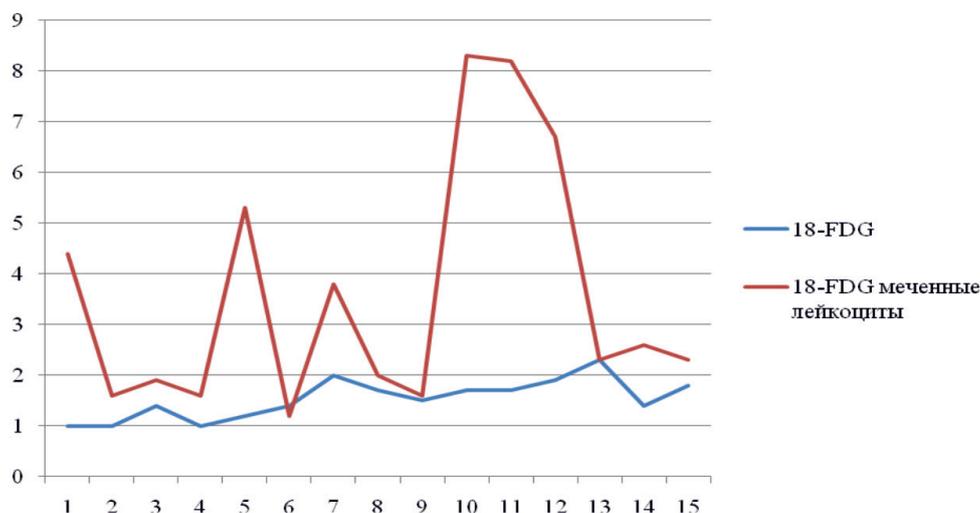


Рис. 1. Кривые накопления (SUV max) в ткани селезенки

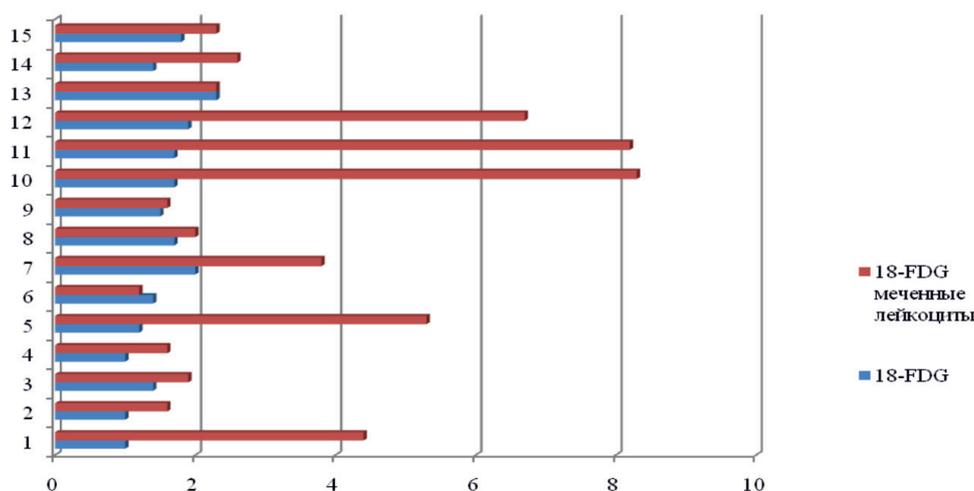


Рис. 2. Гистограмма индексов накопления (SUV max) 18-FDG и меченных лейкоцитов 18-FDG в паренхиме селезенки

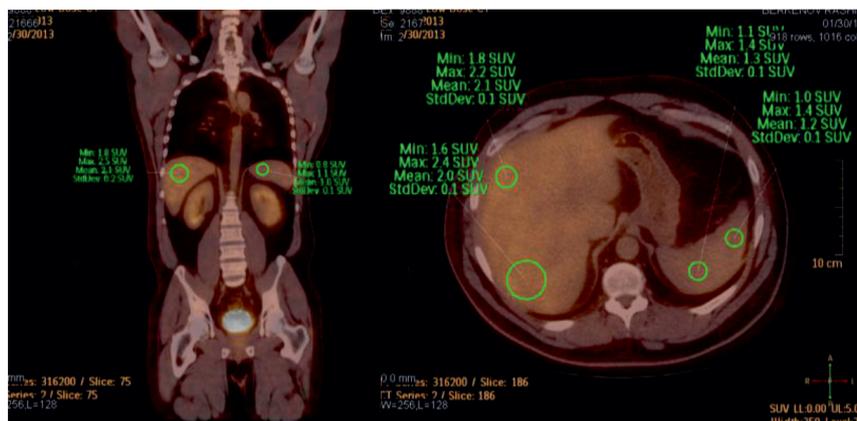


Рис. 3. ПЭТ/КТ-картина (код 5) с введением 18F-FDG

Клинический пример. Код пациента 5. На рис. 3 представлены данные ПЭТ/КТ исследования с измерением SUV max в паренхиме селезенки и печени.

Отмечается визуально повышенное накопление РФП меченных лейкоцитов в паренхиме селезенки. Индексы накопления РФП в паренхиме печени и селезенки представлены на рис. 4, они достоверно свидетельствуют о гиперфиксации РФП в ткани селезенки.

При исследовании с мечеными лейкоцитами РФП с одновременным повышением накопления РФП в ткани селезенки отмечается снижение в среднем на 10–12% накопления РФП в ткани печени. Клинический пример – код пациента 1 на рис. 5, а, б.

На рис. 6 представлена диаграмма в сравнительном аспекте индексов накопления 18-FDG и меченных лейкоцитов 18-FDG в паренхиме печени.

Таким образом, нами установлено повышение накопления меченных лейкоцитов в ткани селезенки с одновременным снижением накопления в паренхиме печени. Полученные путем выделения лейкоцитарной массы из крови больного и соединенные с 18-FDG, лейкоциты связываются с препаратом и устремляются с током крови в ткань селезенки. Данные, полученные в ходе исследования дают надежду на эффективность использования меченных 18-FDG лейкоцитов для дифференциальной диагностики между воспалением и злокачественным поражением.

При анализе исследований нас заинтересовал вопрос о связи накопления 18-FDG и меченных лейкоцитов 18-FDG с дозой введенного РФП. Мы провели корреляционный анализ зависимости накопления РФП в паренхиме селезенки.

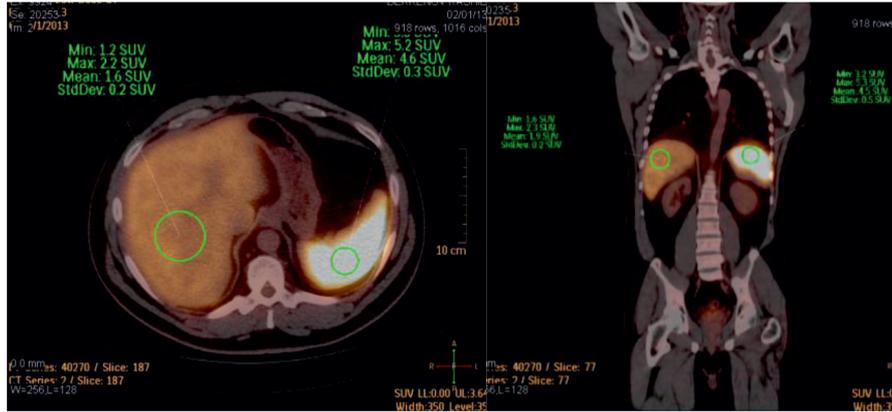
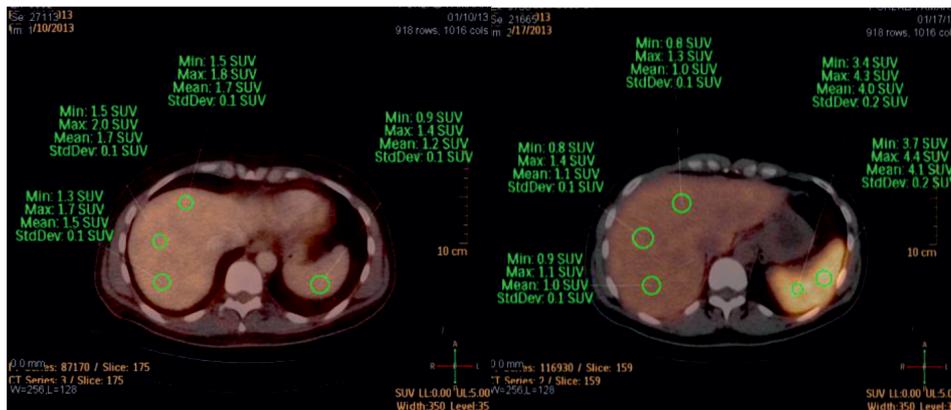


Рис. 4. ПЭТ/КТ-картина всего тела (код 5) с введением  $^{18}\text{F}$ -FDG меченных лейкоцитов



а)

б)

Рис. 5. Код пациента 1: а – ПЭТ/КТ-картина с введением  $^{18}\text{F}$ -FDG, б – ПЭТ/КТ-картина с введением меченных  $^{18}\text{F}$ -FDG лейкоцитов

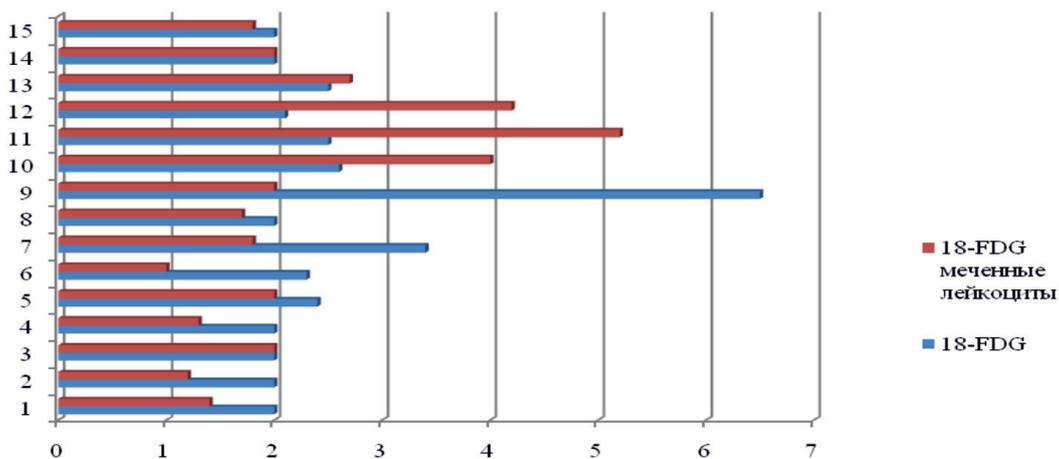


Рис. 6. Гистограмма индексов накопления (SUV max)  $^{18}\text{F}$ -FDG и меченных лейкоцитов  $^{18}\text{F}$ -FDG в паренхиме печени

Корреляционная зависимость накопления 18-FDG в ткани селезенки с количественным соотношением дозы РФП представлена в табл. 3.

Из приведенных данных видно, что отмечена средняя отрицательная корреляция между накоплением РФП в ткани селезенки и введенной дозой радиоактивности препарата, которая свидетельствует о том, что количественное накопление РФП в ткани

селезенки достоверно не зависит от дозы введенного препарата.

При определении корреляционной зависимости накопления РФП мечеными лейкоцитами в ткани селезенки мы наблюдали обратную картину.

Корреляционная зависимость накопления меченных лейкоцитов РФП в ткани селезенки с дозой введенного РФП представлена в табл. 4.

**Таблица 3**

Корреляционная зависимость накопления 18-FDG в ткани селезенки с дозой введенного РФП

Код пациента	Доза РФП	Накопление в ткани селезенки (SUV max)	Коэффициент корреляции
Код 1	10	1,0	-0,53
Код 2	14	1,0	-0,62
Код 3	9	1,4	-0,63
Код 4	8	1,0	-0,59
Код 5	13	1,2	-0,54
Код 6	12	1,4	-0,57
Код 7	10	2,0	-0,62
Код 8	7	1,7	-0,52
Код 9	5	10,5	-0,56
Код 10	10	1,7	-0,57
Код 11	12	1,7	-0,56
Код 12	11	1,9	-0,42
Код 13	7	2,3	-0,51
Код 14	9	1,4	-0,50
Код 15	10	1,8	-0,58

**Таблица 4**

Корреляционная зависимость накопления меченных лейкоцитов 18-FDG в ткани селезенки с дозой введенного РФП

Код пациента	Доза РФП	Накопление в ткани селезенки (SUV max)	Коэффициент корреляции
Код 1	10	4,4	0,37
Код 2	14	1,6	0,33
Код 3	9	1,9	0,38
Код 4	8	1,6	0,37
Код 5	13	5,3	0,33
Код 6	12	1,2	0,39
Код 7	10	3,8	0,34
Код 8	7	2	0,38
Код 9	5	1,6	0,41
Код 10	10	8,3	0,36
Код 11	12	8,2	0,37
Код 12	11	6,7	0,35
Код 13	7	2,3	0,33
Код 14	9	2,6	0,33
Код 15	10	2,3	0,34

Как видно из табл. 4, отмечается умеренная положительная корреляционная зависимость между количественным накоплением меченных лейкоцитов РФП в ткани селезенки с введенной дозой препарата.

Вывод – чем больше доза радиофармпрепарата с мечеными лейкоцитами, тем больше накопление препарата в паренхиме селезенки.

Туморотропность испытанных к настоящему времени радиофармацевтических препаратов определяется различными факторами. Часть этих веществ избирательно поступает в опухоль метаболическим путем, в связи с большой утилизацией в опухоли определенных веществ, вследствие изменения ее обмена веществ и более высокой по сравнению с нормальными тканями потребности в этих продуктах (аминокислоты, некоторые белки, микроэлементы и, др.). Другие препараты могут задерживаться в опухоли механическим путем, вследствие известного изменения опухолевых сосудов, в частности нарушения их проницаемости, наряду с большой васкуляричностью некоторых опухолей. Возможно также поступление изотопа в опухоль с использованием меченых антител к известным опухолевым антигенам. Использование известных туморотропных веществ для положительного сканирования в значительной мере повышает диагностическую информацию. Однако отсутствие специфического вещества, тропного только к злокачественным опухолям или воспалительным изменениям, обуславливает определенный процент диагностических ошибок. Ложноположительные результаты бывают значительно реже, чем ложноотрицательные. Это объясняется

тем, что туморотропные вещества, как правило, не поступают в доброкачественные опухоли, кисты, рубцовые ткани, но в то же время они не накапливаются в некротизирующихся участках опухоли и, наоборот, способны фиксироваться в активных воспалительных очагах. Последние два момента и таят в себе возможность ошибочных заключений. Данная методика мечения лейкоцитов РФП – 18-FDG дает нам надежду для разработки критериев дифференциальной диагностики между злокачественными и воспалительными заболеваниями, тем самым можно повысить процент истинно положительных заключений при ПЭТ/КТ исследованиях.

### Список литературы

1. Basu S., Zhuang H., Torigian D.A., Rosenbaum J., Chen W., Alavi A. Functional imaging of inflammatory diseases using nuclear medicine techniques // *Semin. Nucl. Med.* 2009 Mar; 39(2):124-45. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2008.10.006.
2. Yilmaz S et. al. Comparison of FDG and FDG-labeled leukocytes PET/CT in diagnosis of infection // *Nuklearmedizin.* 2015; 54(6):262-71. DOI: 10.3413/Nukmed-0724-15-02.
3. Bhattacharya A et. al. Segmental hepatic concentration of 18F-FDG-labeled autologous leukocytes causing a «pseudo-lesion» on PET/CT in a patient with transient hepatic attenuation difference // *Clin. Nucl. Med.* 2013 Oct;38(10):e399-401. DOI: 10.1097/RLU.0b013e318279ec84.
4. Bhattacharya A, et al. PET/CT with 18F-FDG-labeled autologous leukocytes for the diagnosis of infected fluid collections in acute pancreatitis // *J. Nucl. Med.* 2014 Aug; 55(8):1267-72. DOI: 10.2967/jnumed.114.137232.
5. Yilmaz S., Asa S., Ozhan M., Halac M. Graft infection imaging with FDG and FDG-labeled leukocytes // *Intern. Med.* 2013;52(9):1009-10.
6. Aarntzen EH. Et al. Early identification of antigen-specific immune responses in vivo by [18F]-labeled 3'-fluoro-3'-deoxy-thymidine ([18F]FLT) PET imaging // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2011 Nov 8; 108(45):18396-9. DOI: 10.1073/pnas.1113045108.

УДК 614.2(470.65)

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

**Бадоева З.А., Габараева Л.Н., Байсангурова Л.С., Еналдиева С.С., Гудцова А.П.**  
 ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия» Минздрава России,  
 Владикавказ, e-mail: [sogma.rso@gmail.com](mailto:sogma.rso@gmail.com)

В статье анализируются медико-демографические показатели, являющиеся неотъемлемой частью характеристики состояния здоровья населения, без которых невозможна организационно-управленческая деятельность, направленная на охрану здоровья граждан. Отражена актуальность демографических исследований и принятия конкретных мер по изучаемой проблеме. Изложены современные данные медико-демографических показателей в Республике Северная Осетия – Алания по данным переписей населения (1989–2002–2010 гг.) и послепереписной период (2010–2016 гг.). В результате мониторинга был определен статус Республики по возрастно-половой структуре населения и раскрыты отрицательные и положительные стороны постарения населения в республике. Старение населения является важным демографическим показателем, так как оно отражает изменения процессов рождаемости, смертности и средней продолжительности жизни, увеличивает социальную напряженность, повышая нагрузку на экономику страны, ее пенсионную систему, систему здравоохранения и социального обеспечения. Данные используются при анализе деятельности врача, планировании и финансировании сети и кадров медицинских организаций, для оценки качества и эффективности медицинской помощи. Выявленные среднестатистические закономерности и тенденции, прослеженные в популяции, обозначают стратегические направления по улучшению медико-демографической ситуации в Республике Северная Осетия – Алания в дальнейшем.

**Ключевые слова:** демография, показатели, смертность, перепись населения, структура, тренд, прогнозирование

## MODERN TRENDS OF MEDICO-DEMOGRAPHIC INDICATORS IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANYA AND THEIR FURTHER FORECASTING

**Badoeva Z.A., Gabaraeva L.N., Baysangurova L.S., Enaldieva S.S., Gudtsova A.P.**  
 Federal State Budgetary Institution of Higher Education «North Ossetian State Medical Academy»,  
 the Ministry of Health of Russia, Vladikavkaz, e-mail: [sogma.rso@gmail.com](mailto:sogma.rso@gmail.com)

The article analyzes medical and demographic indicators, which are an integral part of the health status of the population, without which organizational and managerial activities aimed at protecting the health of citizens are impossible. The relevance of demographic studies and the adoption of concrete measures on the problem under study are reflected. The modern data of medical and demographic indicators in the Republic of North Ossetia-Alania according to population censuses (1989-2002-2010) and post-enumeration period (2010-2016) are presented. As a result of monitoring, the status of the Republic was determined according to the age and sex structure of the population and the negative and positive aspects of the aging of the population in the republic were revealed. Population aging is an important demographic indicator, as it reflects changes in the processes of fertility, mortality and life expectancy, increases social tension, increasing the burden on the country's economy, its pension system, the health care system and social welfare. The data are used in the analysis of the doctor's activities, planning and funding of the network and the staff of the medical organization, to assess the quality and effectiveness of medical care. The revealed average statistical patterns and trends, traced in the population, designate strategic directions for improving the medical and demographic situation in the Republic of North Ossetia-Alania in the future.

**Keywords:** demography, indicators, mortality, population census, structure, trend, forecasting

Постоянное население Российской Федерации по оценке Федеральной службы государственной статистики на 1 января 2015 г. составило 146 270 033 человека. По численности населения Россия входит в десятку крупнейших стран мира, занимая с 2013 г. 9-е место, хотя в 1950-х гг., наша страна, по оценке ООН, занимала 4-е место [1, 2].

В системе показателей здоровья, наряду с такими демографическими характеристиками, как численность и структура, важное место занимают коэффициенты естественного движения, прежде всего показатели смертности и ожидаемой продолжительности жизни, а также различных ви-

дов заболеваемости, в том числе со стойкой утратой трудоспособности [3, 4].

За 2012 г. в РФ родилось 1 896 263 человек, умерло 1 898 836 человек. По сравнению с аналогичным периодом 2011 г. количество умерших в РФ сократилось на 26 200 человек, а количество родившихся увеличилось на 102 435 человек (прирост 5,7%). Естественная убыль населения составила 2 573 человека [4, 5].

Таким образом, при рассмотрении вопросов заболеваемости логично учитывать демографические процессы, происходящие в исследуемой популяции.

Цель исследования: проведение анализа демографических показателей в РСО-

Алания по данным переписей населения за периоды (1989–2002–2010 гг.) и их тенденции за 2010–2016 гг.

### Материалы и методы исследования

Информация приводится по РСО-Алания в целом. В работе использованы материалы Росстата переписей населения, текущей оценки его численности и возрастно-полового состава, данные о естественном движении, смертности населения, а также данные государственной статистической отчетности Минздрава России и РСО-Алания. Данные смертности и рождаемости рассчитаны на 1000 соответствующего населения.

### Результаты исследования и их обсуждение

Перепись населения является основным источником формирования официальной статистической информации, касающейся численности и структуры населения, его распределения по территории Российской Федерации, в частности в Республике Северная Осетия-Алания. Итак, за 20-летний период численность населения РСО-Алания в целом увеличилась на 80548 чел. (с 632428 чел. в 1989 г. до 712976 чел. в 2010 г.). Максимальный рост отмечен в первом десятилетии (на 76666 чел.), втором – 3882 чел. При этом зафиксировано снижение численного состава населения, на 28120 человек, в группе моложе трудоспособного возраста: на 17294 чел. в первом десятилетии (с 169014 чел. в 1989 г. до 151720 чел. в 2002 г.) и на 10826 чел. во втором (с 151720 чел. в 2002 г. до 140894 чел. в 2010 г.) и, наоборот, увеличение числа трудоспособного возраста в целом на 74659 человека: в первом периоде на 62231 чел. (с 350518 до 412749 чел. соответственно), во втором – на 12428 чел. (с 412749 в 2002 г. до 425177 чел. в 2010 г.). Рост численности населения (на 34009 чел.) выявлен также в старшей возрастной группе: в первом десятилетии на 31729 чел. (с 112896 чел. в 1989 г. до 144625 в 2002 г.) во втором на 2280 чел. (с 144625 до 146905 чел. соотв.) (табл. 1).

Численность населения лиц пожилого и старческого возраста среди городских жителей РСО-Алании достигла 97805 чел. в 2010 г., тогда как 2002 г. данный показатель составлял 93758, в 1989 г. – 77261, в сельской местности – 49100, 50867 и 35635 чел. соответственно; моложе трудоспособного возраста в городских поселениях – 85976 чел. в 2010 г., 92889 – 2002 г., 109781 – 1989 г., сельских – 54918, 58831, 59233 чел. соответственно (табл. 1).

Увеличение числа лиц трудоспособного возраста несколько уменьшит показатель

демографической нагрузки (число лиц трудоспособного возраста на 1000 человек нетрудоспособного).

Согласно данным переписей населения в Республике Северная Осетия – Алания (1989–2002–2010 гг.) отмечаются также различия в показателях старения городского и сельского населения. Доля городских жителей старше трудоспособного возраста по отношению к общему числу населения в 1989 г. составляла 68,4%, в 2002 г. снизилась до 64,8%, в 2010 г. показатель достиг 66,6%. Итак, в первом периоде отмечен рост данного явления, тогда как во втором периоде зафиксирована тенденция к снижению. Удельный вес сельских жителей в первом десятилетии увеличился с 31,6% в 1989 г. до 35,2% в 2002 г., во втором – снизился с 35,2 2002 г. до 33,4% 2010 г. (табл. 1).

Так, за анализируемый период удельный вес городского населения по отношению к общей численности населения сократился на 4,8% (с 68,6% в 1989 г. до 63,8% в 2010 г.) и, наоборот, увеличился в сельской местности на 4,8% (с 31,4% до 36,2% соответственно); доля лиц старше трудоспособного возраста городского населения на 3,0% больше сельского, а доля лиц моложе трудоспособного возраста сельского населения, наоборот, превышает на 2,0% городских жителей.

Согласно данным рис. 1 выявлено увеличение коэффициента старости в целом на 2,6%, максимальное значение (20,6%) наблюдалось в 2010 г. против 17,9% в 1989 г., пик роста (на 2,4%) произошел за период (с 1989 по 2002 гг.); в общей численности населения также зафиксирован рост доли лиц трудоспособного возраста на 4,2% (с 55,4 в 1989 г. до 59,6% в 2010 г.), максимальный рост (2,8%) отмечен в первом периоде (с 55,4 до 58,2% соответственно). При этом доля лиц моложе трудоспособного возраста сократилась на 6,9% (с 26,7% в 1989 г. до 19,8% в 2010 г.), где наибольшее снижение (5,3%) отмечено в первом десятилетии (1989–2002 гг.), второе десятилетие (2002–2010 гг.) характеризуется более медленным темпом снижения показателя (на 1,6%) (рис. 1).

К важным проявлениям старения населения относится увеличение доли женщин в соответствии с мужчинами в возрасте 60 лет и старше. Так, в общей численности населения РСО-Алания по данным переписей в 1989 г. мужчины составили 46,3% (292778 чел.), 2002 г. – 47,3%, 2010 г. – 46,4%; женщины – 53,7%, 52,7%) и 53,6% соответственно.

**Таблица 1**

Распределение численности населения РСО-Алания по месту жительства и возрастным категориям согласно данным переписей (1989–2002–2010 гг.) (в абс. ч. и в % к итогу)

	Населения	Абс. ч. %	ГОДЫ		
			1989	2002	2010
Всего населения РСО-Алания	Всего	абс. ч.	632428	709094	712976
		%	100,0	100,0	100,0
	гор.	абс. ч.	433704	463708	454559
		%	68,6	65,4	63,8
	сел.	абс. ч.	198724	245386	258417
		%	31,4	34,6	36,2
Моложе трудоспособного возраста	Всего	абс. ч.	169014	151720	140894
		%	100,0	100,0	100,0
	гор.	абс. ч.	109781	92889	85976
		%	65,0	61,2	61,0
	сел.	абс. ч.	59233	58831	54918
		%	35,0	38,8	39,0
Трудоспособный возраст	Всего	абс. ч.	350518	412749	425177
		%	100,0	100,0	100,0
	гор.	абс. ч.	246662	277061	270778
		%	70,4	67,1	63,7
	сел.	абс. ч.	103856	135688	154399
		%	29,6	32,9	36,3
Старше трудоспособного возраста	Всего	абс. ч.	112896	144625	146905
		%	100,0	100,0	100,0
	гор.	абс. ч.	77261	93758	97805
		%	68,4	64,8	66,6
	сел.	абс. ч.	35635	50867	49100
		%	31,6	35,2	33,4

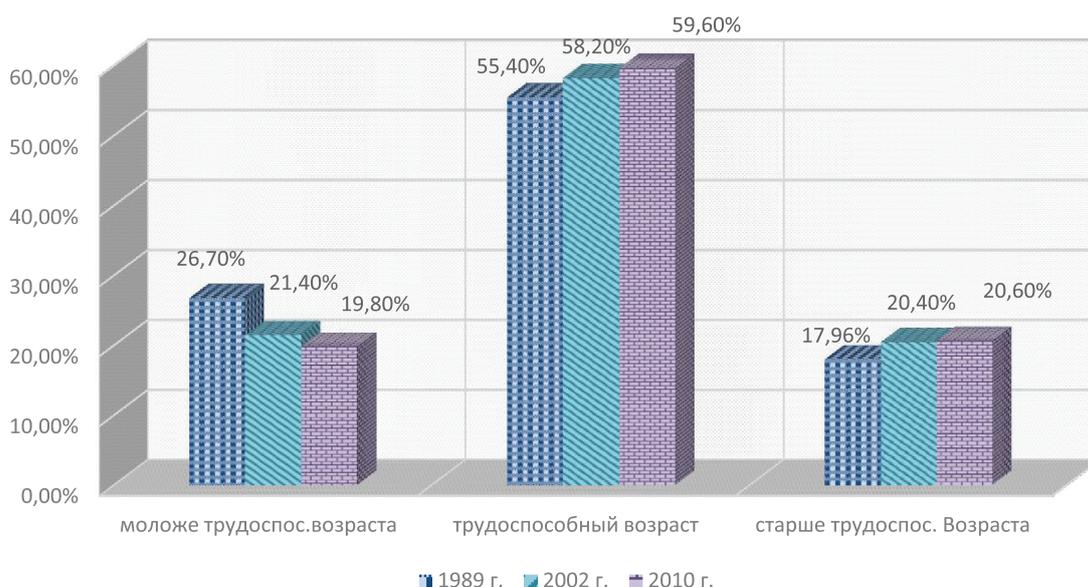


Рис. 1. Распределение населения РСО-Алания по основным возрастным группам по данным переписей населения 1989–2002–2010 гг. (в %)

В группе старше трудоспособного возраста мужчин – 10,6% в 1989 г., в 2002 г. – 14,6%; в 2010 г. – 13,5%; женщин – 24,1%, 25,6 и 26,7% (соответственно). Среди населения трудоспособного возраста 60,1% в 1989 г., 62,1% – 2002 г. и 64,8% в 2010 г. составили мужчины; 51,45%, 54,5 и 55,2% – женщины соответственно; молодежь трудоспособного возраста: мужчин 29,3% в 1989 г., 23,1% – 2002 г. и 21,7% в 2010 г.; женщин – 24,5%, 19,8% и 18,1% соответственно (рис. 2).

Итак, по данным переписей в общей численности населения РСО-Алания, а также в группе старше трудоспособного возраста женское население преобладает над мужским, тогда как в группе трудоспособного и молодежь трудоспособного возраста численность мужчин превышает численность женщин.

Анализ состояния и динамики медико-демографических показателей в Республике Северная Осетия – Алания за семилетний, послепереписной период (2010–2016 гг.)

характеризуется также нарастанием числа лиц пожилого и старческого возраста.

Процесс старения населения в РСО-Алании, как в России в целом, происходит на фоне устойчивой убыли населения. Так, к началу 2010 г. численность населения республики составила 712976 чел., тогда как в 2016 г. – 703745 соответственно, что на 9231 чел. меньше, чем в 2010 г. (табл. 2).

Для современной демографической ситуации, правильной организации медицинской и социальной помощи большое значение имеет изучение гендерного состава населения. Следует признать, что отмечается «феминизация» населения РСО-Алания, то есть увеличение доли женщин практически во всех возрастных группах, особенно в группах старше трудоспособного возраста. Так, в общей численности населения РСО-Алания в 2010 г. мужчины составили 331009 чел. (46,4%), в 2016 г. – 325468 чел. (42,6%), женщины – 381967 чел. (53,6%) и 378277 чел. (53,8%) соответственно.

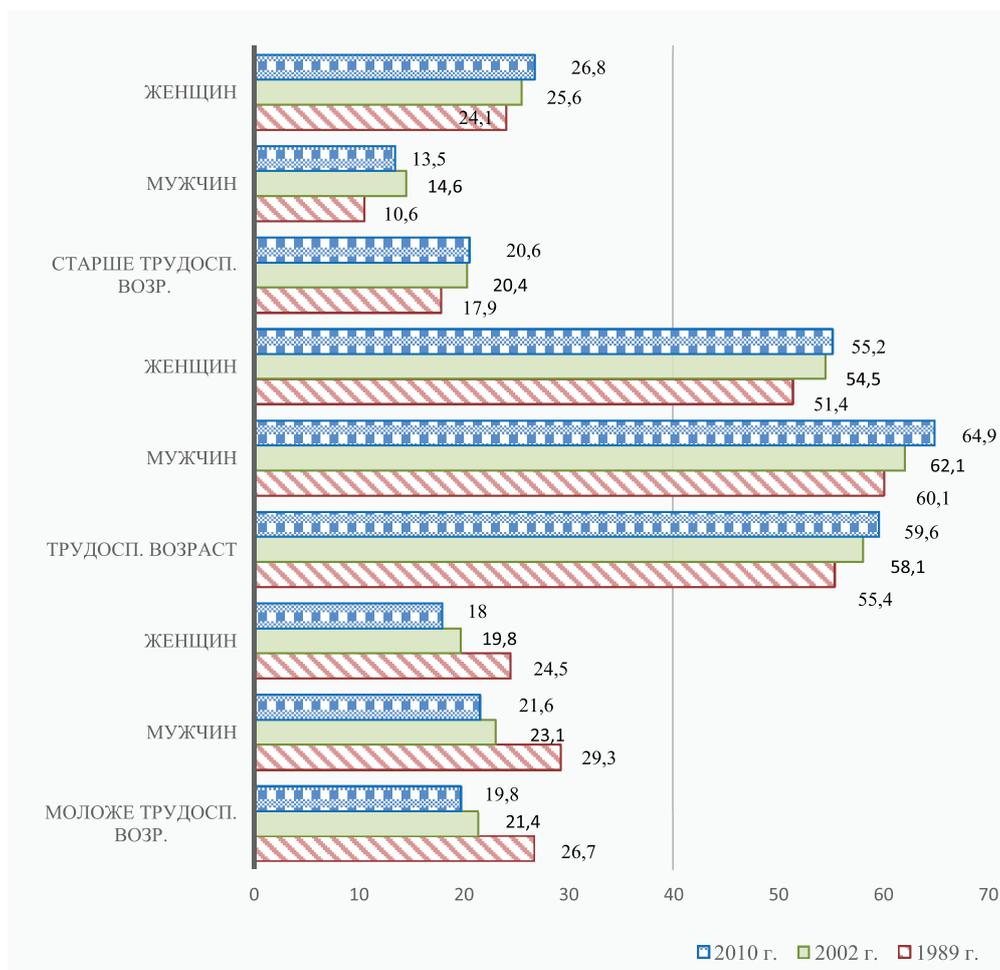


Рис. 2. Распределение численности населения РСО-Алания по полу согласно данным переписей (1989–2002–2010 гг.)

Выявлен рост численности населения в группе старше трудоспособного возраста на 11011 чел. (7,5%) (с 146905 в 2010 г. до 157916 чел. в 2016 г.), где мужчины составили 30,5% (44784 чел.), женщины – 69,5% (102121) в 2010 г. и 30,3% (47824 чел.), 69,7% (110092) в 2016 г. соответственно. При этом зафиксировано снижение лиц трудоспособного возраста на 25802, что составило 6,1% (с 425177 в 2010 г. до 399375 в 2016 г.); в гендерном составе преобладают мужчины (214488 (50,4%), женщин – 210689 чел. (49,6%); в 2016 г. тенденция сохранилась: мужчины составили 50,8%, женщины (49,2%).

В группе моложе трудоспособного возраста наметилась тенденция роста (с 140894 в 2010 г. до 146354 чел. в 2016 г.). Данная возрастная группа отличается и ген-

дерным составом, где мужское население превышает женское: в 2016 г. мужчин – 74874 чел. (51,1%), женщин – 71580 чел. (48,9%), аналогичная картина отмечалась и в 2010 г., мужчины составляли 50,9% (71737 чел.), женщины 69157 чел. (49,1%) (см. табл. 2).

В структуре возрастного состава населения республики первое ранговое место принадлежит группе трудоспособного населения (56,7%); на втором месте лица старше трудоспособного возраста (22,4%); на третьем – моложе трудоспособного возраста (20,6%). Данные показатели свидетельствуют о регрессивном типе населения республики (рис. 3).

Итак, демографическая ситуация в Республике Северная Осетия – Алания вызывает обоснованную тревогу.

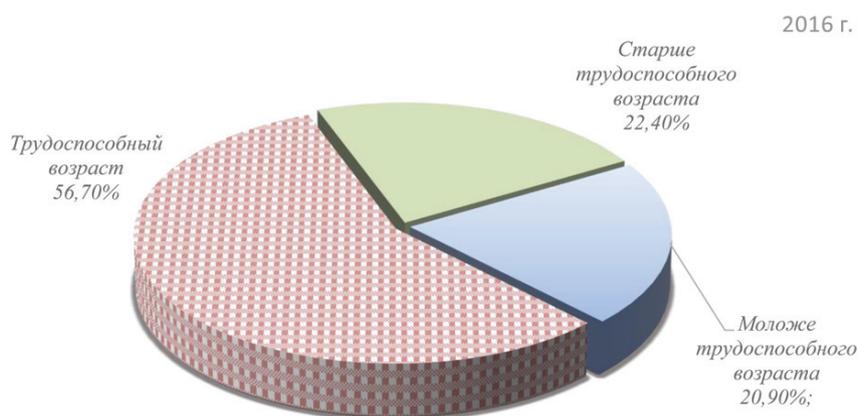


Рис. 3. Структура возрастного состава населения РСО-Алания за 2016 г. (%)

Таблица 2

Численность населения РСО-Алания по полу и основным возрастным группам за 2010–2016 гг.

Возрастные группы	Половой состав	Годы				
		2010	2013	2014	2015	2016
		абс. ч.				
Все население РСО-Алания	Оба пола	712976	706123	703977	705270	703745
	муж.	331009	326924	325514	326501	325468
	жен.	381967	379199	378463	378769	378277
Моложе трудоспособного возраста	Оба пола	140894	141664	143258	144997	146454
	муж.	71737	72241	73128	74119	74874
	жен.	69157	69423	70130	70858	71580
Трудоспособный возраст	Оба пола	425177	414174	408302	405390	399375
	муж.	214488	208862	206109	205157	202831
	жен.	210689	205312	202193	200233	196544
Старше трудоспособного возраста	Оба пола	146905	150285	152417	154903	157916
	муж.	44784	45777	46285	47255	47824
	жен.	102121	104508	106132	107648	110092

Таблица 3

Динамика показателей естественного движения населения  
Республики Северная Осетия – Алания за 2008–2015 гг. (на 1000 человек населения)

		ГОДЫ					Темп прироста, %
		2010	2012	2013	2014	2015	
Число родившихся	абс. ч.	10303	10801	10760	10798	10261	---
	пок.	14,5	15,3	15,3	15,3	14,6	+0,7
Число умерших	абс. ч.	7748	7525	7394	7554	7511	---
	пок.	10,9	10,6	10,5	10,7	10,7	-1,8
Из них в возр. до 1 года (на 1000 родившихся)	абс. ч.	77	125	109	116	92	---
	пок.	7,5	11,6	10,1	1,7	8,9	---
Естественный прирост населения (убыль)	абс. ч.	+2555	+3276	+3366	+3244	+2750	---
	пок.	+3,6	+4,7	+4,8	+4,6	+3,9	+18,7

Для оценки здоровья населения существенное значение имеют показатели, характеризующие естественное движение населения, под которым понимают изменение численности населения данной территории в результате взаимодействия рождаемости и смертности, являющихся непосредственно демографическими явлениями (табл. 3).

За анализируемый послепереписной период (2010–2015 гг.) в РСО-Алании произошло небольшое улучшение демографической ситуации – смертность снизилась, а рождаемость, наоборот, выросла, т.е. в 2015 г. наблюдался естественный прирост населения (на 2750 чел.), однако он недостаточно высок для того, чтобы можно было говорить о кардинальном улучшении демографической ситуации.

Естественный прирост всего населения РСО-Алании в 2015 г. обусловлен как ростом уровня рождаемости (с 14,5 в 2010 г. до 14,6 в 2015 г. на 1000 населения), так и снижением уровня смертности (с 10,9 до 10,7 соответственно), темп прироста относительного показателя рождаемости за анализируемый период составил +0,7%, смертности (–1,8%) (см. табл. 3).

### Заключение

Изучение демографической ситуации в РСО-Алания показало, что на протяжении ряда лет наблюдалось благоприятное течение демографических процессов, но при этом численность лиц моложе трудоспособного возраста повысилась незначительно (с 140894 в 2010 г. до 146454 чел. в 2016 г.) (на 5560 чел.) и более 22,4% составляют лица старше трудоспособного возраста, что способствует накоплению хронических заболеваний в популяции, нарастает половая диспропорция населения. Переписной

период характеризуется ростом численности населения в республике на 80548 чел., тогда как послепереписной период (2010–2016 гг.) – снижением показателя на 9231 чел. В республике наблюдался также естественный прирост населения в 2015 г. на 2750 чел., однако он недостаточно высок для того, чтобы можно было говорить о кардинальном улучшении демографической ситуации.

Проведенный анализ данных вызывает необходимость проведения соответствующих медико-социальных и организационных мероприятий со стороны государства и органов здравоохранения.

Полученные результаты демографического состава следует учитывать при коррекции объемов медицинской помощи на конкретной территории. Дифференцированный подход при перспективном планировании, с учетом демографических особенностей, позволит определить приоритетные направления развития здравоохранения региона.

### Список литературы

1. Гринин В.М., Шестемирова Э.И. Демографическое старение в России на современном этапе // Вестник РАМН. – 2015. – № 70 (3). – С. 348–354.
2. Оганов Р.Г. Демографические тенденции в Российской Федерации: вклад болезней системы кровообращения / Р.Г. Оганов, Г.Я. Масленникова // Кардиоваск. тер. и проф. – 2012. – № 11 (2). – С. 5–10.
3. Медико-демографические аспекты состояния здоровья населения Республики Северная Осетия – Алания / З.А. Бадоева, З.Р. Аликова, Л.С. Бадоева, К.А. Данилова // Сборник научных трудов СООАНВШ РФ. – Владикавказ, 2010. – № 8. – С. 45–48.
4. Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года: Указ Президента РФ от 09.10.2007 № 1351 // Собрание законодательства РФ. – 2007. – № 42. – С. 10382–10391.
5. Афиногенова И.Н. Демографическая ситуация в России / И.Н. Афиногенова, Е.А. Пиндюрина // Территория науки. – 2014. – № 1. – С. 71–74.

УДК 616.72-002.77

**АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ КОМПЛЕКСА  
КСАНТИНОКСИДАЗА/КСАНТИНДЕГИДРОГЕНАЗА В ПЛАЗМЕ КРОВИ  
И ЛИЗАТАХ ЛИМФОЦИТОВ У БОЛЬНЫХ С СЕРОПОЗИТИВНОЙ  
И СЕРОНЕГАТИВНОЙ ФОРМАМИ РЕВМАТОИДНОГО АРТРИТА**

**<sup>1</sup>Бедина С.А., <sup>1</sup>Мозговая Е.Э., <sup>1,2</sup>Трофименко А.С., <sup>1,2</sup>Зборовская И.А.**

<sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной ревматологии  
им. А.Б. Зборовского», Волгоград, e-mail: clinicalbiochemistry@yandex.ru;

<sup>2</sup>ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Волгоград

Описан профиль активности ксантиноксидазы (КО) и ксантиндегидрогеназы (КДГ) в плазме крови и циркулирующих лимфоцитах у 75 (52 женщины и 23 мужчины) больных ревматоидным артритом (РА). Диагноз устанавливался на основе критериев, рекомендованных ACR/EULAR 2010. Степень активности ревматоидного процесса определялась с использованием индекса DAS 28. Серопозитивная форма РА наблюдалась у 49 (65,3%) больных. В качестве контроля использовали образцы 35 здоровых лиц. Для энзимного профиля больных РА характерно повышение активности КО в плазме крови и снижение активности КО и КДГ в лимфоцитах. Проведенные нами исследования выявили зависимость изученных энзимных показателей от наличия или отсутствия ревматоидного фактора. Показано, что у больных с серопозитивной формой РА активность КО в плазме крови повышена в большей степени, чем при серонегативном варианте, а активность КДГ, сниженная при серонегативной форме РА, повышается у больных с серопозитивным РА. В лизатах лимфоцитов активность КО и КДГ снижена при обеих формах РА. Наиболее выраженные изменения активности энзимов обнаружены у больных РА с серопозитивной формой.

**Ключевые слова:** ревматоидный артрит, ксантиноксидаза, ксантиндегидрогеназа, лизаты лимфоцитов, плазма крови

**ACTIVITY OF THE XANTINOXIDASE/XANTINDHYDROGENASE  
ENZYMATIC SYSTEM IN BLOOD PLASMA AND LYMPHOCYTES  
IN SEROPOSITIVE AND SERONEGATIVE RHEUMATOID ARTHRITIS**

**<sup>1</sup>Bedina S.A., <sup>1</sup>Mozgovaya E.E., <sup>1,2</sup>Trofimenko A.S., <sup>1,2</sup>Zborovskaya I.A.**

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution «Research Institute of Clinical and Experimental Rheumatology  
named after A.B. Zborovskiy», Volgograd, e-mail: clinicalbiochemistry@yandex.ru;

<sup>2</sup>The Volgograd State Medical University, Volgograd

Characterized enzymatic patterns of the xanthine oxidase (XO) and xanthine dehydrogenase (XDG) in blood plasma and lymphocytes of 75 (52 women and 23 men) rheumatoid arthritis (RA) patients. Diagnosis of RA had been established using ACR/EULAR 2010 criteria. Activity was assessed by means of DAS 28 index. The seropositive form of RA was observed in 49 (65.3%) patients. 35 healthy controls were included in the study. The enzymatic patterns of RA patients is characterized by an increase in the activity of XO in the blood plasma and a decrease in the activity of XO and XDG in lymphocytes. Enzyme profile of patients with RA is characterized by increased activity of XO in the blood plasma and low activity of XO and XDG in lymphocytes. Our study revealed the relationship between enzyme parameters and rheumatoid factor. In patients with seropositive RA the activity of XO in the blood plasma is higher than in patients with a seronegative RA. In patients with seronegative RA the activity of XDG in the blood plasma is decreased, and in patients with seropositive RA the activity of XDG in the blood plasma is increased. The activity of XO and XDG in lymphocytes was reduced in both forms of RA. In patients with seropositive RA more pronounced changes in the enzyme activity were observed.

**Keywords:** rheumatoid arthritis, xanthine oxidase, xanthine dehydrogenase, lymphocytes, blood

Ревматоидный артрит (РА) является хроническим аутоиммунным заболеванием, характеризующимся наличием ревматоидного фактора (РФ) и антител к циклическому цитруллинированному пептиду.

Из всех иммуновоспалительных ревматических заболеваний РА относится к категории наиболее распространенных и социально значимых болезней. Им болеет от 0,5% до 2% взрослого населения нашей планеты, причем около 70% – это женщины. РА поражает людей молодого, трудоспособного возраста и характеризуется тя-

желым течением, ранней инвалидностью, снижением качества жизни, неблагоприятным прогнозом. Это одно из самых дорогостоящих заболеваний, что ведет к значительной социально-экономической нагрузке как на самого больного, так и на общество в целом. Кроме того, РА сопровождается коморбидными состояниями: кардиоваскулярными (инфаркт миокарда, инсульт, тромбоз сосудов), онкологическими, инфекционными, с развитием которых связан высокий риск преждевременного летального исхода. Основными составляющими элементами

борьбы с РА являются: ранняя и своевременная диагностика, выяснение этиопатогенетических механизмов развития заболевания, профилактика и адекватное лечение. На современном этапе ко многим аспектам еще остаются вопросы. Поэтому исследования РА не потеряли своей актуальности и в настоящее время.

На сегодняшний день нет единого взгляда на этиопатогенез РА. Существует множество теорий развития заболевания. Но большинство исследователей склоняются к тому, что РА – многофакторное заболевание и в его возникновении и прогрессировании участвуют как минимум 3 фактора: инфекционный, иммуногенетический и аутоиммунный.

Наметившийся в XXI веке прогресс в плане раскрытия механизмов патогенеза связан с выяснением некоторых звеньев аутоиммунного ответа. В результате этого появилась возможность поиска новых лекарственных препаратов, направленных на блокирование отдельных патогенетических звеньев. Однако единая, научно обоснованная, концепция патогенеза РА так и не разработана. Поэтому окончательную точку в этом вопросе ставить еще рано.

В последние годы мировым научным сообществом активно обсуждается роль НЕТоза (процесса образования нейтрофилами внеклеточных ловушек) в возникновении и прогрессировании различных патологических состояний организма, в том числе и аутоиммунных [1].

Высказываются гипотезы, что компоненты экстрацеллюлярных ловушек могут выступать этиологическим фактором, инициируя аутоиммунное воспаление при РА, а также способствуют его хронизации, выступая в качестве факторов аутоагрессии [2, 3].

Фактически ловушки представляют собой сетеподобные структуры, сотканые из нитей ядерной ДНК, гистонов, цитоплазматических белков и компонентов гранул нейтрофилов [4]. Следовательно, функция ДНК заключается не только в хранении и передаче генетического материала, но и в защите организма от различных экзогенных и эндогенных патогенов. Обычно этот процесс сопровождается смертью нейтрофилов.

Сравнительно недавно был описан механизм образования ловушек нейтрофилами, который не приводит их к гибели. В состав таких экстрацеллюлярных ловушек входила митохондриальная ДНК [5].

Чаще всего НЕТоз происходит при участии активных форм кислорода (АФК) – это так называемый АФК-зависимый НЕТоз. Интенсивность образования нейтрофильных внеклеточных ловушек зависит от гене-

рации АФК и активности НАДФН-оксидазы и миелопероксидазы [6].

АФК также образуются и в ходе дегградации пуриновых метаболитов. Одной из таких реакций является окисление гипоксантина и ксантина в присутствии ксантиноксидазы. Ксантиноксидаза – ведущий прооксидантный фермент. Литературных данных о повреждающем воздействии АФК на ДНК много [1–4, 6]. А роль прооксидантных ферментных систем в механизмах НЕТоза выяснена недостаточно.

Цель исследования: изучить профиль ксантиноксидазы (КО) и ксантиндегидрогеназы (КДГ) в плазме крови и циркулирующих лимфоцитах у больных РА серонегативных и серопозитивных по ревматоидному фактору.

### Материалы и методы исследования

В исследование были включены 75 (52 женщины и 23 мужчины) больных РА и 35 практически здоровых людей. Отбор больных проводился в ревматологическом отделении ГКБ СМП № 25 г. Волгограда. Диагноз устанавливался на основе критериев, рекомендованных ACR/EULAR 2010 [7]. Средний возраст больных составил  $43,9 \pm 0,97$  лет, средняя продолжительность заболевания –  $8,5 \pm 0,3$  лет. Степень активности ревматоидного процесса определялась с использованием индекса DAS 28. I (минимальная) степень установлена у 15 (20%), II (умеренная) – у 49 (65,3%) и III (максимальная) – у 11 (14,7%) больных. Первая рентгенологическая стадия поражения суставов по Штейн-Брокеру определялась у 8 (9,7%), II – у 53 (57,6%), III – у 25 (27,2%), IV – 6 (6,5%) больных. У всех больных наблюдалось ограничение функциональных возможностей суставов: I функциональный класс (ФК-1) установлен у 30 (40%) больных, ФК-2 – у 40 (53,3%) и ФК-3 – у 5 (6,7%) больных. Серопозитивная форма РА наблюдалась у 49 (65,3%) больных, серонегативная – у 26 (34,7%). Суставная форма обнаружена у 44 (58%) больных РА. У 31 (41,3%) больного выявлены системные поражения. Из внесуставных поражений наиболее часто диагностировалась патология мышц (31,3%), сердца (27,5%), желудочно-кишечного тракта (26,3%), почек (13,8%).

Комплексное медикаментозное лечение больных РА включало нестероидные противовоспалительные средства: индометацин, диклофенак, мовалис, кетопрофен, мелоксикам, напроксен, целекоксиб и др.; базисную терапию: метотрексат, сульфасалазин, инфликсимаб, лефлуномид, гидроксихлорохин; глюкокортикоиды. Лечение проводилось с учетом клинических особенностей заболевания, степени активности процесса, характера течения, внесуставных поражений.

Объектами исследований служили плазма и лизаты лимфоцитов периферической крови здоровых лиц и больных РА. Лимфоциты из венозной крови выделяли по методике *Boyum* методом дифференциального центрифугирования с использованием лимфосепа (Lymph separation medium) фирмы «JCN Biomedicals» в градиенте плотности  $1,077\text{--}1,079$  г/мл [8]. Лизаты клеток готовили путем трехкратного замораживания-оттаивания с последующим центрифугированием. Активность ксантиноксидазы (КО; Е.С. 1.17.3.2)

и ксантиндегидрогеназы (КДГ; Е.С. 1.17.1.4) в плазме и лизатах лимфоцитов определяли спектрофотометрическим методом по ранее опубликованным методикам и выражали в нмоль/мин/мл [9]. Для лизатов лимфоцитов активность приводили к содержанию клеток  $1 \times 10^7$  на 1 мл.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного пакета Statistica 6.0. Результаты выражали как среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка среднего ( $M \pm m$ ). Подбор критериев для сравнения групп осуществляли по общепринятым правилам. Достоверными различия считались при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Обследовано 35 практически здоровых людей в возрасте от 18 до 55 лет, среди которых было 24 (68,6%) женщин и 11 (31,4%) мужчин; средний возраст –  $37,2 \pm 2,18$  лет. Существенной зависимости активности энзимов от пола и возраста выявлено не было, что позволило в дальнейших исследованиях эти факторы не учитывать. Референтные пределы активности ферментов представлены в табл. 1.

**Таблица 1**

Референтные пределы активности ферментов в плазме крови и лизатах лимфоцитов

Фермент	Референтные пределы ( $M \pm 2\sigma$ ), нмоль/мин/мл	
	Плазма	Лимфоциты
КО	2,60–3,96	14,2–27,8
КДГ	4,49–5,93	22,5–40,7

У больных РА (группа в целом) по сравнению с референтной группой (табл. 2) в плазме выявлено повышение активности КО, незначительное снижение активности КДГ; в лизатах лимфоцитов – снижение активности КО, КДГ. В своих более ранних работах нами была обнаружена зависимость активности КО и КДГ от активности патологического процесса [10, 11]. Поскольку РФ выполняет роль индикатора воспалительного процесса и аутоиммунных нарушений, мы предположили, что наличие РФ может также оказывать влияние на энзимный профиль крови.

У больных РА с серопозитивной формой по сравнению с контрольной группой (табл. 2) в плазме выше активность КО и КДГ, в лимфоцитах активность КО и КДГ ниже. У больных РА с серонегативной формой (табл. 2) в плазме крови выше активность КО, но ниже активность КДГ, а в лимфоцитах активность обоих ферментов снижена.

Сравнение этих двух форм РА показало, что у больных с серопозитивной по сравнению с серонегативной формой (табл. 2)

в плазме выше активность КО, КДГ, в лимфоцитах ниже активность КО и КДГ.

Таким образом, проведенные нами исследования выявили зависимость изученных энзимных показателей от наличия или отсутствия РФ. Показано, что у больных с серопозитивной формой РА активность КО в плазме крови повышена в большей степени, чем при серонегативном варианте, а активность КДГ, сниженная при серонегативной форме РА, повышается у больных с серопозитивным РА. В лизатах лимфоцитов активность КО и КДГ снижена и при серопозитивной, и при серонегативной формах РА, но наиболее выраженные изменения активности энзимов обнаружены у больных РА с серопозитивной формой. КО и КДГ – две взаимопревращающиеся формы ксантиноксидоредуктазы. Уникальный ферментный комплекс ксантиноксидаза/ксантиндегидрогеназа является одной из главных систем генерирования активных форм кислорода в организме. Трансформация фермента в кислород-зависимую форму – КО запускается разными механизмами [12]. Активация КО-реакции приводит к генерации супероксидных радикалов, которые оказывают токсическое воздействие на хроматин и белки ядра клетки и запускают генетически запрограммированную гибель клеток – апоптоз [13]. Кроме того, в условиях дефицита  $NAD^+$ , возникающего при воспалении, КДГ также может генерировать супероксид, еще до трансформации КДГ в КО [14]. По мнению исследователей, важную роль в модуляции клеточного баланса между КДГ и КО играет НАДФН-оксидаза. АФК, продуцируемые НАДФН-оксидазой, стимулируют превращение ксантиноксидоредуктазы из ее дегидрогеназной формы (КДГ) в оксидазную (КО) [15].

По данным современных научных исследований, наряду с интерлейкинами и липополисахаридами, образование нейтрофильных внеклеточных ловушек провоцирует и РФ [2].

Таким образом, исходя из полученных нами данных, мы можем предположить, что в развитии и прогрессировании аутоиммунного процесса при РА активное участие принимают прооксидантные энзимные системы, что не противоречит и литературным данным.

В настоящее время все еще остается непонятным механизм переключения между различными эффекторными программами лейкоцитов. Высказывается предположение, что NETоз является резервным механизмом в программе активной контролируемой клеточной гибели нейтрофилов и запускается после неудачного фагоцитоза, апоптоза [4].

Таблица 2

Активность ферментов в плазме крови и лимфоцитах у больных РА

Энзим	Здоровые, n = 35	Больные РА		
		Группа в целом, n = 75	Серопозитивная форма, n = 49	Серонегативная форма, n = 26
КО в плазме	3,28 ± 0,06 <sup>2</sup>	5,74 ± 0,10 <sup>2</sup>	6,17 ± 0,11 <sup>2,*</sup>	5,46 ± 0,12 <sup>2,*</sup>
КДГ в плазме	5,21 ± 0,06 <sup>1,2</sup>	4,99 ± 0,08 <sup>3</sup>	5,47 ± 0,09 <sup>1,*</sup>	4,65 ± 0,08 <sup>2,*</sup>
КО в лимфоцитах	21 ± 0,59 <sup>2</sup>	11,2 ± 0,30 <sup>2</sup>	10,0 ± 0,31 <sup>2,*</sup>	12,0 ± 0,41 <sup>2,*</sup>
КДГ в лимфоцитах	31,6 ± 0,80 <sup>2</sup>	15,6 ± 0,36 <sup>2</sup>	14,0 ± 0,46 <sup>2,*</sup>	16,7 ± 0,45 <sup>2,*</sup>

Примечание. <sup>1</sup>p < 0,05. <sup>2</sup>p < 0,001. <sup>3</sup>p > 0,05. Непарный критерий Стьюдента.  
\*p < 0,001. Парный критерий Стьюдента.

Лечение РА препаратами нового поколения позволяет контролировать течение заболевания и значительно улучшить качество жизни больных. Но, несмотря на успехи в этом направлении, достигнуть необходимого терапевтического результата удается не всегда. Вероятно, это связано с тем, что не все патогенетические механизмы, поддерживающие воспалительный процесс, выяснены на данный момент. Дальнейшее изучение патогенетических путей и создание новых эффективных и безопасных лекарственных препаратов, направленных на блокирование патологических реакций, остается актуальной задачей современной медицины.

### Выводы

1. Для энзимного профиля больных РА характерно повышение активности КО в плазме крови и снижение активности КО и КДГ в лимфоцитах.

2. Наиболее выраженные изменения активности энзимов обнаружены у больных РА с серопозитивной формой.

### Список литературы

1. Воробьева Н.В. Нейтрофильные внеклеточные ловушки: механизмы образования, роль в норме и при патологии / Н.В. Воробьева, Б.В. Пинегин // Биохимия. – 2014. – Т. 79, Вып. 12. – С. 1580–1591.
2. Wright H.L. The multifactorial role of neutrophils in rheumatoid arthritis / H.L. Wright, R.J. Moots, S.W. Edwards // Nature Reviews Rheumatology. – 2014. – Vol. 10(10). – P. 593–601. URL: <http://www.nature.com/nrrheum/journal/vaop/ncurrent/full/nrrheum.2014.80.html> (date of access: 17.05.2018).
3. NETs are a source of citrullinated autoantigens and stimulate inflammatory responses in rheumatoid arthritis / R. Khandpur, C. Carmona-Rivera, A. Vivekanandan-Giri et al. // Sci Transl Med. – 2013. – Vol. 5(178). – P. 178ra40.
4. Участие внеклеточных ДНК-ловушек в защитных и патологических реакциях организма / И.И. Долгушин, А.Ю. Савочкина, И.В. Курносенко и др. // Российский иммунологический журнал. – 2015. – Т. 9 (18), № 2. – С. 164–170.

5. Yousefi S. Viable neutrophils release mitochondrial DNA to form neutrophil extracellular traps / S. Yousefi, C. Mihalache, E. Kozlowski et al. // Cell Death Differ. – 2009. – Vol. 16. – P. 1438–1444.

6. The Role of Reactive Oxygen Species (ROS) in the Formation of Extracellular Traps (ETs) in Humans / W. Stoiber, A. Obermayer, P. Steinbacher, W.-D. Krautgartner // Biomolecules. – 2015. – Vol. 5. – P. 702–723.

7. 2010 Rheumatoid arthritis classification criteria. An American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism collaborative initiative / D. Aletaha, T. Neogi, A.J. Silman et al. // Arthritis Rheum. – 2010. – Vol. 62. – P. 2569–2581.

8. Медицинские лабораторные технологии: руководство по клинической лабораторной диагностике: в 2 т. / В.В. Алексеев [и др.]; под ред. А.И. Карпищенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Т. 1. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 472 с.

9. Мартемьянов В.Ф. Клиническое значение исследования активности ферментов и изоферментов пуринового метаболизма в плазме крови больных анкилозирующим спондилитом / В.Ф. Мартемьянов, Е.Э. Мозговая, С.А. Бедина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12–6. – С. 1048–1052.

10. Особенности пуринового метаболизма при ревматоидном артрите, остеоартрозе и подагрическом артрите / В.Ф. Мартемьянов, Е.Э. Мозговая, М.Ю. Стажаров, С.А. Бедина // Вестник Смоленской медицинской академии. – 2004. – № 5. – С. 65–69.

11. Энзимодиагностика активности патологического процесса при ревматоидном артрите / Е.Э. Мозговая, В.Ф. Мартемьянов, М.Ю. Стажаров, С.А. Бедина // Врач-аспирант. – 2011. – Т. 47, № 4. – С. 45–50.

12. Mechanism of the Conversion of Xanthine Dehydrogenase to Xanthine Oxidase. Identification of the two cysteine disulfide bonds and crystal structure of a non-convertible rat liver xanthine dehydrogenase mutant / T. Nishino, K. Okamoto, Y. Kawaguchi et al. // J. Biol. Chem. – 2005. – Vol. 280. – P. 24888–24894.

13. Кожемякин Л.А. Ксантиноксидазная активность тимоцитов при лимфоцитолитическом действии гипоксантина / Л.А. Кожемякин, Е.П. Шелепина, В.Г. Антонов // Вопросы медицинской химии. – 1990. – Т. 36, Вып. 1. – С. 87–89.

14. Harris C.M. The Reaction of Reduced Xanthine Dehydrogenase with Molecular Oxygen. Reaction kinetics and measurement of superoxide radical / C.M. Harris, V. Massey // J. Biol. Chem. 1997. – Vol. 272. – P. 8370–8379.

15. Надеев А.Д. Активные формы кислорода в клетках сердечно-сосудистой системы / А.Д. Надеев, Н.В. Гончаров // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2014. – № 4. – С. 80–94.

УДК 616.728.3-018-002-07:612.018

## ФРАКТАЛЬНЫЕ РАЗМЕРНОСТИ И ПАРАМЕТРЫ ТЕКСТУРЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ ОСТЕОАРТРИТЕ

Кабалык М.А.

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Владивосток, e-mail: taxi\_maxim@mail.ru

Цель исследования – дать оценку вариабельности фрактального размера (ФР) и показателей текстурных параметров суставной щели при остеоартрите (ОА) с данными стандартной рентгенографии коленного сустава (КС). Материалы и методы. В исследование включено 92 больных ОА коленных суставов (КС) в возрасте  $66,1 \pm 10,5$  и 24 здоровых добровольца в возрасте  $29,6 \pm 5,96$  лет ОА КС. Протокол исследования включал клинико-рентгенологическое исследование. Цифровые рентгенограммы подвергали анализу, алгоритм которого подразумевал выбор области интереса, бинарную сегментацию, анализ ФР, инвариантности (лакунарности), текстурные характеристики суставной щели по протоколу GLCM. Результаты. Исследование ФР суставной щели обратно коррелировало со стадией заболевания ( $r = -0,4, p = 0,004$ ) и большим размером краевых остеофитов ( $r = -0,3, p = 0,02$ ), а также с возрастом пациентов ( $r = -0,3, p = 0,03$ ). Показатель инвариантности суставной щели показал прямую корреляционную связь со стадией гонартроза ( $r = 0,5, p = 0,00007$ ), наличием больших краевых остеофитов ( $r = 0,4, p = 0,004$ ) и возрастом пациентов ( $r = 0,4, p = 0,004$ ). ФР статистически значимо снижался по мере прогрессирования гонартроза ( $H = 8,2, p = 0,04$ ), а инвариантность увеличивалась ( $H = 16,8, p = 0,0008$ ). Параметры GLCM текстуры не продемонстрировали значимых изменений по мере прогрессирования заболевания. Это может свидетельствовать и о том, что текстурные характеристики, основанные на оценке градаций оттенков серого в бинарном изображении, не отражают изменений пространственной организации суставной щели, что вполне логично. Выводы. Суставная щель КС обладает признаками фрактала и свойствами инвариантности, которые подвержены изменениям по мере прогрессирования рентгенологических симптомов ОА КС, что может быть применено для оценки рентгенологических признаков ОА КС. В доступной литературе нам не удалось найти данных о применении лакунарных характеристик рентгенограмм КС.

**Ключевые слова:** остеоартроз, остеоартрит, фрактальный анализ, инвариантность, рентгенография, коленный сустав

## FRactal Dimensions and Parameters of Texture of a Knee Joint at Osteoarthritis

Kabalyk M.A.

Pacific State Medical University, Vladivostok, e-mail: taxi\_maxim@mail.ru

The analysis of the images of an joint crack received at a standard X-ray analysis of the knee joints which possess signs of fractals is the cornerstone of research. This property can be used for an independent automatic assessment of a stage of osteoarthritis (OA). The objective – to estimate interrelation of the fractal dimension (FD) and indicators of texture of an articulate crack with data of a standard X-ray analysis of KS. Materials and methods. Research has included 92 patients at the age of  $66,1 \pm 10,5$  years with OA of the knee joints (KJ) and 24 volunteers at the age of  $29,6 \pm 5,96$  years without clinical and radiological symptoms of OA KС. The protocol of research included radiological research. Digital X-ray images subjected to the analysis which algorithm meant the choice of area of interest, binary segmentation, the analysis of FD, invariancy (lacunarity), GLCM textural characteristics. Results. At the patients included in research FD of an joint crack correlated with a disease stage ( $r = -0,4, p = 0,004$ ) and the big size of regional osteophytes ( $r = -0,3, p = 0,02$ ), and also with age patients ( $r = -0,3, p = 0,03$ ). The indicator of invariancy of an articulate crack has shown direct correlation link with OA stage ( $r = 0,5, p = 0,00007$ ), existence of big osteophytes ( $r = 0,4, p = 0,004$ ) and age of patients ( $r = 0,4, p = 0,004$ ). FD statistically significantly decreased in process of progressing of a OA ( $H = 8,2, p = 0,04$ ), and invariancy increased ( $H = 16,8, p = 0,0008$ ). The GLCM parameters of texture haven't shown significant changes in process of progressing of a disease. It can demonstrate also that the textural characteristics based on an assessment of gradation of shades gray don't reflect changes of the spatial organization of an articulate crack in a bitmap that is quite logical. Conclusions. The articulate crack of KS possesses signs of a fractal and properties of invariancy which are subject changes in process of progressing of radiological symptoms of OA KS that the X-ray of signs of the OA KS can be used for an independent assessment. We didn't manage to find the lacunarity characteristics of X-ray images of KS given about application in available literature.

**Keywords:** osteoarthritis, fractal analysis, invariancy, X-ray analysis, knee joint

Остеоартрит (ОА) представляет собой чрезвычайно распространённое заболевание [1], которое наносит существенный урон на здоровью и благосостоянию населения большинства развитых стран [2, 3]. Современная парадигма рассматривает целый ряд вопросов диагностики и лечения ОА. Одна из ключевых проблем диагно-

стики ОА коленных суставов (КС) состоит в отсутствии надёжных визуальных маркеров, отражающих комплекс суставных изменений [3, 4].

Современные рекомендации предлагают использовать стандартную рентгенографию в качестве основного средства визуализации изменений, происходящих в суставе

при ОА [5]. Вместе с тем рентгенография обладает ограниченной чувствительностью и специфичностью, которая зависит главным образом от квалификации рентгенолога и имеет описательный характер [4]. Это обстоятельство диктует потребность идентификации новых маркеров и способов оценки рентгенограмм при ОА.

Фрактальный анализ – перспективный метод обработки и интерпретации данных, активно используемый в различных разделах биомедицины, таких как неврология, микробиология, нанотехнология, фармакология [6]. Фрактальная размерность применима в тех случаях, когда имеется математическое множество, обладающее свойством самоподобия, нетривиальной структурой во всех масштабах и обладает дробной метрической размерностью. Очевидно, что параметры суставной щели обладают признаками фракталов. В связи с этим измерение фрактального размера суставной щели представляет собой интерес с точки зрения надёжности [7] и независимости от целого ряда факторов, таких как вариации положения пациента [8], яркость и контрастность снимка [9], а также способа получения рентгеновского изображения [10].

Рентгеновские изображения обладают ещё одним нетривиальным свойством – неоднородностью. Существуют различные способы идентификации инвариантности, среди которых лакунарный анализ фрактальных текстур [11], градиентные текстурные показатели [12]. В доступной литературе нами не было найдено информации об использовании данных методов для оценки изображений суставной щели при ОА КС.

Цель исследования: дать оценку вариативности фрактального размера и показателей текстурных параметров суставной щели при остеоартрите с данными стандартной рентгенографии коленного сустава.

#### Материалы и методы исследования

В исследование были включены 92 больных (78 женщин и 14 мужчин) в возрасте  $66,1 \pm 10,5$  лет с ОА КС I-IV рентгенологических стадий по Kellgren-Lowrence. В группу сравнения были включены 24 здоровых добровольца (16 женщин и 8 мужчин) в возрасте 20–34 ( $29,6 \pm 5,96$ ) лет без признаков остеоартрита. Характеристика групп пациентов приведена в табл. 1. Всеми пациентами было подписано добровольное информированное согласие на участие в данном исследовании, протокол исследования был одобрен междисциплинарным комитетом по этике ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава России.

Критерии исключения: посттравматический гонартроз, длительная иммобилизация, тяжелая соматическая патология, отсутствие согласия на участие в исследовании.

**Таблица 1**  
Клиническая характеристика групп пациентов

Показатель	Группа ОА	Группа сравнения
Всего, n, абс.	92	24
Пол ж/м, n, абс.	78/14	16/8
Возраст, M $\pm$ SD	$66,1 \pm 10,5$	$29,6 \pm 5,96$
Стадия ОА I/II/III-IV, абс.	14/52/26	–

В рамках исследования было проведено всестороннее обследование пациента опытным врачом-ревматологом, клиническое и лабораторное обследование, выполнялась рентгенография коленных суставов по общепринятой методике в прямой проекции на аппарате «КРТ ОКО Электрон». Рентгенограммы описывал опытный врач-рентгенолог, устанавливая стадию ОА. Рентгеновские изображения обрабатывали в режиме «pixel to pixel» в программах DICOM и ImageJ. Выбирали область интереса, включающую суставную щель с захватом остеофитов, плато большеберцовой кости и мыщелков бедренной кости по межмышечковое возвышение.

Сегментацию аналогового изображения осуществляли по порогу автоматической бинаризации. Бинарные изображения подвергали фрактальному анализу box-методом, получали фрактальный размер (Db). Для оценки инвариантности текстуры (Sl) суставной щели использовали показатель графика наклона прямой коэффициента регрессии натуральных логарифмов лакунарности от масштаба измерения. Изучение текстурных вариаций суставной щели КС осуществляли с использованием аналитического протокола матриц совпадений градаций серого (GLCM – Grey Level Co-occurrence Matrix): получали цифровые выражения второго углового момента (ASM), обратного момента разностей (IDM), энтропии (E).

Статистическая обработка результатов проводилась в программе Statistica 6.0 (StatSoft, США). Для сравнения двух групп использовали Z-критерий Манна – Уитни, для сравнения более двух групп использовали H-критерии Краскела – Уоллеса. Результаты представлены в виде среднего и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ). Корреляционный анализ проводился по методу Спирмена. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

У больных ОА, включенных в исследование, ФР суставной щели коленного сустава обратно коррелировала со стадией заболевания ( $r = -0,4$ ,  $p = 0,004$ ) и большим размером краевых остеофитов ( $r = -0,3$ ,  $p = 0,02$ ), а также с возрастом пациентов ( $r = -0,3$ ,  $p = 0,03$ ). Показатель инвариантности суставной щели Sl продемонстрировал прямую статистически значимую связь со стадией ОА ( $r = 0,5$ ,  $p = 0,00007$ ), наличием больших краевых остеофитов ( $r = 0,4$ ,  $p = 0,004$ ) и возрастом пациентов ( $r = 0,4$ ,  $p = 0,004$ ). Результаты текстурного анализа по протоколу GLCM не продемонстрировали корреляционных связей с рентгенологической стадией гонартроза, остеофитами и возрастом пациентов.

Таблица 2

Фрактальные и текстурные характеристики изображений суставной щели коленного сустава в исследуемых группах

Параметр	Группа ОА			Группа сравнения		
	Общее n = 92	Женщины n = 78	Мужчины n = 14	Общее n = 24	Женщины n = 16	Мужчины n = 8
Db	1,679 ± 0,060	1,676 ± 0,056	1,698 ± 0,081	1,703 ± 0,029*	1,696 ± 0,033	1,716 ± 0,017
Sл	-0,245 ± 0,059	-0,245 ± 0,062	-0,240 ± 0,037	-0,279 ± 0,019*	-0,284 ± 0,015	-0,268 ± 0,024
ASM	0,479 ± 0,078	0,489 ± 0,038	0,423 ± 0,181	0,494 ± 0,021	0,498 ± 0,11	0,485 ± 0,034**
IDM	0,936 ± 0,099	0,951 ± 0,032	0,849 ± 0,237	0,959 ± 0,018	0,965 ± 0,006	0,947 ± 0,027**
E	0,984 ± 0,037	0,844 ± 0,084	1,767 ± 0,388	0,831 ± 0,053	0,810 ± 0,16	0,874 ± 0,079**

Примечания: \* – межгрупповые различия статистически значимы,  $p < 0,05$ ; \*\* – внутригрупповые различия статистически значимы,  $p < 0,05$ .

У больных ОА отмечено достоверное снижение Db по сравнению с группой лиц без ОА ( $Z = -2,0$ ,  $p = 0,04$ ). Наблюдали значимое повышение Sл у пациентов с гонартрозом по сравнению с интактной группой ( $Z = 2,1$ ,  $p = 0,04$ ). С другой стороны, показатели текстурного анализа не продемонстрировали статистически значимых различий между группами ОА и сравнения (табл. 2). У лиц обоих полов в группе ОА текстурные параметры не имели статистически значимых различий.

У добровольцев без ОА Db и Sл также не продемонстрировали значимых гендерных различий. В то время как показатели GLCM проявили дискриминационные признаки по половому признаку. Так, ASM и IDM были статистически значимо выше у женщин (соответственно:  $Z = 1,9$ ,  $p = 0,04$ ;  $Z = 2,5$ ,  $p = 0,01$ ). Энтропия была выше у лиц мужского пола, не имевших ОА ( $Z = -2,5$ ,  $p = 0,01$ ). Среди больных гонартрозом не удалось установить статистически значимых различий не по одному изучаемому параметру между группой сравнения и пациентами с I стадией ОА КС. Вместе с тем Db статистически значимо снижался по мере прогрессирования гонартроза ( $H = 8,2$ ,  $p = 0,04$ , рис. 1), а инвариантность Sл увеличивалась ( $H = 16,8$ ,  $p = 0,0008$ , рис. 2). Больные ОА с большими краевыми остеофитами показатели Db и Sл имели статистически значимые различия (соответственно  $Z = 2,1$ ,  $p = 0,04$ ;  $Z = -2,7$ ,  $p = 0,007$ ).

Оценка рентгенограмм до настоящего времени носит преимущественно описательный характер, что нередко влечёт диагностические ошибки [13]. В настоящем исследовании показано, что суставная щель имеет нетривиальную и инвариантную форму, то есть обладает фрактальными свой-

ствами, что может быть использовано для определения её размерностей.

Наши результаты показывают, что фрактальный размер суставной щели имеет обратную связь со стадией гонартроза. По мере прогрессирования рентгенологических симптомов гонартроза происходит уменьшение фрактального значения суставной щели, что позволяет отнести фрактальный размер к достоверным визуальным маркерам заболевания. Этим данным противоречат результаты исследования Т. Miyamura и соавт. (2002), в котором фрактальные размерности несегментированных изображений не продемонстрировали значимых связей со стадией ОА коленных суставов [14]. В другом более раннем исследовании бинарных изображений фрактальный размер суставной щели был связан со степенью её сужения [15]. Это диктует необходимость разработки строгих условий протокола исследований с детализацией процедуры сегментации, например, бинаризации, которая была успешно применена в нашей работе.

Изображение суставной щели имеет ещё одно фрактальное свойство – неупорядоченность или лакунарность. Анализ инвариантных свойств бинарных изображений коленного сустава показал, что по мере усиления рентгенологических симптомов изменяется её неоднородность, что значимо отражает коэффициент наклона графика прямой лакунарности от масштаба измерения.

Показатели самоподобия и неоднородности позволяют дискриминировать пациентов с и без гонартроза. Более того, данные показатели склонны изменяться по мере прогрессирования симптомов и связаны с развитием краевых остеофитов. Полученные результаты согласуются с Е.А. Messent и соавт. (2007), которые убедительно доказали возможность

фрактальной размерности идентифицировать остеофиты у пациентов с ОА КС [15]. Однако в данном исследовании использовались не сегментированные изображения, а также не уточнялась взаимосвязь со стадией ОА. Данные обстоятельства позволяют наметить предпосылки для решения важных задач автоматической оценки рентгенологических симптомов ОА и принятия решения.

Текстурные характеристики суставной щели, вычисляемые по сопряженности уровней яркости на изображении, не показали статистически значимых различий у пациентов исследуемых групп. По-видимому, это объясняется с тем, что сопряженность уровней градаций серого определяется на основе пар смежных пикселей, разделенных заданным вектором и расстоянием. В на-

шем случае были использованы бинарные изображения, имеющие узкий спектр гистограммы оттенков серого, что в значительной степени ограничивало запись ячеек матрицы, большинство из которых были пустыми. Это может свидетельствовать и о том, что текстурные характеристики, основанные на оценке градаций оттенков серого в бинарном изображении, не отражают изменений пространственной организации суставной щели, что вполне предсказуемо. Параметры GLCM текстурного анализа показали возможность идентифицировать половые различия в характеристиках изображений суставной щели у лиц без ОА, что может быть использовано в решении узкоспециализированных исследовательских задач и, возможно, требует уточнения на больших выборках.

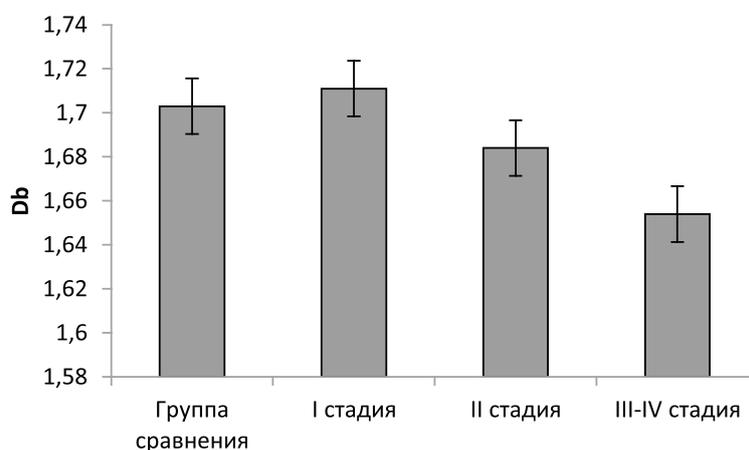


Рис. 1. Показатели фрактальной размерности суставной щели в исследуемых группах. Пояснения в тексте

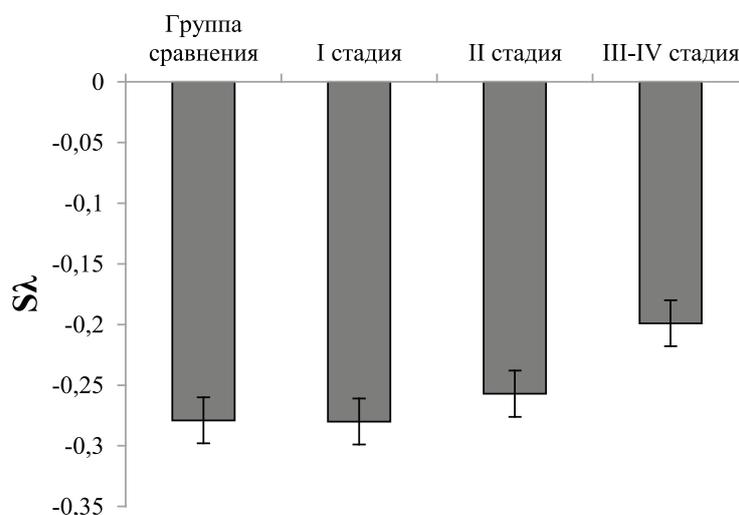


Рис. 2. Показатели инвариантности суставной щели в исследуемых группах. Пояснения в тексте

### Выводы

Таким образом, нами установлены значимые показатели, отражающие изменения пространственной организации суставной щели при гонартрозе. Фрактальный размер и инвариантность суставной щели продемонстрировали возможность диагностировать гонартроз, наблюдать изменения, происходящие по мере прогрессирования сужения суставной щели и роста остеофитов. Данные обстоятельства ещё раз подтверждают самоподобие текстур суставной щели, которые возможно описать методами неевклидовой геометрии. С другой стороны, даются предпосылки для создания автоматизированных систем принятия решений и идентификации рентгенологических изменений при гонартрозе.

### Список литературы

1. McBride A., Khan H.I., Aitken D., Chou L., Ding C., Blizzard L. Does cartilage volume measurement or radiographic osteoarthritis at baseline independently predict ten-year cartilage volume loss? // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2016. – V. 17, № 1. – P. 54.
2. Кабалык М.А. Методы обнаружения кристаллов в суставном хряще: Status praesens. Часть 1 / М.А. Кабалык, А.И. Дубиков, Т.Ю. Петрикеева // *Научно-практическая ревматология.* – 2012. – Т. 52, № 3. – С. 87–91.
3. Кабалык М.А. Феномен микрокристаллического стресса при остеоартрите / М.А. Кабалык [и др.] // *Тихоокеанский медицинский журнал.* – 2014. – № 1. – С. 70–74.
4. Zhang W., Doherty M., Peat G., Bierma-Zeinstra M.A., Arden N.K., Bresnihan B. EULAR evidence-based recommendations for the diagnosis of knee osteoarthritis // *Ann. Rheum. Dis.* – 2010. – V. 69. – P. 483–489.
5. Bruyere O., Dardenne C., Lejeune E. Subchondral tibial bone mineral density predicts future joint space narrowing at the medial femoro-tibial compartment in patients with knee osteoarthritis // *Bone.* – 2003. – V. 32. – P. 541–545.
6. Boulos R.E., Drillon G., Argoul F., Arneodo A., Audit B. Structural organization of human replication timing domains // *FEBS Lett.* – 2015. – V. 589. – P. 2944–2957.
7. Lynch J.A., Hawkes D.J., Buckland-Wright J.C. Analysis of texture in macroradiographs of osteoarthritic knees using the fractal signature // *Phys. Med. Biol.* – 1991. – V. 36. – P. 709–722.
8. Кабалык М.А. Вопросы коморбидности и математической морфологии при остеоартрозе // *Lambert Academic Publishing.* – 2016. – С. 117.
9. Pothuaud C., Benhamou L., Porion P., Lespessailles E., Harba R., Levitz, P. Fractal dimension of trabecular bone projection texture is related to three-dimensional microarchitecture // *J. Bone Miner. Res.* – 2000. – V. 15. – P. 691–699.
10. Kabalyk M.A. Age-related aspects of the involvement of heat shock proteins in the pathogenesis of osteoarthritis // *Advances in gerontology.* – 2017. – V. 7, № 4. – P. 276–280.
11. Valous N.A., Da-Wen S., Paul A., Mendoza F. The Use of Lacunarity for Visual Texture Characterization of Pre-Sliced Cooked Pork Ham Surface Intensities // *Food Research International.* – 2010. – V. 43, № 1. – P. 387–395.
12. Joseph G.B., Baum T., Carballido-Gamio J., Nardo L., Virayavanich W., Alizai H. Texture analysis of cartilage T2 maps: individuals with risk factors for OA have higher and more heterogeneous knee cartilage MR T2 compared to normal controls—data from the osteoarthritis initiative // *Arthritis Res. Ther.* – 2011. – V. 13, № 5. – P. 153.
13. Guermazi A., Hunter D.J., Li L., Benichou O., Eckstein F., Kwoh C.K. Different thresholds for detecting osteophytes and joint space narrowing exist between the site investigators and the centralized reader in a multicenter knee osteoarthritis study—data from the Osteoarthritis Initiative // *Skeletal Radiol.* – 2012. – V. 41. – P. 179–186.
14. Кабалык М.А. Текстурные характеристики субхондральной кости при остеоартрозе // *Казанский медицинский журнал.* – 2016. – Т. 97, № 4. – С. 518–523.
15. Messent E.A., Ward R.J., Tonkin C.J., Buckland-Wright C. Osteophytes, juxta-articular radiolucencies and cancellous bone changes in the proximal tibia of patients with knee osteoarthritis // *Osteoarthritis Cartilage.* – 2007. – V. 15, № 2. – P. 179–186.

УДК 617.741-004.1

**ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИЯ И МАКУЛЯРНЫЙ ОТЕК СЕТЧАТКИ****Короев О.А., Аликова Т.Т., Короев А.О., Хадикова Э.В., Созаева М.А.***ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия» Минздрава России, Владикавказ, e-mail: okoroev@yandex.ru*

Проанализировано 1072 истории болезни пациентов, которые перенесли операцию фактоэмульсификации в период с 2013 по 2015 гг. Одновременно с этим был выполнен анализ документов 158 больных, которым было произведено интравитреальное введение ранибизумаба (луцентиса). Выявлялись те пациенты, у которых после операции возникли изменения в макулярной области сетчатки вследствие отека. Таких больных оказалось 14 человек. Частота возникновения макулярного отека у больных в течение двух лет после фактоэмульсификации составила 1,31%. Проводилось исследование наличия у данной группы больных соматических заболеваний. 35,7% из них страдали сахарным диабетом, 28,6% – гипертонической болезнью, причем двое в сочетании с сахарным диабетом. Для лечения патологии сетчатки им было произведено интравитреальное введение ранибизумаба (луцентиса). У 71,4% пациентов удалось добиться повышения остроты зрения. Наибольшую положительную динамику имели пациенты, страдающие сахарным диабетом и оперированные по поводу глаукомы. Кратность введения ранибизумаба (луцентиса), по нашим данным, выраженного влияния на состояние макулярной области и зрительных функций не оказывала. Высокая частота возникновения макулярного отека после фактоэмульсификации у больных сахарным диабетом позволяет считать его фактором риска.

**Ключевые слова:** фактоэмульсификация, макулярный отек, Луцентис**PHACOEMULSIFICATION AND MACULAR EDEMA****Koroev O.A., Alikova T.T., Koroev A.O., Khadikova E.V., Sozaeva M.A.***North Ossetian State Medical Academy Ministry of health of Russia, Vladikavkaz, e-mail: okoroev@yandex.ru*

1072 analyzed the case histories of patients who underwent phacoemulsification surgery in the period from 2013 to 2015. At the same time was the analysis of documents 158 patients who were produced by the intravitreal injection of ranibizumab (Lucentis). Identified patients who after surgery have any changes in the macular region of the retina due to edema. These patients were 14 people. The incidence of macular edema in patients within two years after phacoemulsification made up 1.31%. The study was conducted they have somatic diseases. 35.7% had diabetes, 28.6% of – hypertension, and two in combination with diabetes. For the treatment of retinal pathology it produced an intravitreal injection of Lucentis. At 71.4% of patients were able to achieve improved visual acuity. The largest positive trend was patients with diabetes and surgery for glaucoma. The frequency of administration of ranibizumab according to our data impact on the state of the macula and visual function is not provided. The high incidence of macular edema after phacoemulsification in diabetic patients, can be considered as a risk factor.

**Keywords:** phacoemulsification, macular edema, Lucentis

В настоящее время фактоэмульсификация становится основным методом лечения катаракты. Эта операция привлекает внимание офтальмохирургов в связи с минимальным инвазивным вмешательством во время манипуляций. Все это снизило риск операционных и послеоперационных осложнений [1, 2]. Однако воздействие ультразвукового излучения на глаз оказывает разнообразное воздействие на ткани глаза, в частности роговицу, сосудистую оболочку и сетчатку. Одним из возможных осложнений операции является макулярный отек сетчатки. Причины его возникновения во многом остаются неизвестными. Однако многие офтальмологи [3–5] уделяют значительное внимание морфометрическому состоянию центральной зоны сетчатой оболочки после оперативного лечения по поводу катаракты. Возникший отек в последующем может привести к развитию возрастной макулострофии по влажному типу, формированию субретинальной нева-

скулярной мембраны и возникновению преретинальных тракций в результате фиброза. Такая перспектива развития патологии является весьмастораживающей. Именно этим аспектом была вызвана необходимость проведения настоящей работы.

Целью нашего исследования было выявление возможной связи возникновения макулярного отека сетчатки после фактоэмульсификации с сопутствующей соматической и локальной патологией. В связи с этим были сформулированы конкретные задачи исследования:

- 1) изучить частоту возникновения макулярного отека сетчатки после фактоэмульсификации;
- 2) исследовать зависимость возникновения отека от хода операции, наличия соматической и локальной глазной патологии у пациентов;
- 3) разработать меры профилактики макулярного отека.

### Материалы и методы исследования

Нами было проанализировано 1072 истории болезней пациентов, перенесших операцию факоэмульсификации в республиканской офтальмологической больнице в период с 2013 по 2015 гг. Одновременно был выполнен анализ документов 158 больных, которым вследствие какой-либо патологии в этом же учреждении было произведено интравитреальное введение ранибизумаба (луцентиса). Нами выявлялись пациенты, у которых в разные сроки после операции возникли изменения в макулярной области сетчатки вследствие отека. Таких больных оказалось 14 человек. Пациентам для профилактики возникновения макулярного отека в настоящее время до и после операции применяют нестероидные противовоспалительные препараты [6, 7]. С 2015 г. после проведенной факоэмульсификации больные в качестве профилактики получали таблетированный индометацин по 25 мг 3 раза в сутки в течение 2 недель. У всех больных было получено информированное согласие на проведение обследования, включавшего визометрию с оптической коррекцией, обследование сеткой Амслера, периметрию, биомикроскопию, гониобиомикроскопию, ультразвуковое В-сканирование глаза, офтальмотонометрию, офтальмоскопию, рефрактометрию и оптическую когерентную томографию, а также согласие на интравитреальное введение луцентиса.

Проводилось изучение соматических заболеваний этих больных с привлечением специалистов соответствующего профиля для выявления наличия у пациентов сопутствующей патологии. При необходимости им выполнялись дополнительные лабораторные и клинические исследования.

### Результаты исследования и их обсуждение

Частота возникновения макулярного отека у больных в течение двух лет после факоэмульсификации составила 1,31%. Возраст пациентов составлял от 59 до 85 лет (в среднем 74,6 года). Среди них было 6 мужчин и 8 женщин. Распределение больных по полу и возрасту представлено в табл. 1.

Как видно из приведенной таблицы, возрастной уровень женщин оказался несколько старшим. Возможно, это связано с тем, что большинство оперированных это женщины, возраст которых в целом больше, нежели у мужчин.

В 13 случаях из 14 поврежденными оказывались правые глаза. При обследовании этих больных до операции факоэмульсификации патологии со стороны сетчатки выявлено не было. Всем им проводилось офтальмоскопическое исследование и обследование на оптическом когерентном томографе STRATUS OCT 3000. Возникновение макулярного отека наблюдалось у большинства больных в течение первого года после операции. Все пациенты отмечали снижение зрения оперированного глаза и наличие «пятна» (иногда полупрозрачно-

го, иногда – относительно плотного) в центре поля зрения. Обследование на сетке Амслера у всех пациентов дало искривление линий, т.е. наблюдались метаморфозы различной степени выраженности. В связи с возрастными и психологическими особенностями пациентов исследовать площадь искривлений на сетке Амслера не представлялось возможным.

У больных, оперированных по поводу катаракты и получавших лечение индометацином в течение 2015 г., явлений отека макулярной зоны сетчатки после операции выявлено не было.

Результатом тестирования центрального поля зрения на компьютерном периметре GALAXY оказалось наличие центральных положительных и отрицательных относительных скотом различной конфигурации и размеров, причем размер скотом не коррелировал ни с остротой зрения пациента, ни с площадью наблюдаемого визуально отека. Световая чувствительность в области скотом была достаточно резко снижена, но никогда не снижалась до нуля.

Послеоперационных изменений периферических границ поля зрения у пациентов выявлено не было.

Перед операцией и после нее всем больным проводилось биомикроскопическое исследование. В группе обследуемых были выявлены следующие изменения. У троих больных отмечались деструктивные изменения в пигментной кайме зрачка, что мы отнесли к глаукомным проявлениям и возрастным изменениям радужной оболочки. У одного пациента, страдающего диабетом, мы выявили один новообразованный сосуд у корня радужной оболочки, что в целом можно отнести к началу процесса неоваскуляризации. Еще у двоих мы наблюдали псевдоэксфолиации на передней капсуле хрусталика. Причем их наличие сочеталось с деструктивными изменениями пигментной каймы зрачка. Помутнения хрусталика имели, как правило, полиморфный характер с превалированием изменений под задней капсулой хрусталика. Таким образом, все они были расценены как незрелая катаракта. Выявленные биомикроскопически изменения не оказали влияния на ход операции и течение послеоперационного периода. Однако у одного больного после операции мы стали отмечать деструктивные изменения пигментной каймы зрачка.

При проведении гониобиомикроскопии у всех пациентов был диагностирован открытый угол передней камеры. Правда, ширина его и степень пигментации оказались различными. Среднюю ширину имел угол передней камеры у 7 пациентов. Также

у семи угол был узким, но свободно открывался при пробе Форбса. Выраженная пигментация трабекулярной зоны отмечалась нами у четырех человек. Оказалась довольно интересной и, возможно, требующей дополнительных исследований оценка этой особенности в послеоперационном периоде. Оказалось, что у одного пациента после операции степень отложения пигмента резко уменьшилась, а у одного, практически не имевшего пигмента в углу передней камеры, – она появилась.

При рефрактометрическом исследовании перед операцией у всех пациентов была выявлена небольшая миопия или миопический астигматизм. В связи с этим в расчетах интраокулярных линз не применялась торическая оптика. Все больные предпочли в результате операции сохранить имевшуюся превентивно оптику глаза. Исследование рефракции у пациентов после операции по поводу катаракты не выявило значительных изменений в силе оптического аппарата глаза (табл. 2). У всех пациентов величина аметропии или астигматизма не превышала 2,0 дптр. Склонности к появлению гиперметропической рефракции нами отмечено не было. Тем не менее оптическая коррекция аномалии рефракции повышения визуальных результатов не давала.

При подготовке к операции факоемульсификации с имплантацией интраокулярной линзы все больные проходили клиническое обследование и исследование у терапевта. Пятеро из четырнадцати пациентов (35,7%) страдали сахарным диабетом второго типа, причем до операции изменения макулярной области у них не были обнаружены. У всех наблюдалась развитая стадия диабетической ретинопатии без поражения желтого пятна сетчатки. Причем у двоих из них отмечалась субкомпенсация диабета. Четверо (28,6%)

страдали гипертонической болезнью, причем двое в сочетании с диабетом. Уровень артериального давления у гипертоников регулировался медикаментозно. На глазном дне у них имелись явления гипертонической ангиопатии. Двое пациентов имели компенсированную открытоугольную развитую глаукому. Один из них за два года до факоемульсификации перенес антиглаукоматозную операцию (глубокая склерэктомия). Оба пациента получали местную гипотензивную терапию как до хирургического вмешательства, так и после него. У больных, страдающих глаукомой, декомпенсации офтальмотонуса после факоемульсификации не наблюдалось.

Достаточно высокий уровень больных диабетом позволяет считать его фактором риска возникновения макулярного отека после факоемульсификации. Профилактика процесса видится в предоперационной компенсации уровня сахара крови и проведении сосудукрепляющей терапии.

Всем больным до операции и после нее проведено исследование на оптическом когерентном томографе STRATUS OCT 3000. В предоперационном периоде выраженных изменений в макулярной области не было выявлено.

В качестве оперативного лечения катаракты пациентам была произведена стандартная факоемульсификация с имплантацией мягких интраокулярных линз фирмы ALCON. Послеоперационный период проходил без осложнений. Больные получали местное, в виде инстилляций, стандартное противовоспалительное лечение (антибактериальные, нестероидные противовоспалительные, кортикостероидные препараты). С 2015 г. всем больным, помимо препаратов для местного применения, после операции назначался таблетированный индометацин по 25 мг 3 раза в сутки в течение 2 недель.

Таблица 1

Распределение больных с макулярным отеком по полу и возрасту

	до 60 лет	60–70 лет	71–80 лет	81 и старше
Мужчины	1	3	2	–
Женщины	–	4	3	1
Итого	1	7	5	1

Таблица 2

Рефракционные показатели больных после факоемульсификации

Рефракция	Количество больных
Миопия до 1,0 дптр	6 (42,86%)
Миопический простой астигматизм до 1,0 дптр	4 (28,57%)
Сложный миопический астигматизм до 2,0 дптр	4 (28,57%)

**Таблица 3**

Динамика остроты зрения после интравитреального введения лувентиса

Острота зрения	Количество больных до ИВВ введения Лувентиса	Количество больных после ИВВ введения Лувентиса
От светоощущения до 0,1	5 (35,7%)	2 (14,3%)
0,2-0,5	8 (57,2%)	7 (50,0%)
0,6 и выше	1 (7,1%)	5 (35,7%)
Итого	14 (100,0%)	14 (100,0%)

**Таблица 4**

Динамика высоты отека макулярной области после интравитреального введения лувентиса

Уменьшение высоты отека после введения лувентиса (мкм)	Сопутствующая патология	Кратность введения
219	Диабетическая пролиферативная ретинопатия	1
572	Диабетическая пролиферативная ретинопатия, гипертоническая болезнь	2
97	Диабетическая ретинопатия, гипертоническая болезнь	3
120	Диабетическая ретинопатия	3
134	Диабетическая ретинопатия	1
31	–	4
96	Открытоугольная глаукома	1
93	–	2
59	Гипертоническая болезнь	1
346	Оперированная открытоугольная глаукома	1
53	Гипертоническая болезнь	2
119	–	1
47	–	3
69	–	1

После возникновения у части пациентов изменений в макулярной области сетчатки было проведено повторное исследование на оптическом когерентном томографе, что является важным элементом обследования таких больных [8, 9]. У всех диагностирован макулярный отек сетчатки. Для лечения патологии им было произведено интравитреальное введение ранибизумаба (луцентиса).

При исследовании пациентов с отеком макулярной зоны сетчатки выявлено, что средняя острота зрения у них составляла 0,2 (табл. 3).

У десятирых (71,4%) пациентов удалось добиться повышения остроты зрения, причем она повысилась на 0,2–0,3. У четверых больных добиться повышения остроты зрения не удалось, хотя положительная динамика в состоянии макулярной зоны отмечалась у всех пациентов.

При тестировании центрального поля зрения на компьютерном периметре GALAXY после проведенного лечения лишь у 2 пациентов обнаружили наличие центральных относительных скотом, хотя

светочувствительность центральной зоны сетчатки практически у всех больных была снижена.

Высота отека макулярной зоны уменьшилась во всех случаях (табл. 4). Из таблицы видно, что наибольшая положительная динамика в отношении отека макулярной области наблюдалась у пациентов с пролиферативной диабетической ретинопатией, страдающих гипертонической болезнью, а также у пациента, оперированного по поводу глаукомы. Кратность введения ранибизумаба, по нашим данным, выраженного влияния на состояние макулярной области и зрительных функций не оказывала. Отдаленные результаты у больных прослежены не были. Их исследования будут являться предметом дальнейшего наблюдения и лечения данной группы пациентов.

#### Выводы

1. Появление макулярного отека после фактоэмульсификации наиболее часто наблюдается у больных с диабетической ретинопатией.

2. Максимальную эффективность лечения макулярного отека ранибизумабом после факоэмульсификации удалось получить у пациентов, страдающих пролиферативной диабетической ретинопатией и глаукомой.

3. Системное назначение препарата индометацина, по нашим данным, позволяет резко снизить у больных возможность появления отека макулярной области сетчатки после операции факоэмульсификации.

#### Список литературы

1. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Казарян Э.Э., Галоян Н.С., Шашорина С.А. Сравнительная оценка влияния гидромониторной факофрагментации и ультразвуковой факоэмульсификации на морфометрические параметры центральной области сетчатки // Вестник офтальмологии. – 2008. – № 124 (1). – С. 8–11.

2. Галоян Н.С., Шелудченко В.М., Мамиконян В.Р., Юсеф Н.Ю., Введенский А.С. Оценка морфофункционального состояния центральной зоны сетчатки при применении ультразвуковой факоэмульсификации // Сборник материалов научной конференции «Современные возможности

в диагностике и лечении витреоретинальной патологии». – М., 2004. – С. 101–104.

3. Иошин И.Э. Факоэмульсификация. – М.: Апрель, 2012. – 104 с.

4. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Калинин Ю.Ю., Оздербаева А.А. Профилактика макулярного отека при факоэмульсификации катаракты // Российский офтальмологический журнал. – 2014. – № 7 (2). – С. 21–26.

5. Катаргина Л.А., Круглова Т.Б., Егиян Н.С., Рябцев Д.И., Трифонова О.Б. Морфометрическое состояние макулярной зоны у детей с артефакцией после оперативного лечения врожденных катаракт // Российский офтальмологический журнал. – 2016. – № 9 (1). – С. 27–31.

6. Малогин Б.Э., Шпак А.А., Морозова Т.А. Фармакологическое сопровождение современной хирургии катаракт: третье издание. – М.: Офтальмология, 2014. – 200 с.

7. Шпак А.А., Копаева В.Г., Андреев Ю.В., Руднева М.А. Оптическая когерентная томография у больных с незрелой катарактой и артефакцией // Вестник офтальмологии. – 2006. – № 122 (4). – С. 18–20.

8. Kim S.J., Flach A.J., Jampol L.M. Nonsteroidal Anti-inflammatory drugs in ophthalmology // Survey of Ophthalmology. – 2010. – № 55 (2). – P. 108–133.

9. Biro Z., Balla Z., Kovacs B. Change of foveal and perifoveal thickness ensured by OCT after Phacoemulsification and IOL implantation // Eye (Lond). – 2008. – № 22 (1). – P. 8–12.

УДК 616.12-008.331.1

## ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У ЛИЦ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

<sup>1</sup>Кручинина М.В., <sup>1</sup>Абдуллаева П.А., <sup>1</sup>Громов А.А., <sup>1</sup>Баум В.А., <sup>2</sup>Генералов В.М.,  
<sup>2</sup>Генералов К.В., <sup>3</sup>Кручинин В.Н., <sup>3</sup>Рыхлицкий С.В.

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, e-mail: office@iimed.ru;

<sup>2</sup>ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, пос. Кольцово, Новосибирская область, e-mail: vector@vector.nsc.ru;

<sup>3</sup>ФГБНУ «Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, e-mail: ifp@isp.nsc.ru

Представлены возможности оценки степени тяжести гемореологических нарушений у больных с артериальной гипертензией (АГ), основанной на исследовании параметров гемостаза, клеток красной крови с использованием диэлектрофореза. У пациентов с АГ увеличение риска венозных тромбозомболических осложнений ассоциировано с ускорением лейкоцитарно-тромбоцитарной агрегации, повышением уровня фибриногена и снижением активности XIIa-зависимого фибринолиза, что создает предпосылки для реологических нарушений. Наиболее точное прогнозирование результата по степени тяжести гемореологических нарушений (дифференцировка умеренных и выраженных нарушений от легких) обеспечивается такими показателями электрических и вязкоупругих параметров эритроцитов (Er), как поляризуемость на высокой частоте 10<sup>6</sup> Гц (AUC = 0,750), скорость движения к электродам (AUC = 0,746), уровень деформации при 5x10<sup>5</sup> Гц (AUC = 0,733), электрическая проводимость (AUC = 0,730), показатель вязкости (обобщенный, AUC = 0,729), индекс эритроцитарной агрегации (AUC = 0,716), градации по степени деформации на всех частотах (AUC 0,716), показатель жесткости (обобщенный, AUC = 0,714), деформации амплитуда при 10<sup>6</sup> Гц (AUC = 0,711), емкость клеток (AUC 0,693). Показатель специфичности для различных показателей эритроцитов составляет 75,4–99,3%, чувствительности – 84,1–98,6%.

**Ключевые слова:** артериальная гипертензия, гемореологические нарушения, электрические, вязкоупругие параметры эритроцитов, гемостаз, лейкоцитарно-тромбоцитарная агрегация, гемолизат-агрегационный тест, риск тромбозов

## THE ASSESSMENT OF THE SEVERITY OF HEMORHEOLOGICAL DISORDERS IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

<sup>1</sup>Kruchinina M.V., <sup>1</sup>Abdullaeva P.A., <sup>1</sup>Gromov A.A., <sup>1</sup>Baum V.A., <sup>2</sup>Generalov V.M.,  
<sup>2</sup>Generalov K.V., <sup>3</sup>Kruchinin V.N., <sup>3</sup>Rykhlytskiy S.V.

<sup>1</sup>Research Institute of Internal and Preventive Medicine Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: office@iimed.ru;

<sup>2</sup>Federal Budgetary Research Institution «State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Koltsovo, Novosibirsk region, e-mail: vector@vector.nsc.ru;

<sup>3</sup>Rzhanov Institute of Semiconductor Physics Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: ifp@isp.nsc.ru

The possibilities of assessing the severity of hemorheological disorders in patients with arterial hypertension, based on the study of parameters: hemostasis, erythrocytes (by dielectrophoresis). In patients with hypertension, as the risk of venous thromboembolic complications increased, acceleration of leukocyte-platelet aggregation, increased fibrinogen level and decreased activity of XII-dependent fibrinolysis, which creates prerequisites for rheological disturbances, were revealed. The most accurate prediction of result according to severity of hemorheological disorders (differentiation moderate and expressed disorders from the lungs) is provided by such indicators of electric and viscoelastic parameters of erythrocytes, as the polarizability of red blood cells at a frequency of 106 Hz (AUC = 0,750 in), the speed of movement of cells to the electrodes (AUC = 0,746), deformation degree at a frequency of 5x10<sup>5</sup> Hz (AUC = 0,733), conductivity cell (AUC = 0,730), the generalized viscosity (AUC = 0,729), the index of aggregation of erythrocytes (AUC = 0,716), graduation according to the degree of strain at all frequencies (AUC = 0,716), generalized stiffness (AUC = 0,714), the deformation amplitude at frequency of 106 Hz (AUC = 0,711), the capacity of the cells (AUC = 0,693). The measure of specificity for different indices of erythrocytes is 75,4–99,3% and a sensitivity of 84,1–98,6%.

**Keywords:** arterial hypertension, hemorheological disorders, electrical, viscoelastic parameters of red blood cells, hemostasis, leukocyte-platelet aggregation, hemolysis-aggregation test, the risk of thrombosis

Артериальная гипертензия (АГ) встречается у 20–30% взрослого населения, являясь очень распространённой кардио-

васкулярной патологией, особенно у лиц старше 65 лет, достигая при этом 50–65%. Будучи основной причиной сердечно-со-

судистых расстройств, АГ в значительной степени обуславливают структуру общей заболеваемости и смертности населения.

Доказано участие многих факторов в механизме увеличения артериального давления (АД) и развития АГ [1–3], в том числе увеличение общего периферического сопротивления, вызванное как гипертонусом микрососудов, так и вязкостным сопротивлением потока крови [2, 4]. Известны нарушения гемореологии у больных с длительным стажем АГ, которые проявлялись в увеличении вязкости крови, нарастании агрегации клеток красной крови и снижении их способности к деформации [2, 4]. К настоящему времени достоверно не установлено, какой из гемореологических факторов – вязкость плазмы, содержание эритроцитов, их агрегация, деформируемость – следует считать основным в изменении параметров вязкости крови. Проведенные исследования демонстрировали влияние современных антигипертензивных средств на реологические характеристики крови больных АГ: положительный эффект антагонистов кальция [4], бета-адреноблокаторов [5, 6], ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента [7].

Представляет интерес вопрос о возможной ассоциации нарушений гемореологии с факторами, влияющими на сердечно-сосудистый риск. В настоящее время наиболее адекватной моделью прогнозирования вероятности появления и развития тромбоза является шкала, предложенная Йозефом Каприни (Joseph Caprini) [8]. Она доказана ретроспективными регистровыми исследованиями более чем на 16 тысяч больных сосудистого, урологического, общехирургического, оториноларингологического профилей. В данных работах выявлена четкая ассоциация между количеством баллов и частотой выявления венозных тромбозов.

Для проверки гипотезы о связи повышения АД и реологических механизмов весьма актуально изучение динамики нарушений гемореологии у пациентов с АГ на фоне эффективного снижения АД.

Цель работы: исследовать возможность оценки степени тяжести гемореологических нарушений у лиц, страдающих арте-

риальной гипертензией с использованием параметров гемостаза, электрических и вязкоупругих показателей эритроцитов.

### Материалы и методы исследования

В условиях клинико-диагностического отделения НИИТПМ – филиала ИЦиГа СО РАН обследованы лица в количестве 203 (25–70 лет, (средний возраст  $57,4 \pm 0,8$  лет, женщины (134) и мужчины (69)). Обследуемые, в зависимости от степени заболевания, представлены 2-мя группами.

Группа сравнения (1 группа) включала 47 больных мужчин (12) и женщин (35) ( $50,2 \pm 1,9$  лет), не имеющих артериальной гипертонии, они госпитализированы вследствие иных причин. Условиями включения в группу контроля – артериальное давление (плечевая артерия) ниже 140/90 мм рт. ст. при отсутствии кардиоваскулярной патологии и других заболеваний, оказывающих негативное влияние на сердце и сосуды.

Вторую группу составили 156 пациентов с артериальной гипертонией (АГ, стадии I–II,  $59,4 \pm 0,8$  лет), мужчины (57) и женщины (99) со средней продолжительностью АГ  $10,2 \pm 2,6$  года. Установление диагноза произведено в соответствии с Российскими рекомендациями ВНОК 2010 г. (четвертый пересмотр) [9] на основании комплекса исследований, включая клиническое, биохимическое, инструментальное, ультразвуковое. Критерии включения: 1. Мужчины и женщины 25–70 лет с АГ I–II стадии. 2. Подписание документа об участии в исследовании (информированное согласие). Исключающими факторами выбраны: 1. Не соответствие возраста (менее 25 или более 70 лет). 2. Верификация декомпенсации кардиоваскулярной, пищеварительной, дыхательной систем, осложнений данных патологий. 3. Отсутствие подписанного документа (информированное согласие).

Всем обследуемым при поступлении была проведена оценка индивидуального риска развития венозных тромбозомболических осложнений (ВТЭО) по J. Caprini с поправкой на то, что пациенты являются больными терапевтического профиля (табл. 1). В зависимости от риска развития тромбозов были сформированы три подгруппы пациентов – с низким риском (по шкале Caprini количество баллов < или = единице –  $n = 69$ ), с умеренным риском (число баллов в тесте на ВТЭО равно 2 –  $n = 85$ ) и с высоким риском (количество баллов в тесте на риск развития ВТЭО более 3 –  $n = 49$ ). При проведении теста выявлено, что пациенты группы сравнения имели низкий риск развития ВТЭО (количество баллов не превышало 0–1).

Выполнение обследования одобрено заседанием Комитета биомедицинской этики НИИТПМ от 15.01.2017).

Таблица 1

Результаты шкалы оценки индивидуального риска развития ВТЭО по J. Caprini

Группы обследуемых	1 subgroup Risk low 69 чел.		2 subgroup Risk medium 85 чел.	3 subgroup Risk high 49 чел.		
	0	1	2	3	4	5
Баллы по риску развития ВТЭО						
Количество обследуемых (чел.)	48	21	85	31	14	4

Пациентам проведено комплексное клинико-инструментальное обследование. Среди параметров системы гемостаза исследованы гемолизат-агрегационный тест, лейкоцитарно-тромбоцитарная агрегация, определены уровни протромбинового индекса, фибриногена, РКФМ-растворимых комплексов мономеров фибрина и других показателей стандартными методами.

Для исследования электрических, вязкоупругих характеристик клеток красной крови использовался диэлектрофорез в неоднородном переменном электрическом поле (НПЭП) (взвеси эритроцитов получены из цельной венозной крови). Методика приготовления проб и проведения исследований подробно представлена в монографии [10]. Комплекс специальных программ CELLFIND использован для модельного расчета данных. Отклонение в воспроизводимости составило 7–12%.

Программа SPSS ver. 17 использована для статистической обработки полученных результатов. Количественно распределение признаков проводилось по методу Колмогорова – Смирнова. Если распределение соответствовало нормальному закону, определялось  $M$  – среднее значение и  $m$  – стандартная ошибка среднего с оценкой достоверности различия параметров по критериям Стьюдента, Пирсона. При отклонении от нормального распределения значимость различий определяли с помощью критериев непараметрических – хи-квадрат, Манна – Уитни (U-критерий), Колмогорова – Смирнова. Величина нулевой гипотезы ( $p$ , ее критический уровень значимости) выбирался 0,05. ROC-анализ с построением характеристических кривых использовался в оценке степени значимости параметров эритроцитов, гемостаза и для диагностики гемореологических нарушений и оценки риска их развития у пациентов с артериальной гипертонией.

### Результаты исследования и их обсуждение

#### *Параметры гемостаза у пациентов с АГ с различным риском ВТЭО*

Среди пациентов с АГ с умеренной и выраженной тяжестью гемореологических нарушений (риском развития ВТЭО) преобладали лица с проявлениями метаболического синдрома, ассоциированного с признаками диффузных заболеваний печени, нарушениями обмена пуринов, функции почек, признаками воспалительного процесса различной активности; большая часть пациентов имела факторы, предрасполагающие к развитию ВТЭО.

Группы обследуемых с различным риском развития ВТЭО проанализированы по основным параметрам гемостаза (табл. 2).

Анализ обследуемых групп (пациентов с АГ и группы сравнения), отличных по риску развития ВТЭО, показал их сопоставимость по полу и возрасту. При исследовании параметров общего анализа крови у пациентов различных подгрупп отмечено увеличение количества эритроцитов по мере нарастания риска ВТЭО (с достоверным отличием между группами с низким и высоким риском) при одновременном снижении среднего содержания гемоглобина в эритроците, величины цве-

тового показателя (ЦП), среднего корпускулярного объема эритроцитов и уменьшении относительной ширины распределения эритроцитов по объему ( $p = 0,001–0,025$ ). Длительность кровотечения у лиц с высоким риском ВТЭО оказалась несколько короче, хотя уровня достоверности данные показатели не достигали. Уровень тромбоцитов был достоверно ниже в группе умеренного риска ВТЭО по сравнению с низким ( $p = 0,049$ ), что, вероятно, связано с повышенным потреблением клеток в условиях активации клеточного гемостаза (количество тромбоцитов находилось в пределах референтных границ).

Исследование показателей гемостаза выявило ускорение лейкоцитарно-тромбоцитарной агрегации в подгруппах по мере нарастания риска ВТЭО, в группах с низким и высоким риском, с низким и умеренным риском эти различия достоверны ( $p = 0,02–0,05$ ). Лейкоцитарно-тромбоцитарная агрегация является отражением суммарного ответа клеток крови, ускорение ее подтверждает наличие клинически значимого риска развития ВТЭО [11]. Достоверные отличия в группах с низким и высоким риском также выявлены в увеличении уровня фибриногена и замедлении Хагеман-зависимого фибринолиза ( $p = 0,048, 0,05$ ).

Большинство показателей гемостаза демонстрировали тенденции к активации, но достоверных различий в подгруппах не достигали: агрегация тромбоцитов, длительность кровотечения, свертывающая активность по внешнему и внутреннему механизму свертывания, активность антитромбина III, в том числе уровень растворимого комплекса фибрин-мономера, являющийся непосредственным показателем тромбообразования [12, 13]. Уровень волчаночного антикоагулянта оказался достоверно выше в подгруппе высокого риска ВТЭО по сравнению с низким ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, показатели гемостаза отражали тенденцию к активации, но достоверные различия отмечены лишь в активности лейкоцитарно-тромбоцитарной агрегации, показателях фибриногена, Хагеман-зависимого фибринолиза и волчаночного антикоагулянта, что создает предпосылки для развития внутрисосудистых нарушений, но не выявляет определяющих звеньев риска тромбообразования.

#### *Электрические, вязкоупругие параметры эритроцитов у пациентов с артериальной гипертонией с различным риском ВТЭО*

Исследование электрических и вязкоупругих параметров эритроцитов в подгруппах позволило выявить различия по степени гемореологических нарушений (табл. 3).

Таблица 2

Параметры гемостаза в группах больных, различных по риску развития ВТЭО (М ± m)

Показатели	1 subgroup Risk low 69 чел.	2 subgroup Risk average 85 чел.	3 subgroup Risk high 49 чел.	p =
1	2	3	4	5
Возраст в годах	57,0 ± 1,47	63,9 ± 0,99	58,7 ± 1,63	P <sub>1-2</sub> 0,102 P <sub>1-3</sub> 0,34 P <sub>2-3</sub> 0,205
ЧСС (уд/мин)	67,1 ± 2,35	66,6 ± 2,64	73,2 ± 1,68	P <sub>1-2</sub> 0,896 P <sub>1-3</sub> 0,035 P <sub>2-3</sub> 0,038
Нарушения ритма сердца (%)	18,2	23,1	37,5	P <sub>1-2</sub> 0,732 P <sub>1-3</sub> 0,01 P <sub>2-3</sub> 0,03
Пол (%)	Ж – 65,4 М – 34,6	Ж – 68,3 М – 31,7	Ж – 63,8 М – 36,2	P <sub>1-2</sub> 0,282 P <sub>1-3</sub> 0,128 P <sub>2-3</sub> 0,266
Активность свертывающая (МА, максимум)%	99,26 ± 0,47	101,22 ± 0,62	104,73 ± 0,58	P <sub>1-2</sub> 0,128 P <sub>1-3</sub> 0,074 P <sub>2-3</sub> 0,393
Инактивации тромбина индекс (ИИТ)	1,89 ± 0,18	2,02 ± 0,06	2,46 ± 0,04	P <sub>1-2</sub> 0,158 P <sub>1-3</sub> 0,08 P <sub>2-3</sub> 0,224
Индекс (протромбиновый), %	98,83 ± 1,14	102,12 ± 1,27	107,5 ± 1,62	P <sub>1-2</sub> 0,35 P <sub>1-3</sub> 0,063 P <sub>2-3</sub> 0,142
Нормализованное отношение (международное, МНО)	1,03 ± 0,018	0,97 ± 0,011	0,95 ± 0,013	P <sub>1-2</sub> 0,285 P <sub>1-3</sub> 0,071 P <sub>2-3</sub> 0,241
Растворимые комплексы моно- меров фибрина (РКМФ), г/л	0,073 ± 0,003	0,102 ± 0,021	0,124 ± 0,025	P <sub>1-2</sub> 0,078 P <sub>1-3</sub> 0,065 P <sub>2-3</sub> 0,084
Фибринолиз (Хагеман-зависи- мый) (ФХЗ), мин.	11,73 ± 0,9	15,38 ± 1,18	20,81 ± 2,69	P <sub>1-2</sub> 0,072 P <sub>1-3</sub> 0,050 P <sub>2-3</sub> 0,069
Фибриноген, г/л	3,31 ± 0,09	4,42 ± 0,12	5,27 ± 0,16	P <sub>1-2</sub> 0,291 P <sub>1-3</sub> 0,048 P <sub>2-3</sub> 0,210
Антитромбин III, %	116,4 ± 2,47	104,35 ± 3,62	101,9 ± 2,61	P <sub>1-2</sub> 0,336 P <sub>1-3</sub> 0,125 P <sub>2-3</sub> 0,450
Антикоагулянт волчаночный, у.е.	0,98 ± 0,02	1,04 ± 0,012	1,11 ± 0,01	P <sub>1-2</sub> 0,184 P <sub>1-3</sub> 0,050 P <sub>2-3</sub> 0,084
Эритроциты (количество, ×10 <sup>12</sup> /л)	4,53 ± 0,068	4,64 ± 0,048	4,74 ± 0,06	P <sub>1-2</sub> 0,182 P <sub>1-3</sub> 0,024 P <sub>2-3</sub> 0,190
Гемоглобин (уровень, г/л)	138,62 ± 1,88	139,54 ± 1,48	141,45 ± 2,0	P <sub>1-2</sub> 0,698 P <sub>1-3</sub> 0,306 P <sub>2-3</sub> 0,443
Показатель цветовой (ЦП)	0,93 ± 0,005	0,906 ± 0,007	0,905 ± 0,008	P <sub>1-2</sub> 0,009 P <sub>1-3</sub> 0,008 P <sub>2-3</sub> 0,907
Скорость осадения (эритроциты, СОЭ, мм/ч)	14,71 ± 1,31	15,72 ± 0,97	16,06 ± 1,29	P <sub>1-2</sub> 0,531 P <sub>1-3</sub> 0,465 P <sub>2-3</sub> 0,832

Окончание табл. 2				
1	2	3	4	5
Тромбоциты ( $\times 10^9/\text{л}$ )	$217,56 \pm 5,51$	$203,17 \pm 4,77$	$210,96 \pm 5,48$	$P_{1-2} 0,049$ $P_{1-3} 0,396$ $P_{2-3} 0,287$
Лейкоциты ( $\times 10^9/\text{л}$ )	$6,04 \pm 0,18$	$6,22 \pm 0,2$	$6,21 \pm 0,2$	$P_{1-2} 0,495$ $P_{1-3} 0,530$ $P_{2-3} 0,969$
Продолжительность кровотечения (мин)	$2,13 \pm 0,13$	$2,07 \pm 0,09$	$1,91 \pm 0,06$	$P_{1-2} 0,676$ $P_{1-3} 0,091$ $P_{2-3} 0,183$
Свертывания скорость (мин)	$4,64 \pm 0,13$	$4,63 \pm 0,11$	$4,69 \pm 0,25$	$P_{1-2} 0,968$ $P_{1-3} 0,845$ $P_{2-3} 0,803$
Гематокрит (%)	$42,26 \pm 0,54$	$42,78 \pm 0,45$	$43,31 \pm 0,59$	$P_{1-2} 0,466$ $P_{1-3} 0,199$ $P_{2-3} 0,479$
Эритроцита средний корпускулярный объем (MCV, fl)	$94,52 \pm 0,62$	$92,66 \pm 0,54$	$91,36 \pm 0,71$	$P_{1-2} 0,025$ $P_{1-3} 0,001$ $P_{2-3} 0,149$
Содержание гемоглобина в Eг (MCH, пг)	$30,84 \pm 0,29$	$30,14 \pm 0,27$	$29,84 \pm 0,31$	$P_{1-2} 0,086$ $P_{1-3} 0,021$ $P_{2-3} 0,479$
Концентрация гемоглобина в крови (MCHC, г/л)	$326,71 \pm 2,28$	$325,62 \pm 1,88$	$326,1 \pm 2,0$	$P_{1-2} 0,711$ $P_{1-3} 0,841$ $P_{2-3} 0,863$
Распределение эритроцитов по объему (ширина, RDW-CV, %)	$14,04 \pm 0,087$	$14,25 \pm 0,11$	$14,26 \pm 0,102$	$P_{1-2} 0,147$ $P_{1-3} 0,102$ $P_{2-3} 0,962$
Распределение эритроцитов по объему (ширина, RDW-SD, fl)	$51,33 \pm 0,56$	$50,44 \pm 0,24$	$49,6 \pm 0,42$	$P_{1-2} 0,126$ $P_{1-3} 0,016$ $P_{2-3} 0,068$

Анализ параметров эритроцитов выявил достоверное повышение сфероцитарных форм при снижении дискоцитарных в подгруппах по мере нарастания риска ВТЭО ( $p < 0,0001$ ). У пациентов с высоким риском ВТЭО отмечен меньший диаметр клеток с измененной бугристой поверхностью, с более низким поверхностным зарядом (что отражают достоверно сниженные уровень дипольного момента, скорость движения эритроцитов к электродам ( $p < 0,0001$ )). По мере нарастания риска ВТЭО клетки демонстрировали снижение деформируемости на высоких частотах на фоне увеличения суммарных параметров вязкости и жесткости ( $p < 0,0001-0,001$ ). Снижение уровня емкости мембран в сочетании с нарастанием электропроводности, смещением положения равновесной частоты в высокочастотный диапазон от подгруппы с низким к группе с высоким риском ВТЭО свидетельствуют о наличии выраженных изменений структуры мембран эритроцитов [10]. Более «жесткие» эритроциты у пациентов с повышенным риском тромбозов отличались достоверно

более низкими уровнями поляризуемости клеток, которая отражает их резистентность ( $p < 0,0001-0,002$ ). Эти клетки оказались более склонны к гемолизу на различных частотах (хотя уровня достоверности различий между группами эти параметры не достигли), образованию агрегатов ( $p < 0,0001$ ).

Таким образом, в подгруппах пациентов с умеренным и высоким риском ВТЭО отмечено преобладание эритроцитов с низким уровнем деформации, поверхностного заряда, склонных к деструкции и к образованию агрегатов, что создает предпосылки для развития микроциркуляторных нарушений.

*Анализ параметров эритроцитов в прогнозировании риска развития ВТЭО, тяжести гемореологических сдвигов у больных с артериальной гипертензией*

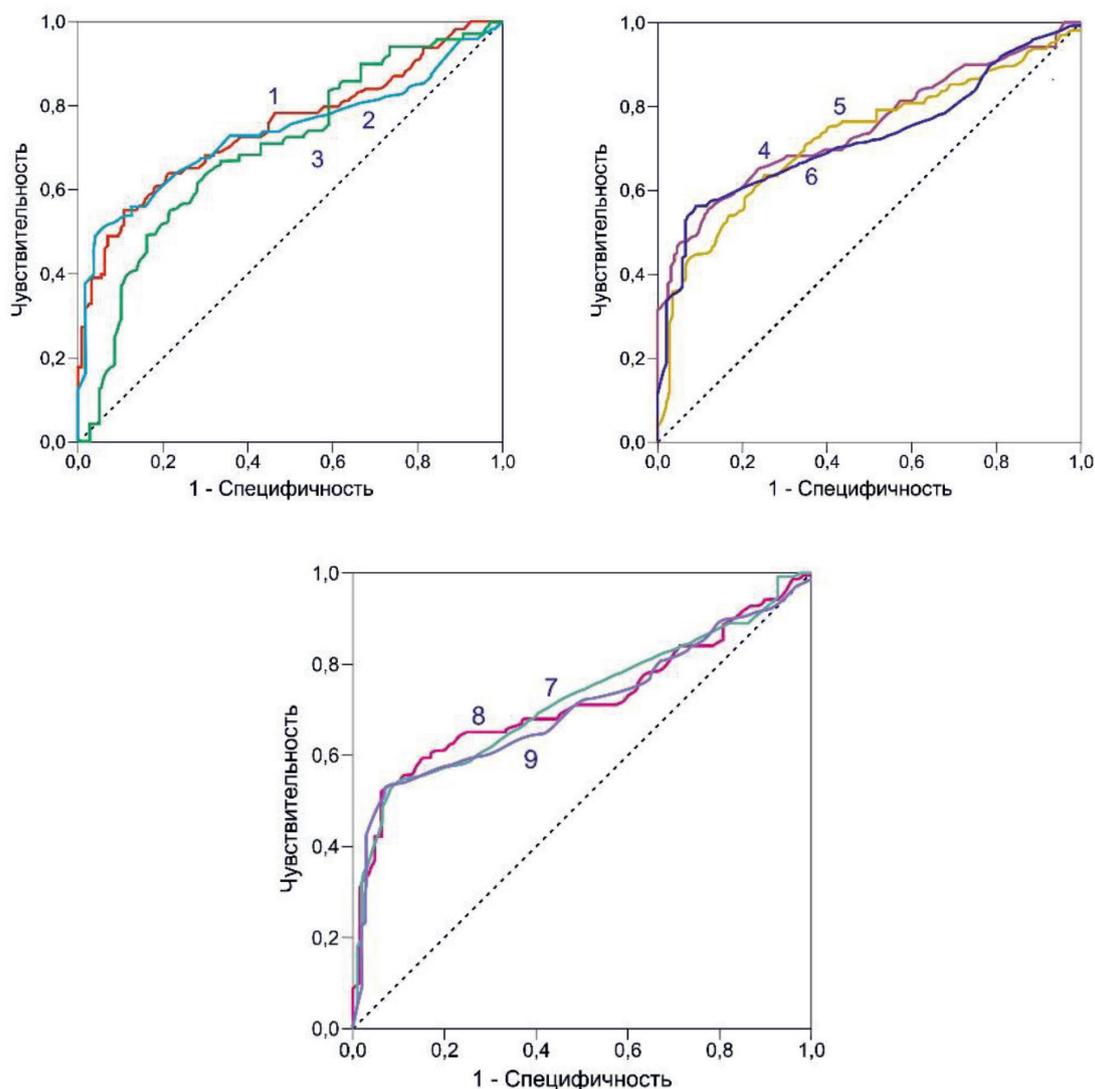
У пациентов с артериальной гипертензией проанализированы показатели эритроцитов с точки зрения установления степени тяжести гемореологических нарушений с помощью построения ROC кривых, табл. 4, результаты выглядят в соответствии с рисунком.

**Таблица 3**  
 Электрические, вязкоупругие параметры клеток красной крови у пациентов с артериальной гипертонией с разной степенью риска гемореологических нарушений ( $M \pm m$ )

Электрические и вязкоупругие параметры эритроцитов	1 1 subgroup Risk low 69 чел.	2 2 subgroup Risk medium 85 чел.	3 3 subgroup Risk high 49 чел.	p =
Диаметр $E_r$ , [мкм]	7,49 ± 0,01	7,47 ± 0,008	7,42 ± 0,009	$P_{1-2}$ 0,028 $P_{1-3}$ 0,0001 $P_{2-3}$ 0,0001
Амплитуда деформации $E_d$ на частоте $10^6$ Гц, [М]	(7,20 ± 0,17) · 10 <sup>-6</sup>	(6,21 ± 0,08) · 10 <sup>-6</sup>	(5,71 ± 0,08) · 10 <sup>-6</sup>	$P_{1-2}$ 0,0001 $P_{1-3}$ 0,0001 $P_{2-3}$ 0,0001
Степень деформации $E_d$ на частоте $5 \times 10^5$ Гц (%)	61,7 ± 3,11	43,6 ± 1,64	34,48 ± 1,56	$P_{1-2}$ 0,0001 $P_{1-3}$ 0,0001 $P_{2-3}$ 0,0001
Показатель жесткости $E_d$ обобщенный, [Н/м]	(7,5 ± 0,26) · 10 <sup>-6</sup>	(9,19 ± 0,13) · 10 <sup>-6</sup>	(9,73 ± 0,09) · 10 <sup>-6</sup>	$P_{1-2}$ 0,0001 $P_{1-3}$ 0,0001 $P_{2-3}$ 0,001
Показатель вязкости $E_d$ обобщенный, [Па·с]	0,61 ± 0,014	0,71 ± 0,007	0,75 ± 0,005	$P_{1-2}$ 0,0001 $P_{1-3}$ 0,0001 $P_{2-3}$ 0,0001
Электропроводность $E_d$ клеток, [См/м]	(6,09 ± 0,2) · 10 <sup>-5</sup>	(7,06 ± 0,15) · 10 <sup>-5</sup>	(7,88 ± 0,21) · 10 <sup>-5</sup>	$P_{1-2}$ 0,0001 $P_{1-3}$ 0,0001 $P_{2-3}$ 0,02
Емкость $E_d$ клеток, [Ф]	(5,56 ± 0,28) · 10 <sup>-14</sup>	(4,29 ± 0,28) · 10 <sup>-14</sup>	(3,21 ± 0,33) · 10 <sup>-14</sup>	$P_{1-2}$ 0,002 $P_{1-3}$ 0,0001 $P_{2-3}$ 0,016
Скорость движения $E_d$ , [мкм/с]	6,04 ± 0,23	4,61 ± 0,013	3,95 ± 0,16	$P_{1-2}$ 0,0001 $P_{1-3}$ 0,0001 $P_{2-3}$ 0,002
Положение равновесной частоты, [Гц]	(7,8 ± 1,1) · 10 <sup>5</sup>	(10,6 ± 1,4) · 10 <sup>5</sup>	(14,5 ± 2,5) · 10 <sup>5</sup>	$P_{1-2}$ 0,12 $P_{1-3}$ 0,008 $P_{2-3}$ 0,145

Окончание табл. 3				
1	2	3	4	5
Дипольный момент, [Клм]	$11,2 \cdot 10^{22} \pm 0,21 \cdot 10^{22}$	$8,74 \cdot 10^{22} \pm 0,33 \cdot 10^{22}$	$5,27 \cdot 10^{22} \pm 0,42 \cdot 10^{22}$	$P_{1-2} 0,001$ $P_{1-3} 0,001$ $P_{2-3} 0,001$
Доля форм эритроцитов (%) сфероциты дискоциты	19 50	28 57	32 17	$P_{1-2} 0,470$ $P_{1-3} 0,0001$ $P_{2-3} 0,0001$
Количество пациентов с различным уровнем деформации Eг, (чел.): Уровень деформации эритроцитов: низкий (<1/2N) средний (>1/2Ni <2/3N) умеренно сниженный (>2/3N и <N) высокий (~N)	11 15 12 31	10 50 19 6	23 18 8 0	$P_{1-2} 0,0001$ $P_{1-3} 0,0001$ $P_{2-3} 0,0001$
Eг поляризуемость при $10^6$ Гц [ $\mu^3$ ] ( $\times 10^{-15}$ )	$0,541 \pm 0,016$	$0,462 \pm 0,004$	$0,440 \pm 0,004$	$P_{1-2} 0,0001$ $P_{1-3} 0,0001$ $P_{2-3} 0,002$
Eг индекс деструкции на $10^6$ Гц (%)	$2,36 \pm 0,9$	$2,45 \pm 0,21$	$3,1 \pm 0,2$	$P_{1-2} 0,927$ $P_{1-3} 0,464$ $P_{2-3} 0,107$
Eг индекс деструкции на $5 \times 10^5$ Гц (%)	$2,64 \pm 0,16$	$3,89 \pm 0,73$	$4,58 \pm 1,28$	$P_{1-2} 0,136$ $P_{1-3} 0,177$ $P_{2-3} 0,651$
Eг индекс деструкции на $10^5$ Гц (%)	$2,77 \pm 0,84$	$2,78 \pm 0,56$	$3,74 \pm 1,36$	$P_{1-2} 0,720$ $P_{1-3} 0,562$ $P_{2-3} 0,531$
Eг индекс деструкции на $5 \times 10^4$ Гц (%)	$3,34 \pm 1,09$	$3,82 \pm 0,15$	$5,3 \pm 0,21$	$P_{1-2} 0,771$ $P_{1-3} 0,506$ $P_{2-3} 0,67$
Eг индекс агрегации, усл. ед.	$0,59 \pm 0,006$	$0,63 \pm 0,004$	$0,65 \pm 0,005$	$P_{1-2} 0,0001$ $P_{1-3} 0,0001$ $P_{2-3} 0,13$

Примечание: расчет значений дипольного момента проведен при напряженности переменного электрического поля  $8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.



*ВТЭО, тяжести гемореологических нарушений у пациентов с артериальной гипертензией. Параметры эритроцитов: 1 – поляризуемость при  $10^6$  Гц ( $AUC = 0,750$ ), 2 – степень деформации при  $5 \times 10^5$  Гц ( $AUC = 0,733$ ), 3 – емкость клеток ( $AUC = 0,693$ ), 4 – скорость движения к электродам ( $AUC = 0,746$ ), 5 – электропроводность ( $AUC = 0,730$ ), 6 – показатель вязкости (обобщенный) ( $AUC = 0,729$ ), 7 – индекс агрегации ( $AUC = 0,716$ ), 8 – показатель жесткости (обобщенный) ( $AUC = 0,714$ ), 9 – амплитуда деформации при  $10^6$  Гц ( $AUC = 0,711$ )*

Анализ выполнен, приняв предположение непараметрическое об определении гипотезы (нулевой): площадь (истинное значение) = 0,5, доверительный интервал (асимптотический) = 95%.

По результатам, представленным в таблице, видно, что более точно прогноз степени тяжести гемореологических нарушений (различение умеренных и выраженных нарушений от легких) обеспечивается такими показателями электрических и вязкоупругих параметров эритроцитов, как  $E_p$  поляризуемость при частоте  $10^6$  Гц ( $AUC = 0,750$ ), скорость  $E_p$  движения к электродам

( $AUC = 0,746$ ), степень деформации  $E_p$  при  $5 \times 10^5$  Гц ( $AUC = 0,733$ ), электропроводность  $E_p$  ( $AUC = 0,730$ ),  $E_p$  показатель вязкости (обобщенный) ( $AUC = 0,729$ ), индекс агрегации  $E_p$  ( $AUC = 0,716$ ), градации по степени деформации на всех частотах ( $AUC = 0,716$ ), показатель жесткости  $E_p$  (обобщенный) ( $AUC = 0,714$ ), амплитуда деформации  $E_p$  при  $10^6$  Гц ( $AUC = 0,711$ ), емкость клеток ( $AUC = 0,693$ ). При этом показатель специфичности для различных показателей эритроцитов составляет 75,4–99,3%, а чувствительности – 84,1–98,6%. Несколько меньше точность определения риска развития ВТЭО

по таким параметрам, как диаметр эритроцита (AUC = 0,677), характер поверхности эритроцитов (AUC = 0,618), преобладающая форма эритроцитов (AUC = 0,586), положение равновесной частоты (AUC = 0,543).

**Заключение**

Использование параметров гемостаза, эритроцитов для оценки степени тяжести гемореологических нарушений у пациентов с артериальной гипертензией позволяет заключить:

- анализ показателей системы гемостаза у пациентов с АГ по мере увеличения риска ВТЭО выявил ускорение лейкоцитарно-тромбоцитарной агрегации, повышение уровня фибриногена и снижение активности XIIIa-зависимого фибринолиза, что создает предпосылки для реологических нарушений;
- большая часть электрических и вязкоупругих параметров эритроцитов достовер-

но отличалась у пациентов с АГ с различной тяжестью гемореологических нарушений;

- наиболее точное прогнозирование результата по степени тяжести гемореологических нарушений (различение умеренных и выраженных нарушений от легких) обеспечено такими показателями эритроцитов, как Eг поляризуемость при 10<sup>6</sup> Гц (AUC = 0,750), Eг скорость движения к электродам (AUC = 0,746), Eг степень деформируемости при 5x10<sup>5</sup> Гц (AUC = 0,733), электропроводность Eг (AUC = 0,730), Eг показатель вязкости (AUC = 0,729), Eг индекс агрегации (AUC = 0,716), градации по степени деформации на всех частотах (AUC = 0,716), Eг показатель жесткости (AUC = 0,714), Eг амплитуда деформации при 10<sup>6</sup> Гц (AUC = 0,711), емкость клеток (AUC = 0,693) – показатель специфичности для различных показателей эритроцитов составляет 75,4–99,3%, а чувствительности – 84,1–98,6%;

**Таблица 4**

Результаты анализа характеристических кривых ROC параметров клеток красной крови у пациентов с артериальной гипертензией по прогнозированию риска развития ВТЭО, тяжести гемореологических нарушений

Показатели эритроцитов	Площадь (AUC)	Стандартная ошибка	Асимптотическая значимость	Асимптотический 95% доверительный интервал		Специфичность, (%)	Чувствительность, (%)
				нижняя граница	верхняя граница		
Eг поляризуемость (при 10 <sup>6</sup> Гц), [м <sup>3</sup> ] (x10 <sup>-15</sup> )	0,750	0,039	0,000	0,673	0,827	91,8	98,6
Скорость Eг движения, [мкм/с]	0,746	0,04	0,000	0,668	0,824	87,3	94,2
Степень деформации при 5x10 <sup>5</sup> , [Гц], (%)	0,733	0,042	0,000	0,65	0,816	98,5	98,6
Электропроводность Eг, [См/м]	0,730	0,040	0,000	0,651	0,810	99,3	98,6
Eг показатель вязкости, [Пас]	0,729	0,041	0,000	0,648	0,810	90,3	97,1
Eг индекс агрегации, [усл. ед.]	0,716	0,042	0,000	0,633	0,799	97,0	98,6
Градации по степени деформации на всех частотах	0,716	0,042	0,000	0,633	0,799	75,4	84,1
Eг показатель жесткости, [Н/м]	0,714	0,043	0,000	0,629	0,799	97,8	98,6
Амплитуда деформации на 10 <sup>6</sup> Гц, [м]	0,711	0,043	0,000	0,627	0,795	99,3	98,6
Емкость клеток, [Ф]	0,693	0,039	0,000	0,616	0,771	96,3	98,6
Eг диаметр, [мкм]	0,677	0,046	0,000	0,587	0,766	94,0	94,2
Характер поверхности Eг, [усл. ед.]	0,618	0,041	0,006	0,538	0,698	48,9	72,5
Преобладающая форма Eг, [%]	0,586	0,042	0,044	0,505	0,668	55,2	72,5
Положение равновесной частоты, [Гц]	0,543	0,041	0,311	0,463	0,624	74,6	91,3

– точное дискриминирование степени тяжести реологических нарушений (легкие – умеренные – выраженные) и риска развития ВТЭО (низкий – умеренный – высокий) обеспечивает совокупность показателей амплитуды деформации на высоких частотах, обобщенного показателя вязкости, величины дипольного момента, емкости мембран, электропроводности, скорости движения к электродам и индекса агрегации.

Высоко достоверные сильные связи степени тяжести гемореологических сдвигов с показателями эритроцитов подтверждают значимость данных параметров клеток красной крови в развитии микроциркуляторных нарушений [14].

*Работа выполнена в рамках поискового научного исследования «Метод оценки степени тяжести гемореологических нарушений у больных кардиологического профиля», регистрационный номер АААА-А17-117110850039-2 по ГЗ 0324-2017-0060.*

#### Список литературы

1. Жуков А.Г., Михайлова Е.В., Муратов С.В., Карпенко В.Я. Особенности гемодинамических, реологических и биоэнергетических показателей у метеочувствительных больных с артериальной гипертензией // Вестник РУДН. Серия: медицина. – 2017. – Т. 21, № 4. – С. 425–431.
2. Plotnikov M.B., Aliev O.I., Nosarev A.V., Shamaev A.Y., Sidekhmenova A.V., Anfinogenova Y., Anishchenko A.M., Pushkina E.V. Relationship between arterial blood pressure and blood viscosity in spontaneously hypertensive rats treated with pentoxifylline // Biorheology. – 2016. – V. 53. – No. 2. – P. 93–107.
3. Чазова И.Е., Ратова Л.Г., Бойцов С.А., Небиеридзе Д.В. Диагностика и лечение артериальной гипертензии (Рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертензии и Всероссийского научного общества кардиологов) // Системные гипертензии. – 2010. – № 3. – С. 5–27.
4. Deterich J.A. Simple chronic transfusion therapy, a crucial therapeutic option for sickle cell disease, improves but does not normalize blood rheology: What should be our goals for transfusion therapy? // Clin. Hemorheol. Microcirc. – 2018. – V. 68. – No. 2–3. – P. 173–186.
5. Podzolkov V.I., Bragina A.E., Osadchiy K.K. A fixed-dose lisinopril + amlodipine + rosuvastatin combination: prospects for its use in patients with hypertension and concomitant dyslipidemia // Ter. Arkh. – 2017. – V. 89. – No. 12. – P. 133–140.
6. Шилов А.М., Князева С.А., Дулаева М.С. Кардиоселективные β-адреноблокаторы (бисопролол) при лечении ХСН в практике врача первичного звена здравоохранения // РМЖ. – 2015. – № 10. – С. 565.
7. Ovchan H.O., Khomenko V.M., Andrushko I.I., Ostapchuk O.I., Kyrychenko L.M. Experience and comparison of antihypertensive effect of ace inhibitor spirapril and calcium antagonist amlodipine in standard and chronotherapeutic prescription mode // Wiad. Lek. – 2017. – V. 70. – No. 4. – P. 721–724.
8. Carpini J.A. Thrombotic risk assessment: A hybrid approach [Электронный ресурс]. URL: [http://www.venousdisease.com/Publications/J.A.Carpini\\_Hybrid\\_Approach\\_3-10-05.pdf](http://www.venousdisease.com/Publications/J.A.Carpini_Hybrid_Approach_3-10-05.pdf) (дата обращения: 08.06.2018).
9. Савельев В.С., Чазов Е.И., Гусев Е.И., Кириенко А.И. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбозов и тромбоэмболических осложнений // Флебология. – 2010. – № 2. – С. 37.
10. Генералов В.М., Кручинина М.В., Дурыманов А.Г., Медведев А.А., Сафатов А.С., Сергеев А.Н., Бурак Г.А., Куррилович С.А., Громов А.А. Диэлектрофорез в диагностике инфекционных и неинфекционных заболеваний. – Новосибирск: Изд-во «ЦЭРИС». – 2011. – 172 с.
11. Клиническая лабораторная аналитика. Том III. Частные аналитические технологии в клинической лаборатории / Под ред. В.В. Меньшикова. – М.: Лабпресс, 2000. – 384 с.
12. Кузник Б.И. Клеточные и молекулярные механизмы регуляции системы гемостаза в норме и патологии. – Чита: Экспресс-издательство, 2010. – 828 с.
13. Кручинина М.В., Громов А.А., Генералов В.М. Лабораторный контроль первичного гемостаза: учеб.-метод. пособие. – Новосибирск: ООО «Гросс-Мастер», 2017. – 149 с.
14. Litvinov R.I., Weisel J.W. Role of red blood cells in haemostasis and thrombosis // ISBT Sci Ser. – 2017. – Vol. 12, No 1. – P. 176–183.

УДК 615.453.6:[615.015.42+615.07]

**ИССЛЕДОВАНИЕ БИОДОСТУПНОСТИ IN VITRO  
ТАБЛЕТОК С ИБУПРОФЕНОМ****Подгурская В.В., Савченко И.А., Корнеева И.Н., Лукша Е.А., Попова А.П.**  
*ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Омск,  
e-mail: irina0458@yandex.ru*

Одним из нестероидных противовоспалительных средств, часто применяющимся в клинической практике, в том числе и в педиатрии, является ибупрофен, который оказывает выраженные противовоспалительный, жаропонижающий и анальгетический эффекты, что в сочетании с высокой степенью безопасности в безрецептурных дозах, предсказуемостью побочных эффектов, хорошей переносимостью и достаточно низким риском развития осложнений послужило причиной его широкого распространения. Актуальной задачей современного фармацевтического анализа является разработка недорогих и точных экспресс-методов определения биоэквивалентности лекарственных веществ в различных лекарственных формах. С помощью теста «Растворение» в среде фосфатного буферного раствора с рН 6,8 в работе исследована биодоступность in vitro таблеток с ибупрофеном четырёх различных производителей. Для определения концентрации ибупрофена в растворе использован метод спектрофотометрии в УФ-диапазоне. Изучены профили растворения изучаемых лекарственных средств, рассчитаны коэффициенты подобия, указывающие на статистически значимые различия. Было установлено, что все выбранные объекты соответствуют требованиям ОФС.1.4.2.0014.15 «Растворение для твердых дозированных лекарственных форм». Через 45 минут из всех образцов в среду растворения перешло не менее 75 % ибупрофена. Определены лекарственные препараты с наибольшей скоростью высвобождения действующего вещества. Проведено микроскопическое исследование выбранных препаратов, которое показало различие в строении кристаллов. Выдвинута гипотеза о влиянии вспомогательных веществ на скорость и полноту высвобождения действующего вещества из таблетированных лекарственных форм. Сформулированы рекомендации для врачей и фармацевтических работников по консультированию пациентов и клиентов аптек.

**Ключевые слова:** биодоступность, ибупрофен, нестероидные противовоспалительные средства, взаимозаменяемость препаратов, скорость наступления эффекта

**THE INVESTIGATION OF BIOAVAILABILITY OF IN VITRO  
TABLETS WITH IBUPROFEN****Podgurskaya V.V., Savchenko I.A., Korneeva I.N., Luksha E.A., Popova A.P.**  
*Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: irina0458@yandex.ru*

One of nonsteroid anti-inflammatory drugs frequently used in clinical practice, including pediatrics, is ibuprofen, which renders expressed anti-inflammatory, febrifugal and analgesic effects that together with high degree of safety in non-prescribed doses, predictability of side effects, good bearableness and low risk of development of complications became the reason of his wide circulation. An urgent task of modern pharmaceutical analysis is to develop inexpensive and accurate expresses-methods of detection of bioequivalence of medicinal substances in various dosage forms. We investigated the bioavailability of in vitro tablets with ibuprofen of four various manufacturers with the help of the Dissolution test. The method of spectrophotometry in UV-range was used to detect the concentration of ibuprofen in solution. The profiles of dissolution of medical products are investigated, the factors of similarity indicating on statistically significant distinctions was designed. It was found that all the selected objects meet the requirements of GPM.1.4.2.0014.15 «Dissolution for solid dosage forms». After 45 minutes from all the samples, not less than 75 % of ibuprofen passed into the dissolution medium. Drugs with the highest release rate of the active substance were determined. Microscopic research of chosen pills showed distinction in crystals structure. We put forward a hypothesis of influence of auxiliary substances on speed and completeness of liberation of active substance from dosage forms. Recommendations for doctors and pharmaceutical workers on consulting of patients and drug stores' customers are formulated.

**Keywords:** bioavailability, ibuprofen, nonsteroid anti-inflammatory drugs, interchangeability of pills, speed of approach of effect

На фармацевтическом рынке г. Омска представлено большое количество препаратов ибупрофена в различных лекарственных формах и дозировках, что затрудняет выбор провизором конкретного препарата при фармацевтическом консультировании потребителей. При изучении доступных литературных источников нам не удалось обнаружить данных по сравнительному изучению кинетики растворения бренда и дженериков ибупрофена.

Ибупрофен относится к группе нестероидных противовоспалительных средств (НПВС) и применяется при болях различного генеза, в том числе довольно широко – в детской практике [1, 2]. Для НПВС скорость наступления эффекта и, следовательно, облегчения боли можно назвать одним из главных факторов, влияющих на выбор препарата конечными и промежуточными потребителями. Биодоступность препарата, то есть скорость, с которой активная

субстанция всасывается из готовой лекарственной формы и поступает в кровоток, можно косвенно выявить с помощью теста «Растворение»: препарат, высвобождающий наибольшее количество действующего вещества в среду растворения в первые 5–10 минут проведения испытания, может считаться самым быстродействующим среди других изучаемых препаратов [3, 4].

В связи с вышесказанным целью работы является изучение кинетики растворения таблеток с ибупрофеном разных производителей для обоснованного консультирования пациентов врачами и фармацевтическими работниками.

### Материалы и методы исследования

**Объекты исследования.** Для проведения испытания использовались таблетки с ибупрофеном по 200 мг, покрытые оболочкой:

- Нурофен «Рекитт Бенклизер Хелскэр Интернешнл Лтд», Великобритания;
- Ибупрофен ПАО «Биосинтез», Россия;
- Ибупрофен ОАО «Синтез», Россия;
- Ибупрофен «Борисовский завод медицинских препаратов» («БЗМП»), Беларусь.

Препараты были приобретены в розничной аптечной сети г. Омска.

**Реактивы.** Натрия гидрофосфат (х.ч., ГОСТ 4172-76, ООО «Омскреактив»); кислота лимонная (х.ч., ГОСТ 3652-69, ООО «Омскреактив»); феррицианид калия (х.ч., ГОСТ 4206-75, ООО «Омскреактив»); спирт этиловый 96% (ОГУП «Омская фармацевтическая фабрика»); вода очищенная, соответствующая требованиям ФС.2.2.0020.15 «Вода очищенная».

**Приборы и оборудование.** Исследование кинетики растворения таблеток проводили на Приборе для испытания таблеток и капсул на растворение (ООО НПК «Текномед»). Прибор состоит из стеклянного сосуда вместимостью 500 мл, лопастной мешалки и водяной бани для поддержания температуры среды растворения  $37,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Навески брали на аналитических весах ОНАУС (ООО «Старт») с точностью 0,0002 г.

Для осуществления микроскопических исследований использовали микроскоп стереоскопический Микромед МС-1 (ООО «Оптические приборы»).

Количественное определение высвободившегося из таблеток ибупрофена проводили по методике И.П. Сыроватского с соавторами [5]. Анализ проб на содержание действующего вещества проводили на спектрофотометре СФ-2000 (Россия) в интервале длин волн от 220 до 300 нм в кварцевых кюветках с толщиной слоя 1 см.

#### Методика проведения испытания по тесту «Растворение»

Приготовление фосфатного буферного раствора рН 6,8 осуществляли согласно ОФС.1.3.0003.15 «Буферные растворы».

Тест «Растворение» проводили в соответствии с ОФС.1.4.2.0014.15 «Растворение для твердых дозированных лекарственных форм». Сосуд аппарата для растворения наполняли 1 л фосфатного буферного раствора с рН 6,8, доводили температуру среды растворения до  $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Таблетку испытуемого препарата помещали в сосуд, включали вращение (100

об/мин). Пробы отбирались каждые 5 минут после начала эксперимента (через 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 минут) на  $\frac{1}{2}$  расстояния между поверхностью среды растворения и верхней частью лопасти мешалки и на расстоянии не менее 1 см от стенок сосуда для растворения.

#### Количественное определение ибупрофена методом спектрофотометрии

Измерение проводили при длине волны  $259 \pm 2$  нм. В качестве раствора сравнения использовали фосфатный буферный раствор рН 6,8.

Расчет количества ибупрофена рассчитывали по формуле

$$X = \frac{D_x \cdot a_{\text{вос}} \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot V_3' \cdot K_{\text{пер}} \cdot 100 \cdot 100}{D_{\text{вос}} \cdot a_x \cdot V_3 \cdot V_1' \cdot V_2' \cdot (100 - W)},$$

где  $D_x$  и  $D_{\text{вос}}$  – оптические плотности определяемого вещества и образца сравнения соответственно;

$a_x$  и  $a_{\text{вос}}$  – точные навески определяемого вещества и образца сравнения соответственно, г;

$V_1, V_2$  – объемы приготовленного раствора определяемого вещества, мл;

$V_3$  – объем аликвоты определяемого вещества, мл;

$V_1', V_2'$  – объемы приготовленного раствора образца сравнения, мл;

$V_3'$  – объем аликвоты образца сравнения, мл;

100 – коэффициент для пересчета в проценты;

$W$  – влажность, %;

$K_{\text{пер}}$  – коэффициент пересчета по феррицианиду калия (в 0,1 М растворе гидроксида натрия равен 2,279).

#### Получение микрорисунков изучаемых препаратов

Около 0,05 г измельченной в ступке таблеточной массы помещали в пробирку, прибавляли 5 мл спирта этилового, встряхивали в течение 2 мин, фильтровали через бумажный фильтр. Каплю фильтрата помещали на предметное стекло, после полного высыхания рассматривали под микроскопом.

Обработка полученной информации проведена с помощью пакета лицензионных программ по статистической обработке данных «Statistica».

### Результаты исследования и их обсуждение

Состав объектов исследования представлен в таблице.

В результате проведения испытаний были построены профили растворения изучаемых препаратов (рис. 1).

Из полученных данных следует, что все препараты соответствуют требованиям Государственной фармакопеи (ГФ) по тесту «Растворение», поскольку через 45 минут в среду растворения высвободилось не менее 75% ибупрофена. При этом уже через 5 минут из препаратов Нурофен и Ибупрофен ПАО «Биосинтез» высвободилось более 70% действующего вещества, из чего можно сделать вывод, что пациент может ощутить эффект от приёма препарата уже через 5 минут.

Для сопоставления профилей растворения ВОЗ [6, 7] рекомендует рассчитывать коэффициент подобия  $f_2$ , который оценивает

подобие двух кривых профиля растворения в %. Коэффициент подобия рассчитывается по следующей формуле:

$$f_2 = 50 \cdot \lg \left( 100 \cdot \sqrt{ \frac{1}{1 + \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (R_t - T_t)^2} } \right)$$

где  $n$  – число временных точек,

$R_t$  – высвобождение препарата сравнения во временной точке  $t$ ,

$T_t$  – высвобождение из испытуемого препарата в точке  $t$ .

Считается, что значимые различия между кривыми профилей растворения отсутствуют, если коэффициент подобия принимает значения от 51 до 100.

В табл. 2 приведены рассчитанные коэффициенты подобия для профилей растворения изучаемых лекарственных средств.

Таблица 1

Состав исследуемых препаратов ибупрофена

Образец	Действующее вещество	Вспомогательные вещества
Нурофен	Ибупрофен 200 мг	Акации камедь, кармеллоза натрия, кислота стеариновая, <b>кремния диоксид коллоидный</b> , кроскармеллоза натрия, макрогол 6000, натрия лаурилсульфат, натрия цитрата дигидрат, <b>сахароза</b> , тальк, <b>титана диоксид</b> , чернила черные
Ибупрофен «Биосинтез»		<b>Сахароза</b> , титана диоксид, <b>ванилин</b> , воск, декстрин, желатин, <b>кислотный красный 2С</b> , <b>крахмал картофельный</b> , магния стеарат, <b>мука пшеничная</b> , <b>повидон низкомолекулярный</b> , <b>сахарная пудра</b>
Ибупрофен «Синтез»		<b>Кремния диоксид коллоидный</b> , <b>сахароза</b> , тальк, <b>ванилин</b> , воск, <b>желатин</b> , <b>кислотный красный 2С</b> , <b>повидон низкомолекулярный</b> , <b>кальция стеарат</b> , магния карбонат
Ибупрофен «БЗМП»		<b>Тальк</b> , <b>титана диоксид</b> , <b>крахмал картофельный</b> , <b>магния стеарат</b> , <b>повидон низкомолекулярный</b> , <b>кальция стеарат</b> , макрогол 3350, лецитин

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены вещества, входящие в состав нескольких препаратов разных производителей.

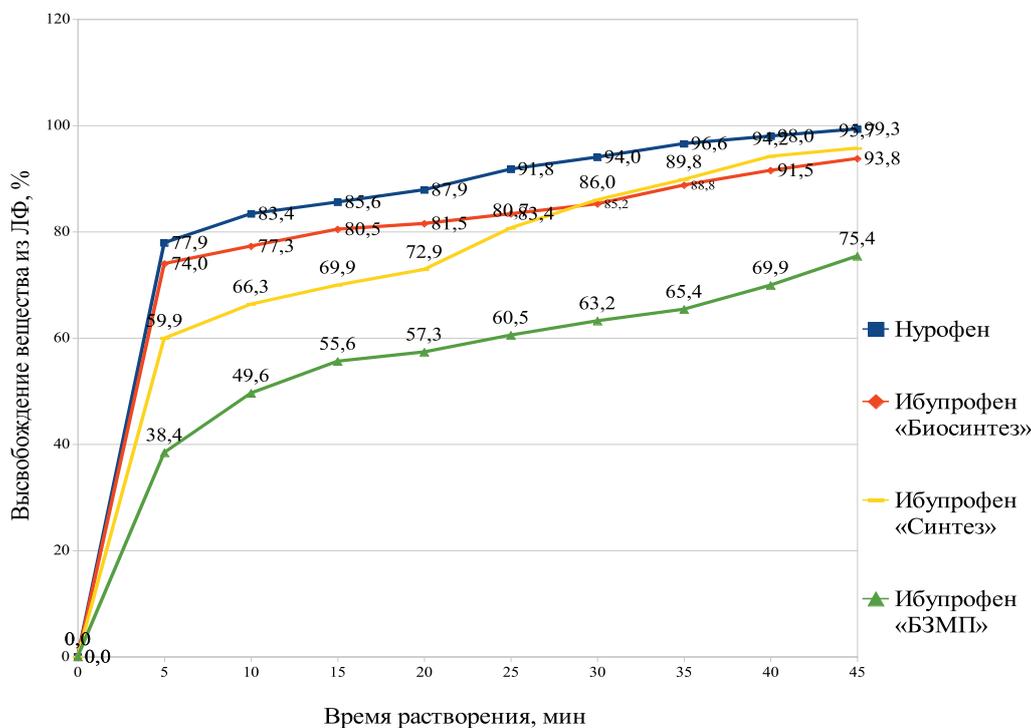


Рис. 1. Профили растворения испытуемых препаратов

Таблица 2

Коэффициенты подобия для профилей растворения испытуемых препаратов

Образец	Нурофен	Ибупрофен «Биосинтез»	Ибупрофен «Синтез»	Ибупрофен «БЗМП»
Нурофен	–	58,6	45,6	25,2
Ибупрофен «Биосинтез»	58,6	–	55,7	30,2
Ибупрофен «Синтез»	45,6	55,7	–	34,6
Ибупрофен «БЗМП»	25,2	30,2	34,6	–

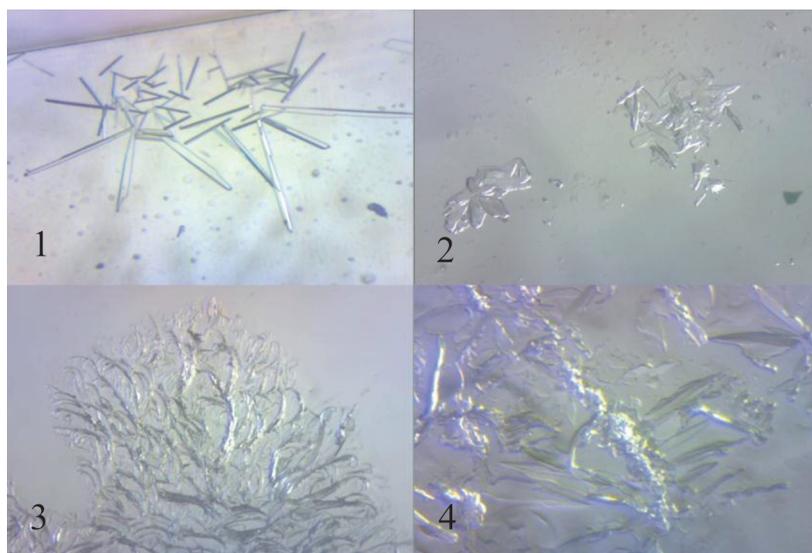


Рис. 2. Микрорентгенографические изображения изучаемых ЛПП после растворения в спирте: 1 – Нурофен, 2 – Ибупрофен ПАО «Биосинтез», 3 – Ибупрофен ОАО «Синтез», 4 – Ибупрофен «БЗМП»

Проведенные расчёты показали, что значимых различий в кривых профилей растворения не выявлено для пар Нурофен и Ибупрофен ОАО «Биосинтез», Ибупрофен ОАО «Биосинтез» и Ибупрофен ПАО «Синтез», в связи с чем можно говорить о сходной кинетике высвобождения ибупрофена из данных препаратов. Для остальных препаратов различие в профилях растворения статистически значимо.

Различие в биодоступности лекарственных средств *in vitro* может быть связано со вспомогательными веществами, входящими в состав препаратов. Совместное влияние вспомогательных веществ было выявлено при микроскопическом исследовании объектов анализа.

Микрорентгенографические изображения всех четырёх лекарственных препаратов имеют значительные различия (рис. 2).

Оригинальный препарат (1) представлен острыми игольчатыми кристаллами, в образце 2 видны фрагментированные группы мелких кристаллов, а препараты 3 и 4 представляют собой аморфные образова-

ния. Полученные результаты коррелируют с литературными данными [8] о влиянии на кинетику растворения таблеток вспомогательных веществ из группы смазывающих.

Результаты изучения скорости растворения образцов и микроскопических исследований позволяют предположить, что таблетки со стеариновой кислотой (в данном случае Нурофен) высвобождают действующее вещество значительно быстрее, чем содержащие магния стеарат (Ибупрофен ПАО «Биосинтез») и/или кальция стеарат (Ибупрофен ОАО «Синтез», Ибупрофен ОАО «БЗМП»).

#### Заключение

1. Все выбранные объекты соответствуют требованиям ОФС.1.4.2.0014.15 «Растворение для твердых дозированных лекарственных форм». Через 45 минут из всех образцов в среду растворения перешло не менее 75% ибупрофена. Наибольшая скорость высвобождения обнаружена у препарата «Нурофен»: уже через 5 минут в среде растворения определяется 77,9% действующей

щего вещества. Более 75% ибупрофена высвобождается в среду растворения из препарата «Ибупрофен» (ПАО «Биосинтез») через 10 минут, из «Ибупрофен» (ОАО «Синтез») – через 20–25 минут, из «Ибупрофен» («Борисовский завод медицинских препаратов», «БЗМП») – через 45 минут.

2. При микроскопическом исследовании выбранных препаратов обнаружены значительные различия в строении кристаллов. Данное наблюдение требует дальнейших исследований для выявления влияния вспомогательных веществ на биодоступность ибупрофена из лекарственных средств.

3. Разработаны рекомендации для консультирования клиентов аптек и пациентов: обезболивающий и жаропонижающий эффекты при применении препаратов «Нурофен» и «Ибупрофен» (производства ПАО «Биосинтез») могут наступить уже через 5–10 минут после приёма, в связи с чем их выбор предпочтителен в детской практике или в случае, если критически важно скорейшее избавление от боли. При отпуске из аптеки препаратов «Ибупрофен» (ОАО «Синтез») и «Ибупрофен» («БЗМП») следует предупреждать пациента, что фармакологический эффект наступит через 20–40 минут.

### Список литературы

1. Марушко Ю.В. Доказательная база эффективности и безопасности применения ибупрофена в педиатрии / Ю.В. Марушко, Ю.И. Тодыка, И.И. Гарбар // Украинский медицинский журнал. – 2013. – № 5 (97). URL: <http://www.umj.com.ua/?p=67739> (дата обращения: 01.06.2018).
2. Регистр лекарственных средств. Ибупрофен [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.rlsnet.ru/mnn\\_index\\_id\\_100.htm](https://www.rlsnet.ru/mnn_index_id_100.htm) (дата обращения: 01.06.2018).
3. ОФС.1.4.2.0014.15 Растворение для твердых дозированных лекарственных форм [Электронный ресурс]. – URL: <http://pharmacopoeia.ru> (дата обращения: 01.06.2018).
4. Использование теста «растворение» для предварительной оценки биоэквивалентности препаратов кислоты ацетилсалициловой / А.П. Попова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 10–2. – С. 302–305.
5. Пат. 2333490 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/15. Способ количественного определения ибупрофена / И.П. Сыроватский, Е.М. Артасюк, Е.А. Илларионова; заявитель и патентообладатель Иркутский гос. мед. ун-т. – № 2006131641/15; заявл. 01.09.2006; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25. – 6 с.
6. Guidelines on the investigation of bioequivalence. CPMP/EWP/QWP/1401/98 Rev. 1/ Corr\*. – EMA. – 2010. – P. 27.
7. Multisource (Generic) Pharmaceutical Products: Guidelines on registration Requirements to Establish Interchangeability. – WHO Technical Report Series. – № 937, Annex 7. – 2006.
8. Влияние различных вспомогательных веществ из группы смазывающих на технологические характеристики и кинетику растворения таблеток // Фармацевтические технологии и упаковка. – 2017. – № 4. – С. 42–45. URL: [http://www.medbusiness.ru/Images/FTU\\_Content/FTU\\_4-17/FTU\\_4\\_2017\\_42-45.pdf](http://www.medbusiness.ru/Images/FTU_Content/FTU_4-17/FTU_4_2017_42-45.pdf) (дата обращения: 01.06.2018).

УДК 616.5-006:615.832

**КРИОГЕННОЕ ЛЕЧЕНИЕ РАКА КОЖИ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ**<sup>1</sup>Светицкий П.В., <sup>2</sup>Светицкий А.П., <sup>2</sup>Зеленков Н.П.<sup>1</sup>ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт» (РНИОИ),

Ростов-на-Дону, e-mail: svetitskiy.p@gmail.com;

<sup>2</sup>ГБУ «Онкологический диспансер», Новочеркасск

Представлены результаты криогенного лечения 166 больных ограниченным раком кожи различных локализаций. Мужчин было 114, женщин 52 в возрасте от 38 до 87 лет. С I стадией было 125 (75,3%), со II – 41. В основном были поражены зоны головы и шеи. Диагноз во всех случаях был верифицирован морфологически. Лечение осуществляли амбулаторно. Вначале опухоль обкалывали 0,5% новокаина или 2% лидокаина (до 2,0–5,0 мл). В результате проведенной криодеструкции у всех пациентов наблюдался полный клинический эффект. У 5 пациентов со II стадией (T2N0M0), в сроки от 3 до 5 месяцев, был отмечен продолженный рост опухоли. После повторного криогенного воздействия данным больным продолженного роста не наблюдалось. Все больные находятся под наблюдением в течение 3-х лет без рецидива. Полученные результаты свидетельствуют о том, что криогенное лечение ограниченных опухолей кожи позволяет добиться полного лечебного и положительного косметического эффектов в короткие промежутки времени, что позволяет пациентам, без отрыва от работы, продолжать вести привычный образ жизни. Метод использования криодеструкции прост в исполнении, легко переносим больными без возникновения косметических дефектов.

**Ключевые слова:** рак кожи, амбулаторное лечение, криодеструкция, хороший косметический эффект**CRYOGENIC TREATMENT OF SKIN CANCER IN AMBULATORY CONDITIONS**<sup>1</sup>Svetitskiy P.V., <sup>2</sup>Svetitskiy A.P., <sup>2</sup>Zelenkov N.P.<sup>1</sup>Rostov Research Institute of Oncology (RNIIOI), Rostov-on-Don, e-mail: svetitskiy.p@gmail.com;<sup>2</sup>Oncological dispensary, Novocherkassk

The results of cryogenic treatment of 166 patients with limited skin cancer of various localizations are presented. There were 114 men, 52 women aged 38 to 87 years. The first stage was 125 (75.3%), with II-41. The head and neck zones were mostly affected. The diagnosis in all cases was verified morphologically. Treatment was carried out on an outpatient basis. Initially, the tumor was treated with 0.5% novocaine or 2% lidocaine (2.0–5.0 ml). As a result of the cryodestruction, all patients had a complete clinical effect. In 5 patients with stage II (T2N0M0), at a period of 3 to 5 months, continued tumor growth was noted. After repeated cryogenic exposure, these patients continued growth was not observed. All patients are under observation for 3 years without relapse. The obtained results indicate that cryogenic treatment of limited skin tumors allows to achieve complete therapeutic and positive cosmetic effects in short periods of time, which allows patients, without leaving work, to continue to lead a habitual way of life. The method of using cryodestruction is simple in execution, easily tolerated by patients without the appearance of cosmetic defects.

**Keywords:** skin cancer, outpatient treatment, cryodestruction, good cosmetic effect

Рак кожи в Российской Федерации занимает первое место среди злокачественных опухолей человека – 12,5% [1]. Наиболее часто поражаются открытые участки тела, подвергаемые инсоляции: голова и шея [2].

Общепринятыми методами лечения злокачественных опухолей кожи являются лучевой, хирургический и комбинированный, для выполнения которых требуется несколько: от семи дней до четырех недель. Также используется криовоздействие (криохирургия).

Криохирургия основана на использовании разрушающего действия низких температур на биологические ткани. Криовоздействие, в зависимости от локализации и распространенности опухоли, осуществляется криораспылением (криорошением) и аппликационным (контактным) способами. В качестве хладагента в основном применяется жидкий азот температурой – 196 °С.

Эффективность криовоздействия достигается при условиях полного разрушения опухоли – крионекроза, достигаемого при температуре не выше – 40 °С в течение более 3-х минут. При более высоких температурах происходит замораживание или криодистрофия, при которых не достигается полного разрушения рака кожи [3] Это может вызвать продолженный рост опухоли и рецидив. Позволим себе повториться, напомним, что речь в данном сообщении идет о раке кожи, так как для других тканей требуются другие температурно-экспозиционные режимы.

Размеры опухоли определяют выбор способа криогенного лечения рака кожи. При необходимости разрушения небольших очагов (до 2,0 см) и глубиной инвазии более 0,6–0,8 см криогенное воздействие целесообразно осуществлять аппликационным (контактным) способом, тогда как при новообразованиях, имеющих значительное

распространение по поверхности, применяется криораспыление [4].

Цель исследования: представить клинический опыт по использованию криохирургии в лечении рака кожи.

### Материалы и методы исследования

Нами изучены результаты лечения 166 больных злокачественными опухолями кожи различных локализаций, которым проводилось криогенное лечение в амбулаторных условиях на базах консультативно-диагностического отделения ФГБУ РНИОИ и диспансерного отделения ГБУ РО «Онкодиспансера» г. Новочеркасск. Возраст пациентов составил от 38 до 87 лет. Мужчин было 114 (68,7%), женщин 52 (31,3%). Большинство пациентов было с I стадией заболевания (T1N0M0) – 125 (75,3%), тогда как у 41 (24,7%) была II ст. (T2N0M0).

Пол и возраст больных представлен в табл. 1.

**Таблица 1**

Распределение больных по полу и возрасту

Возраст больных	Количество больных	%	Мужчины	Женщины
до 40	6	3,6	3	3
40–49	15	8,8	13	2
50–59	43	26	28	15
60–69	58	35	34	24
70–79	23	14	18	5
80 и старше	21	12,6	18	3
Всего	166	100	114	52

**Таблица 2**

Распределение больных в зависимости от локализации опухоли

Локализация опухоли	Количество больных	%
Нос	43	26
Веки	7	4,2
Угол глаза	5	3
Щека	31	18,6
Лоб	7	4,2
Носогубная складка	2	1,2
Ушная раковина	18	10,8
Височная область	12	7,2
Волосистая часть головы	13	7,8
Подбородочная область	1	0,6
Шея	2	1,2
Первично-множественный рак кожи головы (2 очага и более)	14	8,4
Подкрыльцовая ямка	1	0,6
Плечо	1	0,6
Спина	1	0,6
Передняя грудная стенка	2	1,2
Передняя брюшная стенка	3	1,8
Бедро	2	1,2
Стопа	1	0,6
Всего	166	100

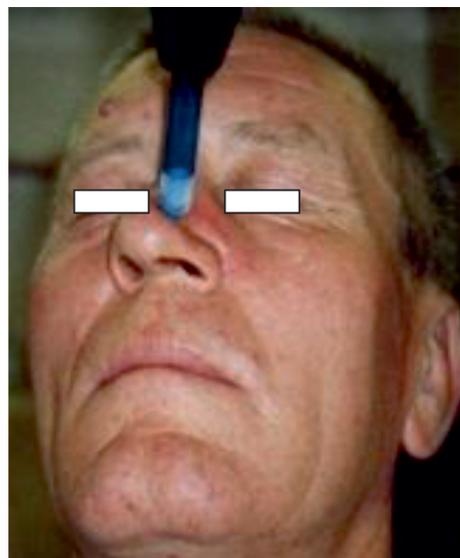
Локализация опухолевого процесса представлена в табл. 2.

Как видно из табл. 1, основную массу больных составляли мужчины в возрасте от 50 до 69 лет – 101 (61%).

Из табл. 2 следует, что у наибольшего количества больных опухолевый процесс локализовался в области носа – 43 (26%) и щеки – 31 (18,6%). У 14 (8,4%) пациентов были отмечены опухолевые процессы на нескольких анатомических отделах кожи головы: нос и ушная раковина; лоб и щека, нос, волосистая часть головы и др.

Диагноз во всех случаях был подтвержден морфологически. Базальноклеточный рак был у 124 (74,6%), плоскоклеточный – у 37 (22,4%). Метатипическая форма (базальноклеточный рак с участками плоскоклеточного рака) был только в 5 случаях, из них в 4 – на коже головы. Базальноклеточная форма преобладала у больных с локализацией в области головы, в то время, как в области туловища и конечностей доминировала плоскоклеточная форма.

Криодеструкция проводилась с предварительной анестезией посредством обкалывания опухоли 0,5% раствором новокаина или 1% лидокаина (от 2,0 до 10,0 мл) и осуществлялась жидким азотом температурой – 196°С. Использовался метод аппликации (рис. 1) или распыления в виде 3 циклов «замораживания-оттаивания» продолжительностью от 1 до 3 минут по общепринятой методике [5]. Лечение контактным методом (аппликацией) применялось у больных с I стадией заболевания аппаратом «Криофломастер», а со II стадией – криораспылением аппаратом «КР-02», разработанными в НИИМТ МЗ СССР. Термоконтроль осуществлялся с помощью игольчатой терморпары.



*Рис. 1. Криоаппликация рака кожи носа*

Все больные перенесли лечение удовлетворительно. Во время проведения криогенного воздействия и после него у пациентов осложнений не наблюдалось.

### Результаты исследования и их обсуждение

У всех 166 пациентов, после криовоздействия наблюдался полный непосредственный

клинический эффект. Результаты лечения не зависели от морфологической структуры опухоли. При I ст. к концу первого месяца происходило отторжение некротического струпа с последующей эпителизацией и через 3–4 мес. – рубцеванием (рис. 2 и 3). При II ст. рубцевание наступало к 4–5 мес. У 161 больного после проведенного криогенного лечения продолженного роста и рецидивов в течение 3-летнего периода не отмечалось. У 5 (3,0%) пациентов со II ст. заболевания в сроки от 3 до 5 месяцев был отмечен продолженный рост. Данной группе больных повторно была проведена криодеструкция. В дальнейшем продолженного роста и рецидивов у них не наблюдалось.

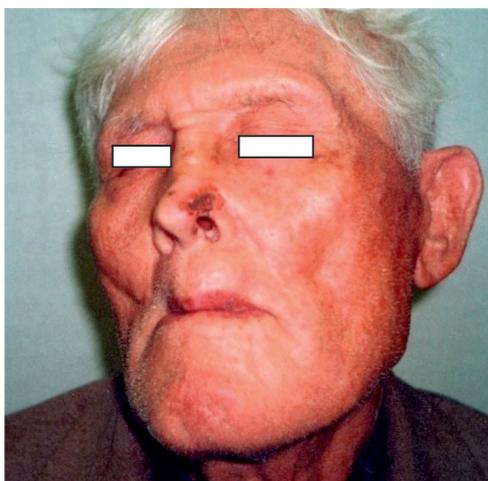


Рис. 2. Плоскоклеточный рак кожи левого крыла носа (I ст.) до лечения

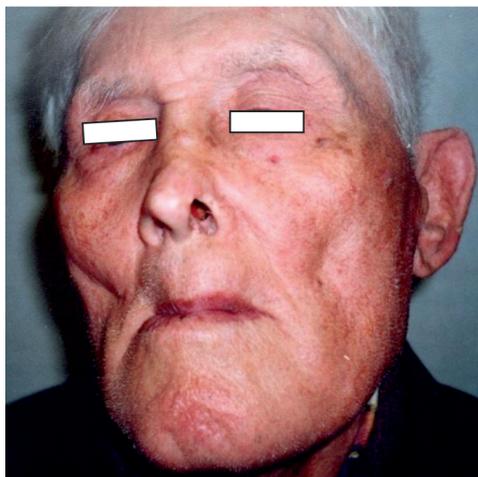


Рис. 3. Тот же больной через 5 мес. после криоаппликации. На месте опухоли – рубец

Существует несколько способов лечения рака кожи. В данной публикации мы говорим о ранних стадиях заболевания, при которых

применяется, как правило, лучевая терапия. При этом для достижения излечения больному требуется получить не менее 50–60 Гр, на что уходит 10–15 и более дней. У ряда больных возникают сложности, обусловленные топографо-анатомическими особенностями головы. Это близость орбиты с опасностью негативного воздействия облучения на зрение, неровные участки кожи (ушная раковина, крыло носа у входа в ноздрю и т.д.) затрудняющие равномерное распределение лучевой дозы, что ухудшает результат лечения. Радиорезистентные опухоли подвергаются оперативному вмешательству. Хирургическое удаление опухолей и послеоперационный период, на которые уходит несколько дней, могут сопровождаться образованием функциональных и косметических дефектов. При этом не исключается необходимость проведения послеоперационного облучения (комбинированный метод), что удлиняет сроки лечения. В этом плане использование криовоздействия позволяет в минимальные сроки достигнуть положительного клинического эффекта [5].

Обязательным условием его применения должна быть уверенность в том, что весь объем превратившейся в лед ткани подвергнется полному и необратимому крионекрозу, исключающему возможность восстановления жизнедеятельности клеток после их оттаивания [6].

### Заключение

Таким образом, использование метода криодеструкции у больных раком кожи I, II ст. позволяет добиться полного лечебного эффекта с хорошим косметическим результатом. Он характеризуется простотой выполнения, коротким временем его проведения (минуты), эффективностью и легкой переносимостью больными. Это позволяет пациентам продолжать вести привычный образ жизни без отрыва от работы

### Список литературы

1. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2015 г. – М., 2017. – С. 4.
2. Коченов В.И. Набор инструментов для медицинской криологии – расширение спектра клинического использования / В.И. Коченов, С.Н. Цыбусов, М.Ю. Аверьянов [и др.] // IV Ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «Новое в практической криомедицине». – М., 2010. – С. 45–46.
3. Пустынский И.Н. Современные возможности криогенного лечения рака кожи / И.Н. Пустынский, М.А. Кропотов, С.И. Ткачев [и др.] // 21 Ежегод. Рос. онкол. конф. Матер. конф. – М., 2017. – С. 42–43.
4. Светицкий П.В., Порошенко А.Б., Светицкий А.П., Енгибарян М.А. Применение холода в онкологии // Применение термических факторов в лечении рецидивных злокачественных опухолей головы и шеи. – Ростов н/Д., 2006. – С. 9–35.
5. Breitbart E. Cryosurgery in the treatment of skin cancer // Clin. Dermatol. – 2016. – № 8. – P. 86–90.
6. Graham G., Torr D. The effect of low temperature on dermal oncology. // Dermatol. surg. oncol., 2014, № 5. – P. 42–45.

УДК 574.583(571.5)

## К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЦЕНОТИЧЕСКУЮ И ФЛОРИСТИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ СООБЩЕСТВ МИКСОТРОФНЫХ ФИТОФЛАГЕЛЛЯТ КРУПНЫХ СУБАРКТИЧЕСКИХ РЕК ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Габышев В.А., Габышева О.И.

*ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны» Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: v.a.gabyshev@yandex.ru*

В результате последних исследований в составе планктона крупных рек Восточной Сибири нами было выявлено 88 видов фитофлагеллят из отделов динофитовых, золотистых и эвгленовых водорослей. По нашим данным в водах исследованных рек региона отмечается высокое содержание органических и биогенных веществ, что является характерным для рек, протекающих в районах со сплошным распространением вечномерзлых грунтов. Известно, что фитофлагелляты, являясь миксотрофами, способны при определенных условиях переходить к потреблению органических веществ, растворенных в воде или находящихся во взвешенном состоянии в виде частиц. Цель настоящего исследования – определить особенности пространственной структуры сообществ миксотрофных жгутиковых планктонных водорослей и степень их зависимости от содержания в воде органических веществ и биогенных элементов в условиях крупных субарктических рек Восточной Сибири. В результате кластеризации определено, что наиболее богатая миксотрофами в ценотическом и флористическом отношении группа объединяет лишь 5% наблюдений и приурочена в основном к Колымскому водоохранилищу. Группа со значительным видовым богатством и невысокой численностью миксотрофов локализована преимущественно в низовьях рек арктического бассейна. Результаты дискриминантного анализа свидетельствуют, что биогены ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{P}_{\text{общ}}$ ) влияют на численность миксотрофов, а число видов теснее связано с концентрацией органических веществ.

**Ключевые слова:** миксотрофы, фитофлагелляты, фитопланктон, биогены, органика, крупные реки, Восточная Сибирь

## ON THE STUDY OF NUTRIENTS AND ORGANIC MATTER IMPACT ON SPATIAL STRUCTURE OF MIXOTROPHIC PHYTOFLAGELLATES OF EAST SIBERIAN LARGE SUBARCTIC RIVERS

Gabyshev V.A., Gabysheva O.I.

*Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: v.a.gabyshev@yandex.ru*

As a result of the latest research, 88 species of phytoflagellates (Dinophyta, Chrysophyta, Euglenophyta) were identified in the plankton of the large rivers of Eastern Siberia. According to our data, a high concentration of organic matter and nutrients in the waters of the studied rivers of the region was detected. It is obviously representative of rivers shared by the area of continuous permafrost. It is known that phytoflagellates, being mixotrophs, are able under certain conditions to switch to the consumption of organic matter dissolved in water or suspended in the form of particles. The aim of this study is to determine the features of the spatial structure of the mixotrophic phytoflagellates communities of plankton and the degree of organic matter and nutrients impact in the conditions of the large subarctic rivers of Eastern Siberia. As a result of clustering, it is determined that the most rich in density and species number of mixotrophs cluster, unites only 5% of observations and is confined mainly to the Kolyma Reservoir. Another cluster, characterized by considerable species richness and a small density of mixotrophs, is located mainly in the lower reaches of the rivers of the Arctic basin. The results of discriminant function analysis indicate that the nutrients ( $\text{NH}_4$ , Total Iron, Total Phosphorus) affect the density of mixotrophs, and the number of species is closely related to the concentration of organic matter.

**Keywords:** mixotrophs, phytoflagellates, phytoplankton, nutrients, organic matter, large rivers, Eastern Siberia

В результате нашего исследования фитофлагеллят крупного планктона крупных рек Восточной Сибири (2007–2011 гг.) в составе планктонных альгогруппировок было выявлено 88 видов фитофлагеллят (динофитовых, золотистых и эвгленовых водорослей), преимущественно жгутиковых форм [1]. Наши данные, на основе анализа косвенных показателей содержания органических веществ (цветность, БПК<sub>5</sub>, ХПК), показывают высокое содержание в речных водах органики, а также повышенное содержание комплекса биогенных веществ, что характерно для поверх-

ностных вод территорий со сплошным распространением вечномерзлых грунтов [2].

Как известно, фитофлагелляты способны к миксотрофному питанию и при определенных условиях могут переходить к непосредственному потреблению органических веществ [3–5].

Цель настоящего исследования – определить особенности пространственной структуры сообществ миксотрофных жгутиковых планктонных водорослей и степень их зависимости от содержания в воде органических веществ и биогенных элемен-

тов в условиях крупных субарктических рек Восточной Сибири.

### Материалы и методы исследования

Публикация основана на материалах сборов фитопланктона 12 крупных рек Восточной Сибири: Лена, Вилюй, Колыма, Алдан, Оленёк, Витим, Индигирка, Амга, Олёкма, Анабар, Яна и Чара (рис. 1). Район исследований простирается в меридиональном направлении от 106°53' до 160°58' в.д., и в широтном – от 56°13' до 73°10' с.ш. Всего было отобрано 800 планктонных альгологических и 340 гидрохимических проб, как в прибрежной зоне, так и по фарватеру, из поверхностного горизонта воды (0–0,3 м), в летнюю межень (июнь – август) в период максимальной вегетации фитопланктона в 2000–2011 гг. Сбор и обработка проб фитопланктона выполнены в соответствии с методами, принятыми в гидробиологии [6]. Фиксирование гидрохимических проб в полевых условиях и последующий их лабораторный анализ проведены согласно общепринятым методикам [7].

Для кластеризации наблюдений использовалось евклидово расстояние с применением алгоритма Варда [8]. Предварительно, для устранения доминирования признаков разных масштабов, проведена процедура стандартизации, т.е. преобразование в признаки с нулевыми средними и единичными стандартными отклонениями. Исследование результатов кластеризации выполнено с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Для анализа взаимосвязи между одним качественным признаком, выступающим в роли зависимого, результирующего показателя, и подмножеством количественных признаков, использовался дискриминантный анализ с пошаговым алгоритмом включения и исключения предикторов [9]. Процедуры статистического анализа выполнялись с помощью программного пакета STATISTICA 10.

### Результаты исследования и их обсуждение

Для выявления скрытых групп наблюдений, которые невозможно получить априорно,

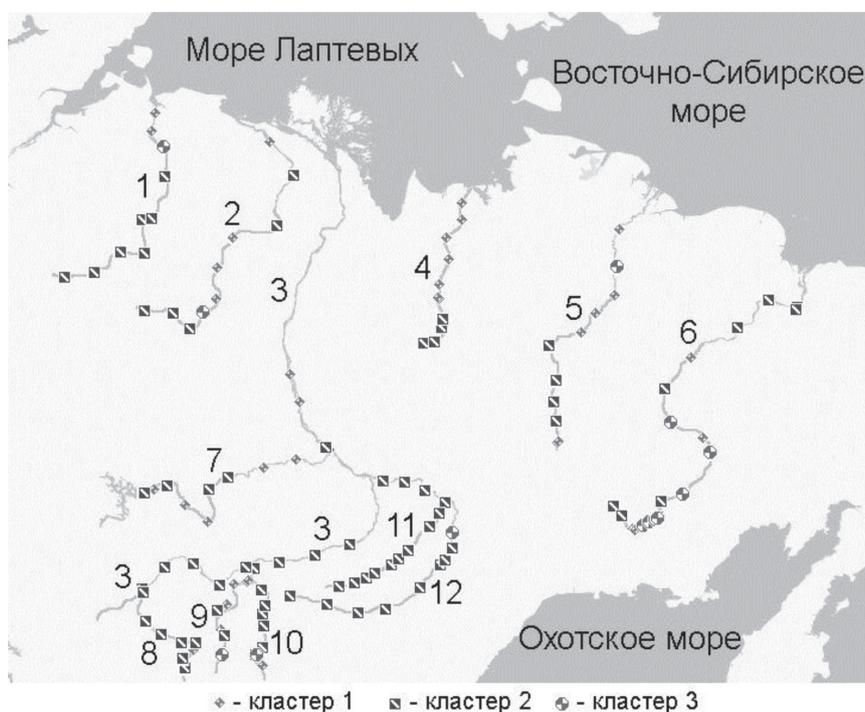


Рис. 1. Карта района исследований и пункты наблюдений, классифицированные по градации CL\_3M (номераами отмечены реки: 1 – Анабар, 2 – Оленёк, 3 – Лена, 4 – Яна, 5 – Индигирка, 6 – Колыма, 7 – Вилюй, 8 – Витим, 9 – Чара, 10 – Олёкма, 11 – Амга, 12 – Алдан)

Анализируемый массив данных включает 14 количественных переменных. Четыре из них характеризуют показатели развития миксотрофных фитопланктона: число видов и доля от общего числа видов фитопланктона, численность и доля от общей численности фитопланктона. Три переменные являются косвенными показателями органического вещества в воде (цветность, БПК<sub>5</sub>, ХПК) и семь – это основные биогенные элементы (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, P<sub>общ</sub>, Si, Fe<sub>общ</sub>). В массив включены только 303 наблюдения, по которым отсутствуют пропуски, которые недопустимы при статистической обработке данных.

на основе эмпирического деления, был произведен поиск путем кластеризации данных по показателям развития миксотрофных фитопланктона. Поскольку анализируемые признаки имеют разные масштабы и шкалы, для устранения доминирования отдельных признаков с максимальными числовыми значениями, перед кластеризацией была проведена стандартизация признаков. В результате было выделено три кластера, в табл. 1 приведены средние значения переменных внутри класте-

ров и итоги их сравнения с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Данные ранжированы по величине F-критерия, таким образом, в верхней части таблицы расположены те признаки, по которым установлено максимальное различие между кластерами. Достигнутые уровни значимости подтверждают достоверность анализа.

На графике средних стандартизованных значений признаков по трем кластерам видно, что наблюдения из третьей градации новой категориальной переменной *CL\_3M* отличаются наибольшими значениями по всем четырем признакам миксотрофов (рис. 2). Первый и второй кластеры схожи по численности миксотрофов и по ее доле в общей численности планктона, но по числу миксотрофных видов и доле миксотрофов в общем числе видов планктона, наблюдения первого кластера превышают наблюдения второго.

Географическое расположение выделенных кластеров представлено на рис. 1. Третий, самый богатый по видовому составу и наиболее обильный по численности мик-

сотрофов кластер, объединяет только 16 из 303 наблюдений. Они локализованы главным образом в Колымском водохранилище и на участке р. Колымы ниже его плотины. Отдельные наблюдения этого кластера относятся к рр. Алдан, Чара, Олёкма, Анабар, Оленёк и Индигирка в районе притоков этих рек: Куолума, Апсат, Хани, Средняя, Чомурдах и Бол. Эрча.

Первый и второй кластеры объединили остальную часть наблюдений, которые распределены между двумя градациями достаточно равномерно. Первый кластер, характеризующийся значительным видовым богатством миксотрофов, включает 133 наблюдения и локализован преимущественно в арктических реках, главным образом в их низовьях, а также на р. Вилюй. Второй кластер, отличающийся наименьшими значениями по всем признакам миксотрофов, локализован преимущественно в реках центральной и южной части региона, а также главным образом на верхних участках арктических рек.

**Таблица 1**

Значения групповых средних для показателей численности и видового богатства миксотрофных видов и достоверность различий между ними

Параметр	Кластеры			F	p
	1	2	3		
VAR1 (Доля численности миксотрофов от общей численности планктона, %)	6,46	0,90	65,05	358,45	0,0000
VAR3 (Число миксотрофных видов)	6,30	1,58	8,25	303,02	0,0000
VAR4 (Доля миксотрофов в общем числе видов планктона, %)	10,67	3,16	16,04	243,28	0,0000
VAR2 (Численность миксотрофов, кл/л)	2409,71	345,34	42993,07	116,25	0,0000

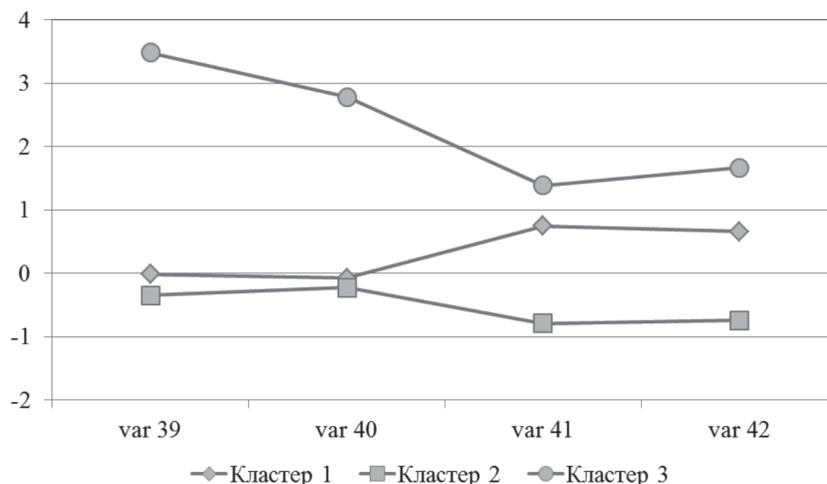


Рис. 2. Средние стандартизованные значения признаков градации *CL\_3M*

Различие между градами переменной  $CI_{3M}$  по показателям содержания органики и биогенов исследовано с применением дискриминантного анализа. В табл. 2 представлены признаки, вошедшие в дискриминантные функции в результате пошагового анализа, а также достигнутый уровень значимости для каждого признака. В данной таблице приведены стандартизованные коэффициенты для двух дискриминантных осей. Ранжировав их модуль, можно оценить степень вклада отдельных признаков (предикторов) в дискриминантные функции (оси). Видно, что для первой дискриминантной оси максимальный вес характерен для переменной VAR6 ( $NH_4$ , мг/л), VAR12 ( $Fe_{общ}$ , мг/л), VAR10 ( $P_{общ}$ , мкг/л), а для второй оси – VAR13 (ХПК, мг/л). Уровень значимости по всем предикторам подтверждает их пригодность для анализа.

На рис. 3 приведён график распределения наблюдений всех 3-х кластеров грации  $CI_{3M}$  в двух дискриминантных осях.

Видно, что четкой локализации наблюдений, принадлежащих к разным кластерам, нет ни по одной из осей. Следовательно, связь между признаками является достоверной, но недостаточно сильной. Однако отчетливо видно, что наблюдения первого и третьего «миксотрофных» кластеров смещены влево относительно вертикали, проведенной через первую ось «биогенов». А по второй оси «органики» в верхнюю часть графика смещены наблюдения третьего кластера.

Таким образом, среди ценологических и флористических показателей развития жгутиковых миксотрофов арктических рек исследованного региона доля численности фитофлагеллят в общей численности фитопланктона является тем признаком, по которому выявленные кластеры грации

$CI_{3M}$  наиболее сильно отличаются друг от друга. Полученные кластеры хорошо взаимно локализованы географически. Самый богатый по видовому составу и численности миксотрофов кластер объединяет лишь 5% пунктов наблюдений, большая часть из которых приурочена к Колымскому водохранилищу. Кластер, характеризующийся значительным видовым богатством миксотрофов при невысокой их численности, локализован главным образом в низовьях рек арктического бассейна. Результаты дискриминантного анализа свидетельствуют, что среди биогенных веществ наиболее сильную связь с развитием миксотрофов проявили ионы аммония, железо общее и фосфор общий, а среди косвенных показателей органического вещества – ХПК. Проведенный нами анализ показал, что наличие биогенных веществ больше влияет на численность миксотрофов, а число видов теснее связано с концентрацией органических веществ.

### Выводы

Построенная нами модель пространственного распределения миксотрофных фитофлагеллят крупных субарктических рек Восточной Сибири свидетельствует о четкой географической локализации выделенных групп. Результаты исследования подтверждают значительную степень влияния на развитие миксотрофов как органических веществ, так и некоторых биогенов. Однако, поскольку речной планктон представляет собой сложную динамическую систему, при ее моделировании крайне трудно учесть все факторы. Учитывая, что выявленная связь достоверна, но недостаточно отчетлива, очевиден вывод о том, что на развитие миксотрофов влияние оказывают и другие факторы среды.

Таблица 2

Предикторы, вошедшие в модель дискриминантной функции для грации  $CI_{3M}$

Предиктор	Стандартизованные коэффициенты канонических переменных		Уровень значимости (p)
	Корень 1	Корень 2	
VAR5 (Цветность, град.)	-0,091360	0,37429	0,0000
VAR6 ( $NH_4$ , мг/л)	0,647364	-0,60386	0,0000
VAR7 ( $NO_2$ , мкг/л)	0,162050	-0,66185	0,0000
VAR8 ( $NO_3$ , мг/л)	0,153457	-0,39315	0,0000
VAR9 ( $PO_4$ , мкг/л)	0,215951	-0,29066	0,0000
VAR10 ( $P_{общ}$ , мкг/л)	0,584769	-0,51653	0,0047
VAR11 (Si, мг/л)	0,388838	0,00148	0,0000
VAR12 ( $Fe_{общ}$ , мг/л)	0,593692	0,39584	0,0000
VAR13 (ХПК, мг/л)	-0,505157	1,06351	0,0000
VAR14 (БПК <sub>5</sub> , мг/л)	-0,122922	0,07869	0,0000

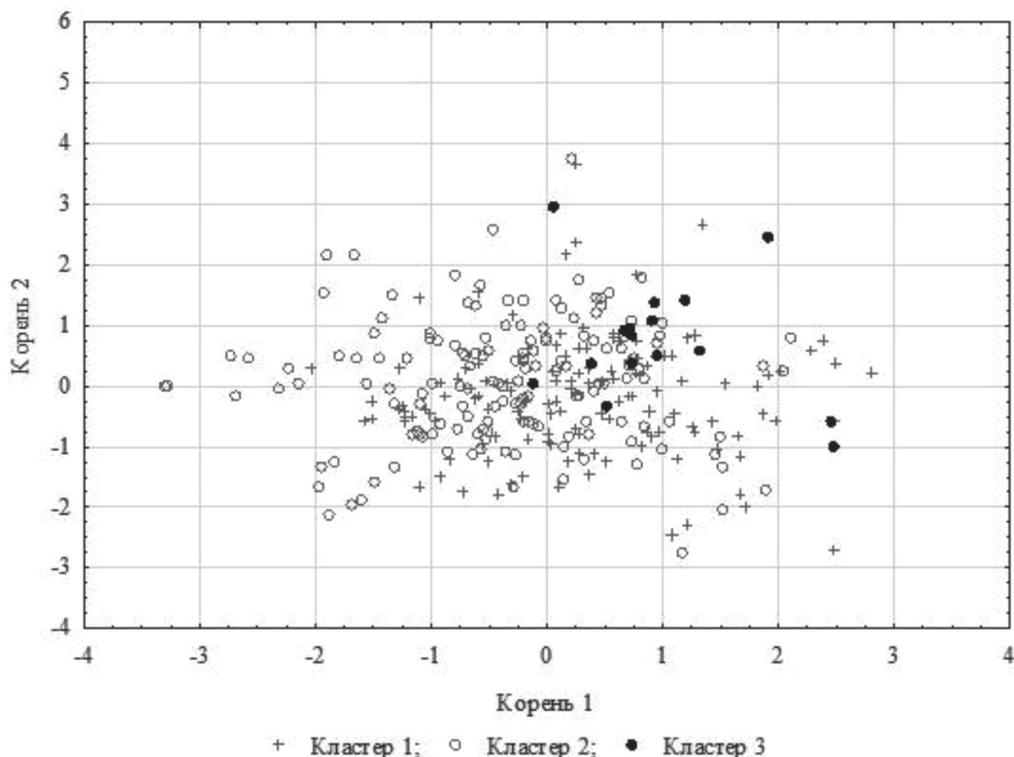


Рис. 3. Диаграмма рассеяния наблюдений градации  $CI_{3M}$  в двух дискриминантных осях

Работа выполнена в рамках госзадания ИБПК СО РАН на 2017–2020 гг. по теме «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии» (0376-2018-0001; рег. номер АААА-А17-117020110056-0).

#### Список литературы

1. Габышев В.А. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири / В.А. Габышев, О.И. Габышева. – Новосибирск, 2018. – 416 с.
2. Development of a pan-Arctic database for river chemistry / McClelland J.W et al. // Eos Transactions-American Geophysical Union. 2008. Vol. 89, № 24. P. 217–224.
3. Triemer R.E. Photosynthetic Euglenoids / R.E. Triemer, B. Zakrys // Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification, Second edition.– Elsevier Science, 2015. P. 459–483.
4. Nicholls K.H. Chrysophyceae and Phaeothamniophyceae / K.H. Nicholls, D E. Wujek // Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification, Second edition.– Elsevier Science, 2015. P. 537–586.
5. Carty S. Dinoflagellates / S. Carty, M.W. Parrow // Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification, Second edition. Elsevier Science, 2015. P. 773–807.
6. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство / А.П. Садчиков. – М., 2003. – 157 с.
7. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / А.Д. Семенов. – Л., 1977. – 540 с.
8. Ланг Т.А. Как описывать статистику в медицине. Аннотированное руководство для авторов, редакторов и рецензентов / Т.А. Ланг, М. Сессик. – М.: Практическая медицина, 2011. – 480 с.
9. Павлушков И.В. Основы высшей математики и математической статистики / И.В. Павлушков [и др.]. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 424 с.

УДК [577.113+502.5]:597.553.2(282.256.341)

## АПРОБАЦИЯ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ДНК ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ И МОНИТОРИНГА ПОПУЛЯЦИЙ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ

**Кирильчик С.В., Макаров М.М., Аношко П.Н., Астахова М.С., Смолин И.Н., Дзюба Е.В.**

*ФГБУН «Лимнологический институт» Сибирского отделения Российской академии наук,  
Иркутск, e-mail: mmmsoft@hlsrserver.lin.irk.ru*

Байкальский омуль – основной промысловый вид озера Байкал, учет численности и биомассы которого является задачей рационального природопользования. Целью исследования являлась апробация метода анализа ДНК окружающей среды для оценки запасов и мониторинга популяций байкальского омуля. Запись акустических сигналов и отбор проб ДНКос проводили с ледового покрова озера синхронно на двух станциях: первая в районе м. Березовый, склоновая зона, над глубиной 400 м; вторая – в открытом Байкале над глубиной 800 м. Результаты количественного анализа показали, что основная масса ДНКос байкальского омуля сосредоточена в склоновой зоне озера, что согласуется с литературными и полученными в данном исследовании акустическими данными. В открытом Байкале максимальная концентрация ДНКос отмечена на глубине 300 м в зоне стабильной регистрации рыб. На глубинах 50 м и менее омуль не был зарегистрирован, а на глубинах свыше 350 м встречался крайне редко. Наличие ДНКос на данных глубинах может быть обусловлено вертикальным переносом водных масс, диффузным переносом и седиментацией органических взвесей. Разработка методов анализа ДНКос может служить основой исследования генетического полиморфизма рыб в скоплениях различного типа, а также в связи с их батиметрическим и пространственно-географическим распределением без необходимости проведения контрольных ловов. Таким образом, особенности распределения байкальского омуля позволяют использовать этот вид в качестве модельного для разработки методов анализа ДНКос, а также совершенствования гидроакустического метода ресурсных исследований.

**Ключевые слова:** гидроакустический метод, ДНК окружающей среды, *Coregonus migratorius*, оз. Байкал

## TESTING METHOD QUANTITATIVE eDNA ANALYSIS FOR STOCK ASSESSMENT AND MONITORING OF BAIKAL OMUL POPULATIONS

**Kirilchik S.V., Makarov M.M., Anoshko P.N., Astakhova M.S., Smolin I.N., Dzyuba E.V.**

*Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk,  
e-mail: mmmsoft@hlsrserver.lin.irk.ru*

The Baikal omul is the main commercial fish species of Lake Baikal. Assessment of its stock size and distribution pattern is the important task of rational nature management. The aim of the study was the approbation of the environmental DNA (eDNA) method for estimating the stocks and monitoring the populations of the Baikal omul. Acoustic echosounding and water sampling were simultaneously carried out from the ice cover of the lake at two stations: the first in the area of Cape Berezovy, the slope zone with 400 m depth; the second – in the open Baikal with 800 m depth. Quantitative real-time PCR analysis showed a significantly higher level of Baikal omul eDNA concentration in the slope of the lake, which is consistent with previous publications and acoustic data obtained in this study. In the open Baikal, the maximal eDNA concentration was recorded at a depth of 300 m in the zone of stable fish registration. At depths of 50 m and less, the omul was not recorded, and at depths over 350 m it was registered extremely rare. The presence of eDNA at these depths may be due to vertical transport of water masses, diffuse transport and sedimentation of organic suspended matter. The development of methods for eDNA analysis can serve as a basis for studying genetic polymorphism of fish in various types of congestions, and also in connection with their bathymetric and spatial-geographical distribution without control fishing. Thus, the features of the Baikal omul distribution allows to use this species as demonstrative for the development of eDNA analysis methods, as well as for improving the hydroacoustic methods of research.

**Keywords:** hydroacoustic method, environmental DNA, *Coregonus migratorius*, Lake Baikal

В настоящее время в мировой науке активно развиваются методы обнаружения позвоночных животных (в частности, рыб) в пробах воды с использованием ДНК окружающей среды (environmental DNA) [1]. ДНК окружающей среды (ДНКос) представляет собой ДНК, выделенную из образцов воды, почвы, воздуха и пр. Предполагается, что основным источником ДНКос животных служат продукты жизнедеятельности. Использование этого инструмента особенно актуально при мониторинге ареала обитания редких и исчезающих видов

рыб и водных беспозвоночных. Кроме этого, потенциал применения данного метода заключается в повышении чувствительности обнаружения и эффективности оценок видового состава гидробионтов в полевых условиях в труднодоступных водоемах [2]. Таким образом, преимущество метода заключается также в том, что позволяет оперативно получать полную информацию о биоте водоема и необходимо при сжатых сроках выполнения полевых работ, ограничивающих тщательный облов рыб [3–5]. Метод активно развивается в трех направ-

лениях: обнаружение находящихся под угрозой исчезновения видов, отслеживание инвазивных видов и оптимизация методов в полевых и лабораторных условиях [6–8].

Байкальский омуль *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) занимает одно из центральных звеньев пелагической трофической цепи Байкала и является основным объектом промысла. Актуальность более тщательного исследования состояния запасов этого вида в современный период определяется снижением его численности. В связи с этим использование методов мониторинга, не требующих проведения отлова рыб, становится приоритетным. Наряду с гидроакустическим методом, для оценки биомассы гидробионтов в настоящее время активно развивается метод количественного анализа ДНКос [9, 10 и др.]. Мы полагаем, что сочетание использования этих методов позволит существенно расширить наши знания о современном состоянии популяций рыб озера Байкал.

Цель исследования: апробация метода анализа ДНК окружающей среды для оценки запасов и мониторинга популяций байкальского омуля.

#### Материалы и методы исследования

Экспериментальные работы проводились с 26 по 30 марта 2018 г. на акватории озера Байкал, разрез пос. Листвянка – пос. Танхой с ледового покрова. Запись акустических сигналов и отбор проб ДНКос Байкала проводили синхронно на двух станциях: первая в районе м. Березовый, склоновая зона, над глубиной 400 м (51.831680N, 104.884533E); вторая – в открытом Байкале над глубиной 800 м (51.787013N, 104.942853E). В работе использовали гидроакустический комплекс, выполненный на базе эхолота Furuno FCV1100 (Япония) с гидроакустическими антеннами типа «один луч». Параметры эхолота в период проведения съемки: длительность зондирующего импульса 3 мс, частота зондирования 2 Гц. Низкочастотная антенна: диаграмма направленности по уровню – 3 дБ 24° частота 28 кГц, высокочастотная антенна – 12°, частота 200 кГц. Калибровка эхолота проводилась по стандартной схеме с использованием калибровочных медных сфер [11].

**Отбор проб и выделение ДНКос.** Пробы воды (по 1 л каждая) на первой станции отбирались на горизонтах 25 и 250 м, на второй – 50, 300 и 400 м. Взятый объем воды фильтровали через стеклянный фильтр диаметром 47 мм и размером пор 0,7 мкм (Whatman, GE Healthcare Life Sciences). Выделение ДНКос из фильтров проводилось методом, предложенным ранее [12].

**Полимеразная цепная реакция.** Для проведения анализа использовали фрагмент гена NADH4 митохондриальной ДНК. Праймеры 10219CpelMtF 5'-ctatccctctggcacttcaaat и 10341CpelMtR 5'-taacattgagaaggttgagct инициировали синтез ампликона 167 нуклеотидов. Количественную ПЦР (qPCR) проводили в 10 мкл реакционной смеси, содержащей 0,5U AmpliTaq Gold DNA Polymerase (Applied Biosystems),

1 x ПЦР буфер, 2 mM MgCl<sub>2</sub>, 0,2 mM каждого dNTP, 0,2 uM R и F праймеры, 0,25 x EvaGreen и 0,5–20 нг ДНК. Амплификацию проводили на LightCycler® 96 (Roche Life Science). Режим амплификации: удержание – 95 °C (10 мин); циклирование – 95 °C (10 сек), 62 °C (15 сек), 72 °C (10 сек, детекция флуоресценции), 50 циклов; плавление – 62–95 °C. Для проведения количественных оценок использовали 10-кратные разведения ДНК байкальского омуля. Максимальное разведение, при котором не было ампликона, принимали за 1 молекулу целевого фрагмента. Нуклеотидные последовательности полученных фрагментов ДНК определяли прямым секвенированием с помощью набора BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit на генетическом анализаторе 3500 Genetic Analyzer (Thermo Fisher Scientific). Контроль качества продукта амплификации осуществляли с помощью техники плавления с высоким разрешением (HRM).

#### Результаты исследования и их обсуждение

В работе представлены эхограммы, иллюстрирующие вечернее распределение байкальского омуля в подледный период (рис. 1 и 2). Ранее специальные исследования распределения байкальского омуля с применением гидроакустической техники с ледового покрова озера не проводились. На первой станции зарегистрированы скопления рыб в диапазоне глубин 50–100 м в склоновой зоне и единичные экземпляры на глубинах до 300 м (рис. 1). На второй станции, расположенной в открытом Байкале, были отмечены единичные особи байкальского омуля в диапазоне глубин 50–300 м (рис. 2).

По данным гидроакустических съемок, проводимых после распаления льда, в период зимней температурной стратификации вод, также было отмечено наличие скоплений и более высоких концентраций рыб в присклоновой зоне и над возвышениями дна, в том числе на подводных банках [13].

Для зимне-весеннего распределения характерна концентрация байкальского омуля в присклоновой зоне на глубине 100–350 м, его рассредоточение в нижних горизонтах эпипелагиали и практическое отсутствие в верхнем 50 м слое как у берега, так и в открытых районах. Наличие плотных скоплений, свидетельствующих о реализации стайного поведения рыб в открытых водах, также было зафиксировано преимущественно на глубинах 50–100 м. В период весеннего прогрева прибрежных и поверхностных вод Байкала по данным гидроакустических съемок было отмечено наличие двуслойного распределения омуля в толще вод озера – в слоях 50–150 и 160–350 м, обусловленное морфо-экологической внутривидовой дифференциацией рыб [13].

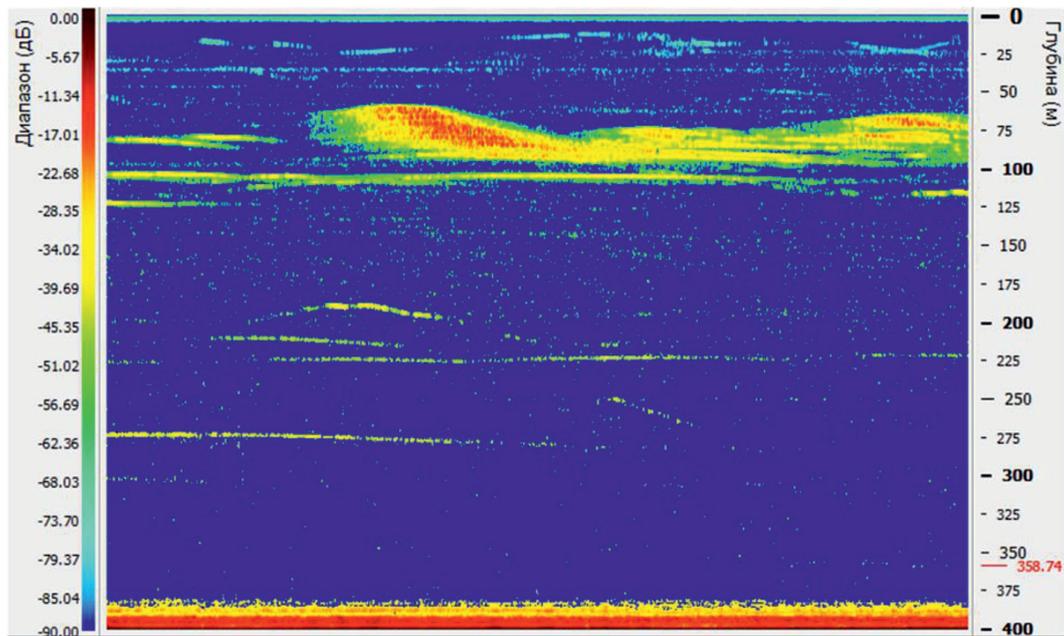


Рис. 1. Скопления байкальского омуля в диапазоне глубин 50–100 м, на первой станции 26 марта 2018 г. Эхограмма построена по данным низкочастотного канала (28 кГц)

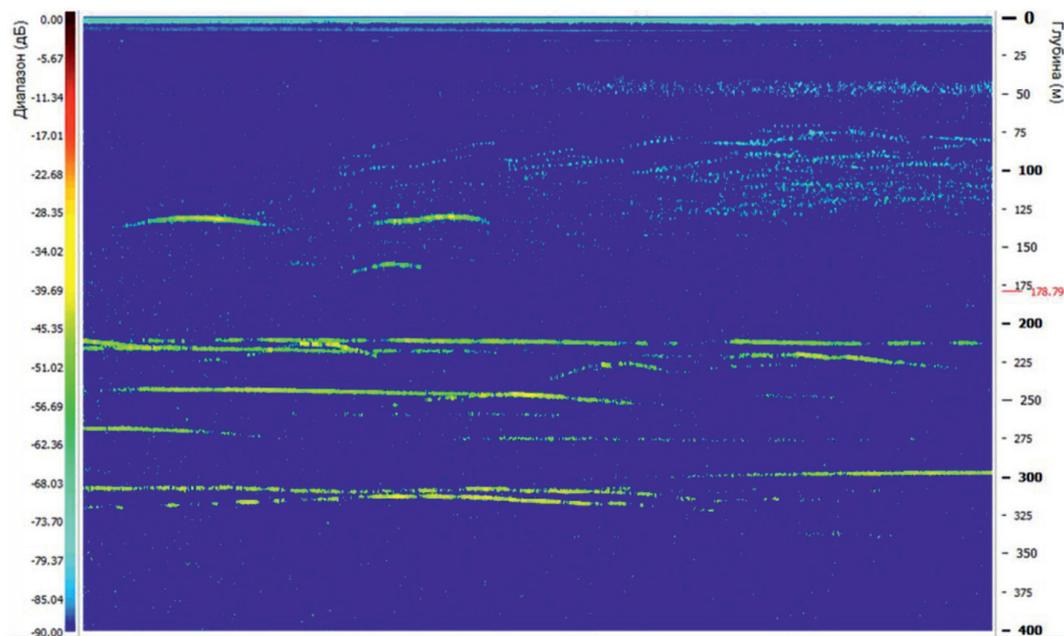


Рис. 2. Разреженное скопление байкальского омуля в диапазоне глубин 50–300 м, на второй станции 28 марта 2018 г. Эхограмма построена по данным низкочастотного канала (28 кГц)

Как показали результаты секвенирования с праймерами 10219Cpe1MtF и 10341Cpe1MtR, используемый фрагмент ДНК гомологичен фрагменту NADH4 байкальского омуля. Плавление с высоким разрешением показало, что среди проанализированных образцов присутствуют как мономорфные, так и полиморфные пробы ДНКос (рис. 3). Опреде-

ление нуклеотидных последовательностей показало, что полиморфные пробы представлены фрагментами с 1–3 варибельными сайтами (G/C или A/T).

Генетический полиморфизм байкальского омуля определяется количеством речных систем, в которых он размножается, а также дифференциацией особей по протяженности

нерестовых миграций. Ранее анализ репродуктивной разобщенности, морфологической и биологической разнокачественности популяций байкальского омуля позволил объединить их в морфоэкологические группы (МЭГ): 1) пелагическая (многотычинковая), 2) прибрежно-пелагическая (среднетычинковая) и 3) придонно-глубоководная (малотычинковая) [14]. В зимне-весенний период (май – июнь) омуль всех МЭГ в местах основных скоплений обитает в придонных слоях воды. Однако часть его рассредоточена в открытых водах, в том числе над максимальными глубинами. Наличие среди проанализированных образцов как мономорфных, так и полиморфных проб ДНКос, возможно, подтверждает совместное обитание байкальского омуля разных МЭГ в зимний период. Результаты количественного анализа показали, что основная масса ДНКос омуля сосредоточена в склоновой зоне (рис. 4). При этом на глубинах выше 25 м концентрация ДНКос почти в два раза выше, чем на 250 м, что возможно в случае прохождения стаи рыб, либо апвеллинга генетического материала с потоком пузырьков газа, выделяемого омулем. В открытом Байкале, напротив – градиент концентрации соответствует зимнему батиметрическому распределению омуля: максимальное количество ДНКос сосредоточено на глубине 300 м в зоне стабильной регистрации рыб. На глубинах 50 м и менее омуль не был зарегистрирован, а на глубинах свыше 350 м встречался крайне редко. Наличие ДНКос на данных глубинах может быть обусловлено вертикальным переносом водных масс, диффузным переносом и седиментацией органических взвесей.

Проблемой определения численности байкальского омуля является мозаичность

распределения и динамичность скоплений в рыбопромысловых районах, где сосредоточены основные запасы. По результатам проведенных в 2000–2003 гг. гидроакустических съемок межгодовые колебания численности омуля на обследованных акваториях составляли от 183 до 448 экз/га, биомассы – 26–99 кг/га или в пересчете на всю обследованную акваторию – 2,9–13,3 тыс. т [15]. Колебания оценок численности в четыре раза могут объясняться методическими просчетами при планировании учетных работ. Байкальский омуль – активно мигрирующий вид со сложной внутривидовой структурой. Сезонное распределение и миграции различных МЭГ имеют свои особенности, которые тем не менее не являются строго специфичными. В скоплениях и рассредоточенной части популяции встречаются особи разных МЭГ. По данным гидроакустических съемок было установлено, что байкальский омуль присутствует повсеместно в зоне эпи- и мезопелагиали до глубин 350–400 м по всей акватории озера, включая центральные глубоководные части всех трех котловин. В зимне-весенний период байкальский омуль пространственно обособлен и практически не пересекается с другими видами пузырных рыб, обитающими в прибрежной зоне, преимущественно до изобаты 50 м. Эти специфичные особенности экологии делают его уникальным объектом для решения методических вопросов применения гидроакустики и анализа ДНКос с целью разработки методов мониторинга и оценки запасов рыб. Оба подхода дополняют друг друга и позволяют проводить корректировку в случае исследования активно мигрирующих видов.

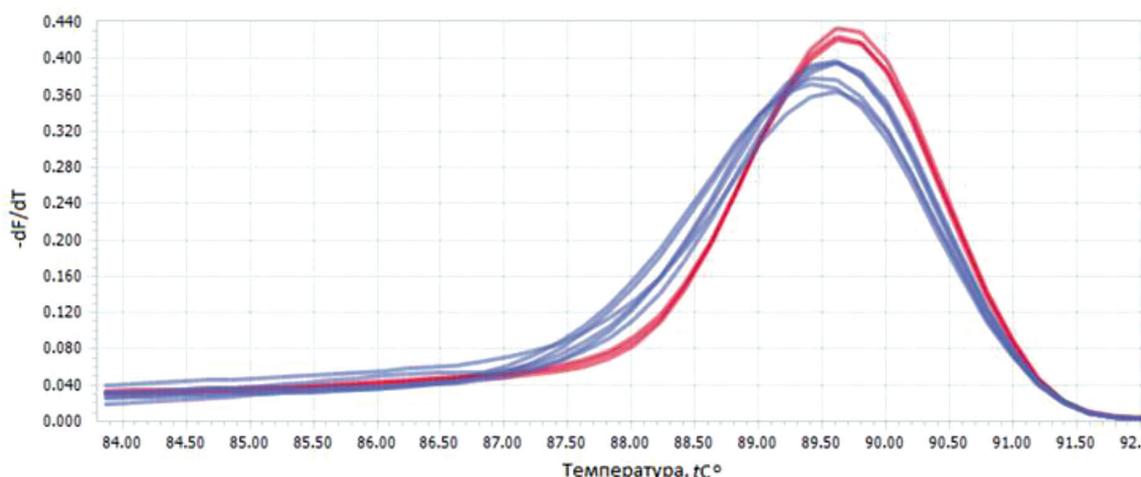


Рис. 3. Результаты плавления с высоким разрешением. Красным и синим цветом обозначены мономорфные и полиморфные пробы соответственно

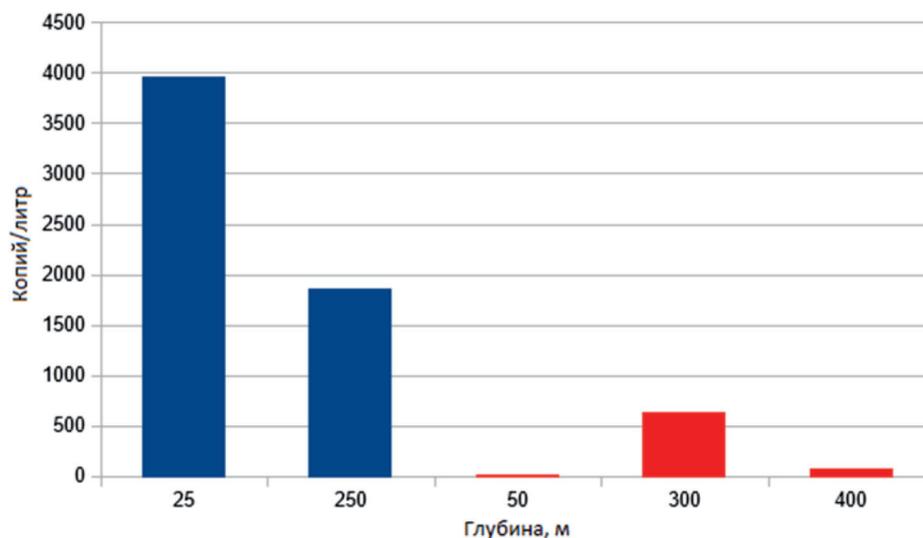


Рис. 4. Количество копий ДНКос байкальского омуля в пробах (копий ДНК целевого фрагмента на литр). Синим цветом обозначена присклонная зона над глубиной 400 м, красным – зона открытого Байкала над глубиной 800 м

### Заклучение

Апробация метода анализа ДНК окружающей среды для оценки запасов и мониторинга популяций байкальского омуля показала, что выявленные при помощи гидроакустического метода особенности его распределения позволяют использовать этот вид в качестве модельного для разработки методов анализа ДНКос. Оба подхода дополняют друг друга и позволяют проводить корректировку в случае исследования активно мигрирующих видов. Разработка методов анализа ДНКос может служить основой исследования генетического полиморфизма рыб в скоплениях различного типа, а также в связи с их батиметрическим и пространственно-географическим распределением. В современный период использование методов мониторинга, не требующих проведения контрольных отловов, является приоритетным в связи со снижением численности байкальского омуля.

Работа выполнена в рамках темы 0345-2016-0002 (АААА-А16-116122110066-1) «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии в условиях глобальных экологических изменений».

### Список литературы

1. Ficetola G.F., Miaud C., Pompanon F., Taberlet P. Species detection using environmental DNA from water samples. *Biol. Lett.*, 2008, vol. 4, pp. 423–425.
2. Goldberg C.S., Strickler K.M., Pilliod D.S. Moving environmental DNA methods from concept to practice for monitoring aquatic macroorganisms. *Biological Conservation*, 2015, vol. 183, pp. 1–3.
3. Sigsgaard E.E., Carl H., Moller P.R., Thomsen P.F. Monitoring the near-extinct European weather loach *Misgurnus fos-*

*silis* in Denmark by combining traditional fishing surveys and environmental DNA from water samples. *Biol. Conserv.*, 2015, vol. 183, pp. 46–52.

4. Hanfling B., Handley L.L., Read D.S., Hahn C., Li J., Nichols P., Blackman R.C., Oliver A., Winfield I.J. Environmental DNA metabarcoding of lake fish communities reflects long-term data from established survey methods. *Mol. Ecol.*, 2016, vol. 25, no 13, pp. 3101–3119.

5. Yamamoto S., Minami K., Fukaya K., Takahashi K., Sawada H., Murakami H., et al. Environmental DNA as a 'Snapshot' of fish distribution: a case study of Japanese Jack Mackerel in Maizuru Bay, Sea of Japan. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no 3, e0149786.

6. Mahon A.R., Jerde C.L., Galaska M., Bergner J.L., Chadderton W.L., Lodge D.M., Hunter M.E., Nico L.G. Validation of eDNA surveillance sensitivity for detection of Asian carps in controlled and field experiments. *PLoS One*, 2013, vol. 8, e58316.

7. Wilcox T.M., McKelvey K.S., Young M.K., Jane S.F., Lowe W.H., Whiteley A.R., Schwartz M.K. Robust detection of rare species using environmental DNA: the importance of primer specificity. *PLoS One*, 2013, vol. 8, e59520.

8. Barnes M.A., Turner C.R., Jerde C.L., Renshaw M.A., Chadderton W.L., Lodge D.M. Environmental conditions influence eDNA persistence in aquatic systems. *Environ. Sci. Technol.*, 2014, vol. 48, pp. 1819–1827.

9. Takahara T., Minamoto T., Yamanaka H., Doi H., Kawabata Z. Estimation of Fish Biomass Using Environmental DNA. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no 4, e35868.

10. Thomsen P.F., Moller P.R., Sigsgaard E.E., Knudsen S.W., Jorgensen O.A., Willerslev E. Environmental DNA from Seawater Samples Correlate with Trawl Catches of Subarctic, Deepwater Fishes. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no 11, e0165252.

11. Simrad EK60: Reference Manual. – SIMRAD, Norway. 2012. 253 p.

12. Miya M., Minamoto T., Yamanaka H., Oka S.I., Sato K., Yamamoto S., Sado T., Doi H. Use of a Filter Cartridge for Filtration of Water Samples and Extraction of Environmental DNA. *J. Vis. Exp.*, 2016, vol. 117. DOI: 10.3791/54741.

13. Гидроакустический учет ресурсов байкальского омуля / Н.Г. Мельник, Н.С. Смирнова-Залуми, В.В. Смирнов [и др.] / науч. ред. В.И. Кудрявцев, Е.В. Дзюба. – Новосибирск: Наука, 2009. – 244 с.

14. Смирнов В.В. Омули Байкала / В.В. Смирнов, И.П. Шумилов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 160 с.

15. Кудрявцев В.И., Дегтев А.И., Соколов А.В. Об особенностях количественной оценки состояния запасов байкальского омуля гидроакустическим методом // Рыбное хозяйство. – 2005. – № 3. – С. 66–69.

УДК 575:616.89:618

## НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ГЕНОМА В ВИДЕ МОЗАИЧНОЙ АНЕУПЛОИДИИ НИЗКОГО УРОВНЯ ХРОМОСОМЫ X У ЖЕНЩИН С ОТЯГОЩЕННЫМ РЕПРОДУКТИВНЫМ И ГЕНЕТИЧЕСКИМ АНАМНЕЗОМ

<sup>1,2</sup>Колотий А.Д., <sup>1,2</sup>Ворсанова С.Г., <sup>1,2,3</sup>Юров И.Ю., <sup>1,2</sup>Демидова И.А., <sup>1,2</sup>Куринная О.С.,  
<sup>1,2</sup>Кравец В.С., <sup>2</sup>Шаронин В.О., <sup>1,2</sup>Зеленова М.А., <sup>1,2</sup>Юров Ю.Б.

<sup>1</sup>Обособленное структурное подразделение «Научно-исследовательский клинический институт педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева» ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, e-mail: ivan.iourov@gmail.com;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Научный центр психического здоровья», Москва;

<sup>3</sup>ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва

Настоящая работа посвящена нестабильности генома в виде мозаичной анеуплоидии низкого уровня хромосомы X, обнаруженной у 71 женщины, имеющей в анамнезе первичное или вторичное бесплодие (n = 42) и детей с различными генетическими аномалиями, задержкой развития, аутизмом (n = 29). Средний возраст женщин составлял 34,2 лет (23–47 лет). Спонтанные абортс наблюдались у 45,1% женщин. Выявлено следующее среднее аномальное число сигналов X после FISH исследования: один – в 5,3% (1,5–17,1%) клеток, три – 2,0% (0,2–5,8%), четыре – 0,3% (0–1,2%). Отмечались единичные ядра с 5–9 сигналами хромосомы X. В группе с отягощенным репродуктивным анамнезом (n = 42) выявлено 23,8% внематочных беременностей. Помимо анеуплоидии у 57,7% женщин в общей группе были выявлены микроядра, в которых обнаружен материал хромосом X (без контрольных сигналов на хромосому 1), при этом количество X сигналов варьировало от 1 до 8. Из литературы известно, что повышенный уровень микроядер связан с нестабильностью генома и наблюдается в основном у лиц пожилого возраста. Полученные же нами данные позволяют сделать вывод о том, что мозаичная анеуплоидия хромосомы X низкого уровня в сочетании с наличием микроядер с хромосомой X представляет собой динамический процесс анеуплоидизации хромосомы X и свидетельствует о нестабильности генома у женщин с бесплодием, спонтанными абортс и рождением детей с геномными нарушениями.

**Ключевые слова:** нестабильность генома, мозаичная анеуплоидия, хромосома X, FISH, микроядра, бесплодие, спонтанные абортс, внематочная беременность, аномалии развития, аутизм

## GENOME INSTABILITY PRESENTING AS LOW-LEVEL MOSAIC CHROMOSOME X ANEUPLOIDY IN WOMEN WITH REPRODUCTIVE AND GENETIC BURDEN

<sup>1,2</sup>Kolotiy A.D., <sup>1,2</sup>Vorsanova S.G., <sup>1,2,3</sup>Iourov I.Yu., <sup>1,2</sup>Demidova I.A., <sup>1,2</sup>Kurinnaya O.S.,  
<sup>1,2</sup>Kravets V.S., <sup>2</sup>Sharonin V.O., <sup>1,2</sup>Zelenova M.A., <sup>1,2</sup>Yurov Yu.B.

<sup>1</sup>Academician Yu.E. Veltishchev Research Clinical Institute of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, e-mail: ivan.iourov@gmail.com;

<sup>2</sup>Mental Health Research Center, Moscow;

<sup>3</sup>Russian Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

This article is devoted to genome instability presenting as low-level mosaic chromosome X aneuploidy, found in 71 women with primary/secondary infertility (n = 42) or children with different genetic anomalies, developmental delay and autism (n = 29). The mean age of the women was 34.2 years (23–47 years). Spontaneous abortions were noted in 45.1% of women. FISH analysis yielded abnormal number of chromosome X signals: 1 – in 5.3% of cells (1.5–17.1%), 3 – 2.0% (0.2–5.8%), 4 – 0.3% (0–1.2%). We also found single nuclei with 5–9 chromosome X signals. The group with reproductive problems (n = 42) had extrauterine pregnancies in 23.8% of cases. Besides aneuploidy, 57.7% of women presented with micronuclei containing chromosomes X without chromosome 1 signals. The number of chromosome X signals varied from 1 to 8. According to the literature data, an increased level of micronuclei is related to genome instability and is mostly observed in elderly persons. Our own data let us come to the conclusion that low-level mosaic chromosome X aneuploidy combined with the presence of micronuclei with chromosome X, represents a dynamic process of chromosome X aneuploidization. The latter probably results in presence of genome instability in women with infertility, spontaneous abortions and offsprings with genomic anomalies.

**Keywords:** genome instability, mosaic aneuploidy, chromosome X, FISH, micronuclei, infertility, spontaneous abortions, extrauterine pregnancies, developmental anomalies, autism

Первые упоминания о мозаичной анеуплоидии хромосомы X (X chromosome mosaic aneuploidy) – ХМА относятся к 1960-м гг. в связи с активным изучением генетических причин синдрома Шерешевского – Тернера

и дисгенезии гонад [1, 2]. Позднее феномен ХМА неоднократно упоминается в работах по обследованию групп женщин с нарушением репродуктивной функции (бесплодие, повторные спонтанные абортс, преждев-

ременное нарушение функции яичников и др.) [3, 4]. Наличие ХМА у обследованных женщин расценивалось как негативный генетический фактор, влияющий на репродуктивную функцию [5, 6].

Известно, что одна из хромосом X в женском организме подвержена инактивации, проходит процесс репликации позже и значительно чаще аутосом отстает при расхождении в анафазе, что приводит к неправильному расхождению хромосом. В результате частой постзиготической анеуплоидизации хромосомы X в соматических клетках возникает мозаицизм низкого уровня с присутствием клеток, содержащих различное количество хромосом X. Кроме того, анеуплоидные по хромосоме X клетки более жизнеспособны по сравнению с клетками, имеющими аутосомную анеуплоидию, включая клетки как с моносомией хромосомы X, так и полисомные клетки с инактивированными дополнительными хромосомами X [7]. Учитывая вышеизложенное, следует сказать, что мозаичная анеуплоидия хромосомы X отражает нарушение расхождения хромосом и связана с нестабильностью генома. Мозаицизм по хромосоме X низкого уровня зафиксирован также в клетках головного мозга больных с различными психическими заболеваниями, у детей с расстройством аутистического спектра, а также у матерей детей с недифференцированной умственной отсталостью и аутизмом [8, 9]. Мозаичная анеуплоидия X низкого уровня, вероятно, представляет собой динамический процесс анеуплоидизации и может являться свидетельством нестабильности генома. В данной работе исследована группа из 71 женщины с наличием ХМА, превышающем возрастные значения, с целью последовательного цитогенетического и FISH исследований при их отягощенном репродуктивном и генетическом анамнезе.

#### Материалы и методы исследования

В работе проведены цитогенетические и молекулярно-цитогенетические (*fluorescence in situ hybridization* – FISH) исследования 71 женщины с отягощенным репродуктивным и генетическим анамнезом. Причины обследования были следующие: бесплодие, спонтанные аборт, мертворождение, наличие детей с задержкой психоречевого развития (ЗПРР), умственной отсталостью, расстройством аутистического спектра (РАС), врожденными пороками (ВПР) и/или микроаномалиями развития (МАР), имеющих в том числе хромосомные перестройки или другую генетическую патологию. Анализировалась группа женщин с мозаичной анеуплоидией хромосомы X, превышающей допустимый возрастной уровень.

Цитогенетический анализ проводился на хромосомах лимфоцитов периферической крови, культивированных 72 часа. У каждого пациента анализировали 20–30 метафазных пластинок [10]. Для уточнения

мозаицизма, выявленного цитогенетическим методом, было проведено молекулярно-цитогенетическое исследование методом FISH на интерфазных ядрах с центромерным ДНК зондом на хромосому X (DXZ1) в сочетании с контрольным ДНК зондом на прицентромерный участок хромосомы 1 (1q12), использованным для определения контроля плоидности хромосомного набора в ядрах и оценки микроядер с хромосомой X (ХМЯ). Тетраплоидные ядра, встречающиеся при культивировании лимфоцитов, в исследовании не учитывались. У каждой женщины было проанализировано не менее 1000 интерфазных ядер лимфоцитов [11, 12]. При оценке доли анеуплоидных клеток в качестве сравнения использовались ранее опубликованные исследования здоровых женщин, в которых указаны референтные значения ХМА для разных возрастных групп [13, 14].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Информация об отягощенном репродуктивном и генетическом анамнезе, результатах цитогенетических и FISH исследований группы женщин представлена в таблице.

Все обследованные женщины были фенотипически нормальными. Средний возраст женщин составлял 34,2 (от 23 до 47 лет). В зависимости от анамнеза обследованных женщин можно было условно разделить на две группы: I – женщины с бесплодием (n = 42) и II – женщины, имеющие детей с наследственными нарушениями (n = 29). В общей группе у 45,1% женщин были отмечены случаи одного или нескольких спонтанных абортов. В группе с отягощенным репродуктивным анамнезом у 10 женщин (23,8%) были случаи внематочной беременности, также у 10 женщин (23,8%) – безрезультатные попытки ЭКО (до 5-ти попыток), преждевременное нарушение функции яичников наблюдалось у 4 женщин. Во второй группе 16 женщин имели детей с ЗПРР, умственной отсталостью, аутизмом, ВПР и/или МАР, причем 6 женщин из них имели двоих и более больных детей. Из этих больных детей (n = 23) было 18 мальчиков на 5 девочек. Среди детей с хромосомными аномалиями наблюдался синдром Дауна у 3 детей, синдром Шерешевского – Тернера – у 2 детей, крупные несбалансированные структурные перестройки хромосом – у 6 детей. Моногенные синдромы были выявлены у 2 детей. В одном случае структурная аномалия хромосомы X сочеталась с моногенным синдромом (№ 71 в таблице).

При цитогенетическом исследовании, помимо клеток с анеуплоидией по хромосоме X, у 28,6% женщин была обнаружена хромосомная нестабильность в виде неспецифических трисомий аутосом, фрагильности и структурных хромосомных перестроек, в том числе хромосомы X. Проведенное FISH исследование выявило мозаичную анеуплоидию хромосомы X со

следующей средней частотой: ядра с одним сигналом на хромосому X наблюдались в 5,3% (1,5–17,1%) клеток, с тремя сигналами – в 2,0% (0,2–5,8%), с четырьмя сигналами – в 0,3% (0–1,2%). В некоторых случаях наблюдались пять и более (до 9) X сигналов в ядрах (рис. 1).

Во всех случаях преобладающим аномальным клоном являлась моносомия X хромосомы X (45,X), которому всегда сопутствовал следующий по частоте клон с трисомией (47,XXX). Интерфазные ядра с четырьмя хромосомами X встречались с малой частотой у большинства (74,6%) пациенток. Помимо повышенного уровня анеуплоидии хромосомы X у 41 женщины (57,7%) в общей группе были обнаружены микроядра с материалом хромосомы X. Средняя частота встречаемости ХМЯ на 1000 интерфазных ядер составляла 0,93% (от 0,4 до 2,1%). Количество центромерных сигналов X в таких микроядрах варьировало от 1 до 8, при отсутствии контрольных сигналов на хромосому 1 (рис. 2). Наиболее часто встречались микроядра с двумя X сигналами. Микроядра с хромосомами X описаны в литературе, встречаются у женщин в возрасте от 60 лет и состоят из хромосом, отстающих при расхождении в анафазе [15]. Средний возраст женщин, у которых были обнаружены ХМЯ в настоящем исследовании, составлял 35,9 лет.

Известно, что процесс анеуплоидизации хромосомы X происходит в организме каждой женщины, и доля анеуплоидных клеток

увеличивается с возрастом. Devi с соавторами, например, вычислили, что у женщин без нарушения репродуктивной функции образуется около 700 лимфоцитов с кариотипом 45,X на  $10^6$  клеток ежегодно [16]. В результате процесса нерасхождения образуются также клетки с полисомией хромосомы X, но не в таком количестве, как с моносомией, что показывают FISH исследования, за счет того, что добавочные хромосомы X в результате отставания в анафазе элиминируются из ядра, вероятно, в виде микроядер [17–19]. Однако, по-видимому, у некоторых женщин процесс анеуплоидизации хромосомы X в организме происходит более интенсивно.

Представленные нами результаты FISH исследования группы женщин с ХМА выше возрастного уровня показали, что во всех случаях помимо клеточной линии 45,X присутствуют клеточные линии с полисомией хромосомы X. Кроме того, наши данные показывают, что почти у 60% женщин присутствовали микроядра, состоящие из материала хромосом X. Микроядра с материалом хромосомы X хорошо охарактеризованы, встречаются у женщин с возрастом после 60 лет и ассоциируются с процессами старения, клеточным апоптозом и хромосомной нестабильностью [20], впрочем, как и микроядра, состоящие из аутосом или их фрагментов. Повышение уровня мозаичной анеуплоидии хромосомы X также связано с процессом старения организма.

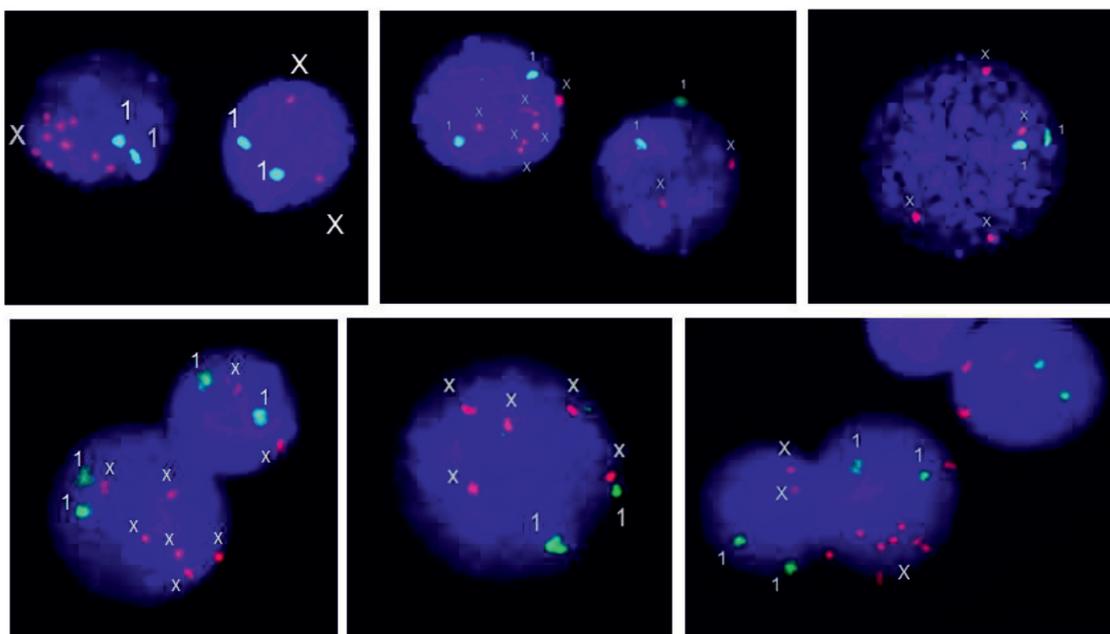


Рис. 1. Анеуплоидия хромосомы X в интерфазных ядрах, обнаруженная методом FISH. Красным цветом маркирована центромера хромосомы X, зеленым – хромосома 1 (1q12), использованная в качестве контроля

Исходя из полученных результатов данного исследования, основанных на присутствии клеточных линий с полисомией хромосомы X в сочетании с ХМЯ, мы предполагаем, что феномен мозаичной анеуплоидии хромосомы X низкого уровня является динамическим процессом анеуплоидизации хромосомы X, отражающим нестабильность генома. Это подтверждается отягощенным репродуктивным и генетическим анамнезом женщин. Спонтанные аборт, наблюдавшиеся у 45,1% женщин (которые, как известно, в 60% этиологически связаны с хромосомными аномалиями), могут иметь связь с нестабильностью генома. Случаи неудачных попыток ЭКО и случаи внематоч-

ных беременностей этиологически также могут быть связаны с геномной нестабильностью. ХМЯ встречались не во всех случаях мозаицизма, но общая тенденция была такова, что их встречаемость коррелировала с высоким уровнем полисомных клеток, содержащих 3 и более хромосом X. Можно предположить, что наличие ХМЯ связано с повышенной интенсивностью процесса анеуплоидизации. Нельзя исключить, что в некоторых случаях с бесплодием при ХМА была представлена конституционным мозаицизмом с большим преобладанием клона 45,X над клоном 47,XXX (по результатам FISH исследования), как, например, в случае 25 таблицы.

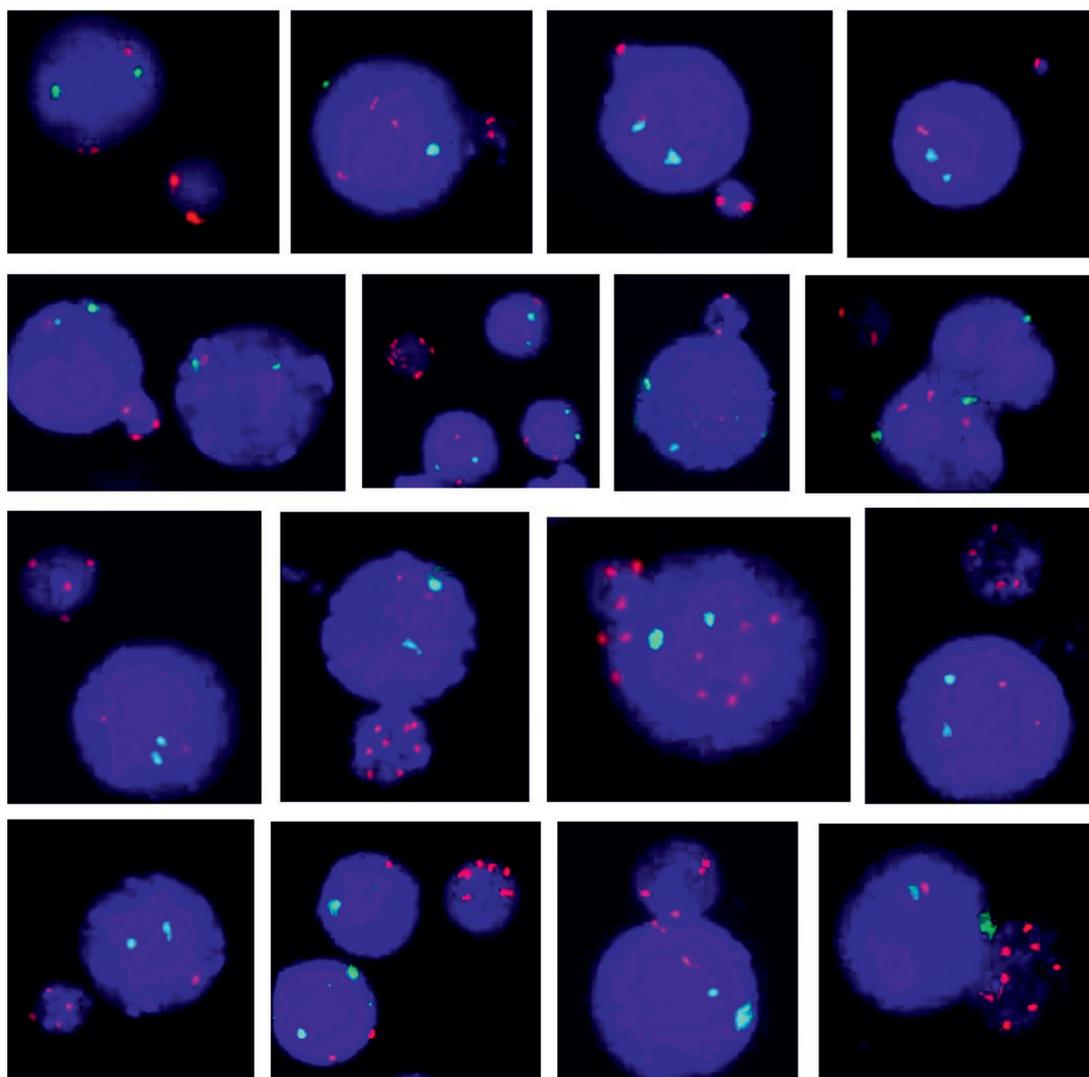


Рис. 2. Микроядра с материалом хромосомы X (ХМЯ), в которых отсутствуют контрольные сигналы хромосомы 1. Красным цветом маркирована центромера хромосомы X, зеленым – хромосома 1 (1q12), использованная в качестве контроля. Видно различное число сигналов X в ХМЯ. Некоторые интерфазные ядра, рядом с которыми расположены ХМЯ, имеют анеуплоидию хромосомы X

Результаты цитогенетического и молекулярно-цитогенетического (FISH) исследований группы женщин с ХМА

№ п/п	возраст	Отягощенный репродуктивный и генетический анамнез	СА	Карิโอтип	Цитогенетическое исследование (число клеток с различным числом хромосом X)						FISH (% клеток с различным количеством хромосом X на 1000 интерфазных ядер)								
					X	3 X	4-7 X	2 X	XН*	X	3 X	4 X	5-9 X	ХМЯ					
1	2	3	4	5															
1	27	б/пл*, мертворождение (плод с МВГР)	1	47,XXX[3]/45,X[2]/46,XX[25]	6	7	8	9	10	+	11	12	13	14	15				
2	32	б/пл	2	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[28]	1	1		28	+	2,3	2,5	0,2							
3	31	б/пл, ВмБ*	-	45,X[2]/49,XXXXX[1]/46,XX[27]	2		1	27	-	11,6	1,2	1,1							
4	27	б/пл	-	45,X[3]/46,XX[27]	3			27	-	3,1	0,5								
5	33	б/пл, ВмБ	1	45,X[2]/46,XX[28]	2			28	-	6,2	5,1	1,0	0,5						
6	27	б/пл,	-	45,X[2]/46,XX[28]	2			28	-	4,3	0,6								
7	25	б/пл	1	45,X[1]/47,XXX[1]/48,XXXXX[1]/46,XX[27]	1	1	1	27	+	2,9	2,3	0,7							
8	37	б/пл	2	47,XXX[2]/46,XX[28]	2			28	-	3,8	2,1	0,3							
9	33	б/пл	1	45,X[1]/46,XX[39]	1			39	-	2,7	1,1	0,3							
10	34	б/пл	-	47,XXX[2]/45,X[1]/46,XX[37]	1	2		37	+	5,1	1,4								
11	33	б/пл	-	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[28]	1	1		28	+ <sup>v</sup>	4,5	0,8								
12	37	б/пл, ВмБ	4	45,X[1]/47,XXX[1]/51,XXXXXX[1]/46,XX[27]	1	1	1	27	-	12,3	2,5	0,5	0,2						
13	29	б/пл	3	47,XXX[2]/46,XX[28]		2		28	-	4,3	1,8	0,4	0,3						
14	35	б/пл, ПНФЯ*	3	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[28]	1	1		28	+ <sup>v</sup>	4,6	1,1	0,2							
15	32	б/пл	1	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[28]	1	1		28	-	3,6	2,6	0,7							
16	40	б/пл	4	47,XXX[3]/45,X[1]/46,XX[27]	1	3		27	+	7,3	5,8	1,1	0,2						
17	44	б/пл	-	45,X[2]/47,XXX[2]/49,XXXXXX[1]/46,XX[25]	2	2	1	25	+	17,1	4,5	2,7	0,5						
18	37	б/пл	3	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[28]	1	1		28	-	3,4	2,7	0,2							
19	25	б/пл	1	45,X[2]/46,XX[28]	2			28	-	2,4	1,5	0,4							
20	46	б/пл	3	45,X[3]/47,XXX[2]/46,XX[25]	3	2		25	-	10,3	5,7	0,7	0,2						
21	38	б/пл, ВмБ	-	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[19]	1	1		19	-	6,3	1,2	0,4	0,3						
22	38	б/пл	2	45,X[2]/47,XXX[1]/46,XX[17]	2	1		17	+	5,7	2,6								
23	32	б/пл, ВмБ	1	45,X[2]/47,XXX[1]/48,XXXXX[1]/46,XX[16]	2	1	1	16	-	4,4	2,3	0,2							
24	33	б/пл, ВмБ	2	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[28]	1	1		28	-	4,5	3,2	0,2							
25	45	б/пл, ПНФЯ	-	45,X[4]/46,XX[26]	4			26	-	9,3	0,2								
26	31	б/пл	1	45,X[2]/46,XX[18]	2			18	-	3,2	0,5	0,2							

Продолжение таблицы														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
27	б/пл		-	47,XXX[4]/46,XX[26]	4	4		26	-	8,2	2,8	0,7		+
28	б/пл, ВмБ		-	45, X[4]/ 46, XX[26]	4			26	-	6,3	2,4	0,2		+
29	б/пл, ВмБ		2	47,XXX[1]/46,XX[29]		1		29	-	4,5	2,8	0,2		-
30	б/пл		-	45, X[1]/ 47, XXX[1]/ 46, XX[28]	1	1		28	-	2,7	0,8	0,2	0,1	-
31	б/пл, ВмБ		-	45, X[3]/ 47, XXX[1]/ 46, XX[26]	3	1		26	-	7,9	2,5	0,3	0,2	+
32	б/пл		3	45, X[3]/ 46, XX[27]	3			27	-	3,5	0,8	0,1	0,1	-
33	б/пл		-	45, X[4]/ 46, XX[26]	4			26	+	4,1	1,3	0,7	0,1	+
34	б/пл		2	45, X[3]/ 46, XX[27]	3			27	+	3,6	0,7			-
35	б/пл, два случая ВмБ		2	45, X[1]/ 47, XXX[1]/ 46, XX[28]	1	1		28	+	7,3	2,9	0,7		+
36	б/пл, ПНФЯ		-	45, X[4]/ 49, XXXXX[1]/ 46, XX[25]	4		1	25	-	15,2	2,6	0,4	0,1	+
37	б/пл		-	47, XXX[2]/ 46, XX[28]		2		28	-	1,5	1,7	0,2	0,2	-
38	б/пл		-	45, X[4]/ 48, XXXX[1]/ 46, XX[25]	4		1	25	-	7,2	2,5	0,2		+
39	б/пл, ПНФЯ		1	45, X[3]/ 47, XXX[1]/ 48, XXXX[1]/ 46, XX[25]	3	1	1	25	-	10,3	3,7	0,5	0,1	+
40	б/пл		1	47, XXX[2]/ 45, X[1]/ 46, XX[27]	1	2		27	-	9,1	1,6	0,5	0,4	+
41	б/пл		1	45, X[2]/ 48, XXXX[1]/ 46, XX[27]	2		1	27	-	5,3	0,8	0,3		-
42	б/пл, дисфункция яичников		-	45, X[2]/ 46, XX[28]	2			28	+	6,3	0,5			-
43	Два сына с ЗПРР и РАС		-	45, X[1]/ 46, XX[27]	1			27	-	2,8	1,1			-
44	Дочь с синдромом Дауна		-	45, X[1]/ 47, XXX[1]/ 46, XX[28]	1	1		28	-	4,3	1,7	0,1		+
45	Дочь с mos del (8)(p23.1)		-	45, X[3]/ 47, XXX[1]/ 46, XX[26]	3	1		26	-	6,6	3,8	0,4	0,2	+
46	Сын с ахондроплазией		-	47, XXX[2]/ 45, X[1]/ 46, XX[27]	1	2		27	-	2,7	2,9			-
47	Два сына с МВГР		2	45, X[2]/ 47, XXX[2]/ 46, XX[26]	2	2		26	+	3,9	2,5	0,3		+
48	Сын с синдромом Дауна		-	48, XXXX[1]/ 46, XX[29]			1	29	-	3,2	1,3			-
49	Сын с del(1)(p36)		-	45, X[1]/ 47, XXX[1]/ 46, XX[28]	1	1		28	-	3,7	1,7	0,1		-
50	Два сына с ЗПРР		-	45, X[2]/ 48, XXXX[1]/ 46, XX[27]	2		1	27	-	4,3	1,4	0,4		-
51	Сын с синдромом Дауна (транслокационная форма)		-	47, XXX[1]/ 46, XX[29]		1		29	-	5,1	0,8	1,2		+
52	Сын с РАС		1	45, X[3]/ 46, XX[27]	3			27	-	7,7	2,7	0,7	0,1	+
53	Дочь с РАС, ЗПРР		-	45, X[1]/ 46, XX[29]	1			29	+	3,4	1,7			-
54	Сын с РАС		-	45, X[1]/ 47, XXX[1]/ 46, XX[18]	1	1		18	-	2,7	1,5			-
55	Сын с РАС		-	47, XXX[2]/ 46, XX[28]		2		28	-	3,8	1,3	0,2		+

**Окончание таблицы**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
56	35	Дочь с РАС, ЗПРР	-	47,XXX[3]/46,XX[45]		3		45	+	2,6	1,5			-
57	42	Сын с РАС	2	47,XXX[3]/45,X[2]/46,XX[15]	2	3		15	-	8,3	3,3	0,7		+
58	36	Дочь с синдромом Шерешевского – Тернера	-	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[28]	1	1		28	+	2,9	0,9	0,4		+
59	23	Дочь с синдромом Шерешевского – Тернера	-	45,X[2]/46,XX[28]	2			28	-	3,2	0,4	0,5		-
60	27	Сын с ЗПРР, МАР	-	45,X[2]/46,XX[28]	2			28	-	4,8	1,9	0,9		+
61	29	Сын с ЗПРР	-	45,X[2]/47,XXX[1]/46,XX[27]	2	1		27	-	3,4	1,4	0,3		+
62	31	Сын и дочь с умств. отст-ю, ВПР	-	45,X[2]/46,XX[28]	2			28	-	4,1	0,7			-
63	34	3 ребенка (2 мальчика и 1 девочка) с ВПР- погибли вскоре после рождения, 1 мертворождение	3	45,X[3]/47,XXX[2]/46,XX[45]	3	2		45	-	3,1	2,3	0,6		+
64	34	Сын с ЗПРР	9	45,X[3]/46,XX[28]	3			28	+	4,7	3,1	0,5	0,1	+
65	32	Дочь с ЗПРР и dup(5)(q13.2)	-	45,X[2]/46,XX[20]	2			20	-	5,1	2,3	0,3		+
66	37	Сын с ЗПРР, РАС, ХН и del(15)(q13.1 q13.3)	-	45,X[1]/48,XXX[1]/46,XX[28]	1		1	28	-	2,9	1,2	0,4		-
67	32	Дочь с ЗПРР, ВПР и dup7p21.1p14.1	-	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[28]	1	1		28	+	3,5	1,3			-
68	36	Дочь и сын с грубой ЗПРР и синдромом Лоу соответственно	3	45,X[1]/48,XXX[1]/46,XX[28]	1		1	28	-	6,5	1,2	0,3		+
69	31	Носитель мутации в гене <i>MESP2</i> , переданной ре-бенку	1	45,X[2]/46,XX[28]	2			28	-	2,2	1,0			+
70	28	Сын с ЗПМР, эпилепсией	-	45,X[1]/47,XXX[1]/46,XX[38]	1	1		38	+	4,7	1,8	0,3		+
71	28	Дочь с delXq22.1 в сочетании с мукополисахари-дозом VI типа	-	45,X[3]/46,XX[17]	3			17	-	5,2	1,3			-

Примечание. \*б/пл – бесплодие, ВмБ – внематочная беременность, ПНФЯ – преждевременное нарушение функции яичников, ХН – хромосомная не-стабильность, ♀ – хромосомная нестабильность, выявленная в карิโอ типе, включая структурные перестройки хромосомы X.

Предположение о том, что ХМА низкого уровня может быть свидетельством геномной нестабильности, неоднократно высказывалось в научных публикациях [21, 22]. Последние исследования показывают, что при некоторых психических заболеваниях наблюдается геномная нестабильность в клетках центральной нервной системы, характеризующаяся хромосомным мозаицизмом и множественными аномалиями генома. Так, повышенная мозаичная анеуплоидия зафиксирована в клетках мозга при таких заболеваниях, как болезнь Альцгеймера, синдром Луи – Барр и шизофрения [23, 24]. Обследования детей с аутизмом выявляют относительно высокий уровень ХМА по сравнению с контрольными образцами, как в лимфоцитах крови, так и в нейронах головного мозга [9, 25]. Вероятно, часть женщин с ХМА является носителями определенных мутаций, которые, в свою очередь, могут оказывать влияние на расхождение хромосом X в соматических клетках. В частности, установлено, что у женщин с премутацией в гене *FMR1*, связанной с синдромом ФРАХА, наблюдается преждевременное нарушение функции яйцников и может отмечаться мозаичная анеуплоидия хромосомы X [26]. Существует мнение, что наличие ХМА низкого уровня может отражать процесс преждевременного старения [21, 27].

Таким образом, на основании результатов настоящего исследования и данных литературы можно подтвердить вывод о том, что мозаичная анеуплоидия хромосомы X низкого уровня является свидетельством нестабильности генома.

### Заключение

Проблема геномной нестабильности в последнее время приобретает большую актуальность, поскольку связана с онкологическими, психическими заболеваниями, увеличением частоты рождения детей с пороками и задержкой развития, с бесплодием. Современные генетические методы диагностики все чаще выявляют случаи множественного повреждения генома у детей с ЗППР, РАС и ВПР, случаи сочетания двух и более генетических синдромов у одного ребенка. Участились случаи рождения в одной семье нескольких больных детей с различной генетической патологией. Возможно это связано с нестабильностью генома у родителей, выявить которую весьма сложно. Наиболее распространенный цитогенетический метод для определения хромосомной нестабильности (определение нестабильности генома) постепенно заменяется методами молекулярными, позволяющими обнаружить мута-

ции в генах-регуляторах клеточного цикла и генах, участвующих в процессе репарации ДНК. Однако надо отметить, что методы определения нестабильности на клеточном уровне не утратили своей актуальности. Когда на обследование поступает больной ребенок с генетической патологией, мы оказываемся перед свершившимся фактом его заболевания, причины которого, возможно, следует искать, исследуя геном родителей и, в частности, его нестабильность. Проведение таких исследований необходимо также женщинам, подвергающимся безрезультатным попыткам ЭКО и имеющим в анамнезе случаи внематочной беременности, что, как правило, не делается в центрах репродукции. Назначение FISH исследования для определения степени ХМА было бы целесообразно для женщин с проблемами репродукции и имеющими больных детей с целью прогноза будущего потомства, выбора метода проведения пренатальной диагностики при последующей беременности, а также для разработки таргетной терапии, направленной на стабилизацию генома. Несомненно, женщины с ХМА требуют более детального обследования современными молекулярными методами для выявления возможных причин геномной нестабильности.

### Список литературы

1. Ford C.E., Jones K.W., Polani P.E., de Almeida J.C., Briggs J.H. A sex-chromosome anomaly in a case of gonadal dysgenesis (Turner's syndrome) // *Lancet*. – 1959. – № 1. – P. 711–713.
2. Ferguson-Smith M.A. Karyotype-phenotype correlations in gonadal dysgenesis and their bearing on the pathogenesis of malformations // *J. Med Genet*. – 1965. – № 2. – P. 142–155.
3. Kuo P.L., Guo H.R. Mechanism of recurrent spontaneous abortions in women with mosaicism of X-chromosome aneuploidies // *Fertil Steril*. – 2004. – № 82. – P. 1594–1601.
4. Madan K., Lundberg E.S. Low grade mosaicism for X aneuploidy in women referred for recurrent abortions // *Newsletter ECA*. – 2015. – № 35. – P. 9–12.
5. Homer L., Le Martelot M-T., Morel F., Amice V., Kerlan V., Collet M., De Braekeleer M. 45,X/46,XX mosaicism below 30% of aneuploidy: clinical implications in adult women from a reproductive medicine unit // *Eur J Endocrinol*. – 2010. – № 162. – P. 617–623.
6. Lakhal B., Braham R., Berguigua R., Bouali N., Zaouali M., Chaieb M., Veitia R.A., Saad A., Elghezal H. Cytogenetic analyses of premature ovarian failure using karyotyping and interphase fluorescence in situ hybridization (FISH) in a group of 1000 patients // *Clin Genet*. – 2010. – № 78(2). – P. 181–185.
7. Jacobs P.A., Hassold T.J. The origin of numerical chromosome abnormalities // *Adv Genet*. – 1995. – № 33. – P. 101–133.
8. Юров И.Ю., Ворсанова С.Г., Юров Ю.Б. Геномные и хромосомные болезни центральной нервной системы. Молекулярные и цитогенетические аспекты. – М.: МЕДПРАКТИКА-М. – 2014. – 384 с.
9. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Iourov I.Y., Demidova I.A., Beresheva A.K., Kravetz V.S., Monakhov V.V., Kolotii A.D., Voinova-Ulas V.Y., Gorbachevskaya N.L. Unexplained autism is frequently associated with low-level mosaic aneuploidy // *J. Med Genet*. – 2007. – № 44 (8). – P. 521–525.

10. Ворсанова С.Г., Юров И.Ю., Соловьев И.В., Юров Ю.Б. Гетерохроматиновые районы хромосом человека: медико-биологические аспекты. – М.: МЕДПРАКТИКА-М. – 2008. – 300 с.
11. Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Iourov I.Y. Human interphase chromosomes: a review of available molecular cytogenetic technologies // *Mol. Cytogenet.* – 2010. – 3. – 1. – P. 1–15.
12. Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Iourov I.Y. Technological solutions in human interphase cytogenetics. In: *Human Interphase Chromosomes (Biomedical Aspects)*. Edited by Yurov Yu.B., Vorsanova S.G., Iourov I.Y. Springer. New York, Heidelberg, Dordrecht, London. – 2013. – P. 179–203.
13. Russell L.M., Strike P., Browne C.E., Jacobs P.A. X chromosome loss and ageing // *Cytogenet Genome Res.* – 2007. – № 116. – P. 181–185.
14. Jones K.H., York T.P., Jackson-Cook C. Mechanisms leading to the formation of micronuclei containing sex chromosomes differ with age // *Mutat Res.* – 2012. – № 747(2). – P. 207–217.
15. Catalan J., Autio K., Wessman M., Lindholm C., Knuutila S., Sorsa M., Norppa H. Age-associated micronuclei containing centromeres and the X chromosome in lymphocytes of women // *Cytogenet Cell Genet.* – 1995. – № 68. – P. 11–16.
16. Devi A.S., Metzger D.A., Luciano A.A., Benn P.A. 45,X/46,XX mosaicism in patients with idiopathic premature ovarian failure // *Fertil Steril.* – 1998. – № 70(1). – P. 89–93.
17. Fenech M., Kirsch-Volders M., Natarajan A.T., Surralles J., Crott J.W., Parry J., Norppa H., Eastmond D.A., Tucker J.D., Thomas P. Molecular mechanisms of micronucleus, nucleoplasmic bridge and nuclear bud formation in mammalian and human cells // *Mutagen.* – 2011. – № 26(1). – P. 125–32.
18. Kirsch-Volders M., Plas G., Elhajouji A., Lukamowicz M., Gonzalez L., Vande Loock K., Decordier I. The in vitro MN assay in 2011: origin and fate, biological significance, protocols, high throughput methodologies and toxicological relevance // *Arch Toxicol.* – 2011. – № 85. – P. 873–899.
19. Balajee A.S., Bertucci A., Taveras M., Brenner D.J. Multicolour FISH analysis of ionizing radiation induced micronucleus formation in human lymphocytes // *Mutagen.* – 2014. – № 29. – P. 447–455.
20. Catalan J., Autio K., Kuosma E., Norppa H. Age-dependent inclusion of sex chromosomes in lymphocyte micronuclei of man // *Am J Hum Genet.* – 1998. – № 63. – P. 1464–1472.
21. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Chromosomal mosaicism goes global // *Mol. Cytogenet.* – 2008. – № 25. – P. 1–26.
22. Юров Ю.Б., Ворсанова С.Г., Демидова И.А., Кравец В.С., Востриков В.М., Соловьев И.В., Уранова Н.А., Юров И.Ю. Геномная нестабильность в клетках головного мозга: хромосомный мозаицизм при шизофрении // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* – 2016. – Т. 116, № 11. – С. 86–91.
23. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Liehr T., Kolotii A.D., Iourov I.Y. X chromosome aneuploidy in the Alzheimer's disease brain // *Mol Cytogenet.* – 2014. – № 7:20. – 7 p.
24. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Demidova I.A., Kolotii A.D., Soloviev I.V., Iourov I.Y. Mosaic brain aneuploidy in mental illnesses: an association of low-level post-zygotic aneuploidy with schizophrenia and comorbid psychiatric disorders // *Curr Genomics.* – 2017. – 19. – 3. – P. 163–172.
25. Ворсанова С.Г., Юров И.Ю., Демидова И.А., Кравец В.С., Юров Ю.Б. Цитогенетика и молекулярная цитогенетика аутизма: монография. – М.: Издательский дом Академии Естествознания. – 2016. – 144 с.
26. Galanina E.M., Tulupov A.A., Lemskaya N.A., Korostyshevskaya A.M., Maksimova Y.V., Shorina A.R., Savelov A.A., Sergeeva I.G., Isanova E.R., Grishchenko I.V., Yudkin D.V. A female patient with FMR1 premutation and mosaic X chromosome aneuploidy and two sons with intellectual disability // *Mol Syndromol.* – 2017. – № 8. – P. 110–114.
27. Gersak K., Veble A. Low-level X chromosome mosaicism in women with sporadic premature ovarian failure // *Reprod BioMedicine Online.* – 2011. – № 22. – P. 399–403.

## ПОРИСТЫЕ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫЕ МАТРИЦЫ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА, АЛЬГИНАТА И КОЛЛАГЕНА В СТЕНКЕ МАТКИ КРОЛИКА ПОСЛЕ КЕСАРЕВА СЕЧЕНИЯ

<sup>1,3</sup>Попрядухин П.В., <sup>2,3</sup>Юкина Г.Ю., <sup>1,3</sup>Добровольская И.П.,  
<sup>1,3</sup>Иванькова Е.М., <sup>1,3</sup>Юдин В.Е.

<sup>1</sup>Институт высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург, e-mail: pavel-pn@mail.ru;

<sup>2</sup>Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет  
им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург;

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

Целью работы являлась разработка пористых биорезорбируемых трехмерных матриц на основе хитозана, альгината и коллагена, исследование их взаимодействия с миометрием матки кролика для оценки перспективности дальнейшего использования в составе тканеинженерных препаратов в регенеративной медицине и тканевой инженерии для восстановления функции стенки матки после кесарева сечения. Методом лиофильной сушки растворов хитозана, альгината и коллагена получены биорезорбируемые матрицы с высокой степенью пористости. Исследование матриц *in vivo* в течение 1 месяца в гладкой мышечной ткани матки кролика после кесарева сечения показало, что механизм, скорость резорбции и реакция окружающих тканей зависят от типа материала имплантируемой матрицы. Методами гистологического анализа показано, что пористые матрицы на основе хитозана и альгината вызывают в стенке матки асептическое воспаление и выраженный спаечный процесс в месте имплантации, в то время как пористая коллагеновая матрица полностью резорбируется, не вызывая образования рубцовой ткани и повреждений окружающих тканей. Таким образом показано, что материалы на основе хитозана и особенно альгината необходимо с осторожностью применять в брюшной полости и полости малого таза в связи с крайне вероятным развитием выраженной воспалительной реакции и спаечного процесса.

**Ключевые слова:** биоматериалы, полимерные матрицы, хитозан, альгинат, коллаген, биорезорбция

## POROUS BIORESORBABLE MATRICES BASED ON CHITOSAN, ALGINATE AND COLLAGEN IN THE RABBIT WALL UTERINE AFTER KESAREV SECTION

<sup>1,3</sup>Popryadukhin P.V., <sup>2,3</sup>Yukina G.Yu., <sup>1,3</sup>Dobrovolskaya I.P., <sup>1,3</sup>Ivankova E.M., <sup>1,3</sup>Yudin V.E.

<sup>1</sup>Institute of Macromolecular Compounds, Russian Academy of Sciences,  
Saint-Petersburg, e-mail: pavel-pn@mail.ru;

<sup>2</sup>Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg;

<sup>3</sup>Peter the Great Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg

The aim of the research was development of porous biodegradable three-dimensional scaffolds on the basis of chitosan, alginate and collagen, assessment of their interaction with rabbit uterus myometrium and prospects evaluation of its further using as a part of tissue-engineered constructions in regenerative medicine and tissue engineering for uterus wall function restoration after Cesarean section. Bioresorbable matrices with a high degree of porosity were obtained by freeze drying solutions of chitosan, alginate and collagen. *In vivo* study with 1 month follow-up in rabbit smooth muscle uterus tissue after caesarean section showed that the mechanism, rate of resorption and the reaction of surrounding tissues depends on the type of scaffold material. Histology shown that porous chitosan/alginate scaffolds leads to aseptic inflammation in the uterine wall and pronounced adhesion process at the implantation site, while the porous collagen scaffold is totally resorbed without formation of scar tissue and damaging surrounding tissues. Thus it is shown that materials on the basis of chitosan and especially alginate need to be applied with care in abdominal cavity and pelvis cavity in connection with extremely probable development of the expressed inflammatory reaction and adhesive process.

**Keywords:** biomaterials, polymer matrix, chitosan, alginate, collagen, bioresorption

Современная регенеративная медицина, тканевая инженерия и трансплантология для восстановления утраченных структуры и функций органов и тканей предполагает использование тканеинженерных препаратов, включающих в себя матрицу, заселенную клетками, а также использование матриц из биологически активных материалов без предварительного заселения их клетками. В качестве основы для получения матриц используются биосовместимые, биорезорбируемые полиме-

ры, такие как хитозан, коллаген, альгинат, полилактид, полигликолид, полигидроксиалканоаты. Матрица может иметь блочную пористую структуру, быть в виде пористой или непористой пленки, а также в виде трубки или волокна [1, 2]. Разнообразие материалов и получаемых на их основе матричных структур ставит вопрос о степени биосовместимости, скорости и механизме биорезорбции, функциональности интегрируемых в организм биоинженерных препаратов [3].

Одной из наиболее значимых медицинских, гинекологических патологий репродуктивного возраста является невозможность родоразрешения через естественные родовые пути, что является причиной нефизиологического родоразрешения путем кесарева сечения матки [4, 5]. Ушивание дефекта матки приводит к грубым нарушениям анатомии и кровоснабжения стенки матки и заживлению посредством рубцовой ткани, повышающей риск осложнений при последующей беременности и родах [6–8]. В связи с этим перспективной является разработка материалов и методов, обеспечивающих полноценное структурное и функциональное восстановление стенки матки за счет репаративной регенерации.

В рамках данной патологии одним из наиболее перспективных способов получения матриц для последующего создания тканеинженерных препаратов является метод лиофилизации замороженных водных растворов биосовместимых биорезорбируемых полимеров, в частности хитозана, альгината и коллагена [9]. В результате получают пористые 3D структуры с системой открытых пор, которые способствуют достаточно интенсивному обмену питательными веществами и газами, а также миграции клеток во всем объеме матрицы. Кроме того, такая структура придает материалу эластичность во влажном состоянии, что облегчает плотное прилегание матрицы к поврежденной поверхности органа, способствуя более эффективному протеканию регенеративных процессов.

Хитозан является полисахаридом, производным хитина, получаемого из панцирей ракообразных. Он обладает способностью к биорезорбции [10], антибактериальной, противовирусной и фунгицидной активностью [11–13]. В организме хитозан расщепляется до N-ацетил-β-D-глюкозамина и β-D-глюкозамина [14, 15], которые в свою очередь являются компонентами межклеточного матрикса, синовиальной жидкости и хрящевой ткани, входя в состав гликозаминогликана – гиалуроновой кислоты.

Альгинат также является полисахаридом, получаемым в виде альгиновой кислоты из красных и бурых водорослей, с последующим переводом в водорастворимую солевую форму, как правило в альгинат натрия или альгинат кальция [16]. Он обладает иммуномодулирующими и гемостатическими свойствами. При пероральном приеме поддерживает естественную микрофлору кишечника, проявляет бактерицидные и гипополидемические свойства, является хорошим сорбентом, применяется также для микрокапсулирования лекар-

ственных веществ [17]. Однако механизм и скорость биорезорбции альгинатов *in vivo*, а также реакция на них окружающих тканей изучены недостаточно.

Коллаген – это фибриллярный белок, составляющий основу соединительной ткани организма человека и животных, входит в состав сухожилий, связок, хрящей, костей, дермы, а также других органов и тканей. В организме коллаген обладает структурообразующими и каркасными свойствами, обеспечивает прочность и эластичность соединительной ткани. Коллаген широко применяется в медицине в качестве гемостатических губок и раневых покрытий, в тканевой инженерии из него получают матрицы для культивирования различных культур клеток [18]. Разрушение коллагена в организме происходит в короткие сроки под действием ферментов коллагеназ, которые расщепляют пептидные связи в определенных участках молекул коллагена [19, 20].

Целью работы являлась разработка пористых биорезорбируемых трехмерных матриц на основе хитозана, альгината и коллагена, исследование их взаимодействия с миометрием матки кролика для оценки перспективности дальнейшего использования в составе тканеинженерных препаратов в регенеративной медицине и тканевой инженерии для восстановления функции стенки матки после кесарева сечения.

### Материалы и методы исследования

Для получения пористых матриц использовался хитозан производства фирмы Sigma-Aldrich Corporation (США) артикул 448877, альгинат натрия артикул 180947 Sigma-Aldrich Corporation (США), коллаген из кожи телят артикул C8919 Sigma-Aldrich Corporation (США).

Хитозан и коллаген растворяли в 2%-ном водном растворе уксусной кислоты, альгинат растворяли в дистиллированной воде, при постоянном перемешивании 120 минут. Концентрация полимеров в растворах составляла 3 мас%. Далее растворы замораживались при  $T = -20^{\circ}\text{C}$ , лиофилизировались при  $T = -2^{\circ}\text{C}$  и давлении 1,6 Па на установке Freeze Dry System 7400030 (США). Из полученных заготовок вырезались образцы толщиной 1,2 мм, длиной 40 мм и шириной 20 мм, с размерами пор от 10 до 300 мкм. Хитозановые матрицы обрабатывались 5 мас% раствором NaOH, с целью перевода хитозана из водорастворимой солевой формы в нерастворимую в воде основную форму. Матрицы из альгината переводились в нерастворимую в воде форму обработкой 5 мас% раствором CaCl<sub>2</sub>. Коллагеновые матрицы переводились в нерастворимую в воде форму путем выдерживания в парах 4 мас% раствора формальдегида в течение 1 часа при 25 °С.

Эксперимент *in vivo* был выполнен на 36 беременных самках кроликов породы «Советская шиншлла», в соответствии с правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных, принципами Европейской конвенции (г. Страсбург,

1986 г.) и Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации о гуманном обращении с животными 1996 г. Вес подопытных животных составлял 4–4,5 кг, возраст – 6 месяцев. Для изучения *in vivo* матрицы стерилизовали в 70 мас. % этиловом спирте в течение 24 часов, отмывали в избыточном количестве стерильного физиологического раствора. Животных оперировали под внутривенной анестезией (премедикация – атропин 0,1 %, рометар 2 %, дроперидол 0,25 % по 0,1 мл на 1 кг массы животного внутримышечно, наркоз – рометар 2 %, дроперидол 0,25 %, кетамин 5 % внутривенно до исчезновения роговичного рефлекса). На 3 неделе беременности, после родоразрешения путем кесарева сечения, стенка матки ушивалась, матрицы помещались на поверхность ушитой раны в один из 2 рогов матки, при этом контролировалась плотность прилегания матриц к стенке матки, края матриц фиксировались одиночными швами. На втором роге операция также проводилась и служила контролем, затем послойно ушивалась передняя брюшная стенка. После наложения наружного шва кролики содержались в индивидуальных клетках. Животные получали свободный доступ к воде и стандартную диету. После операции все животные были активны, негативного влияния имплантации материалов на животных не выявлено.

Электронно-микроскопические исследования образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе Supra 55VP (Carl Zeiss, Германия) в режиме регистрации вторичных электронов, с предварительным нанесением тонкого слоя платины.

Для морфологического исследования через 1, 2, 4 недели фрагменты стенки матки с прилежащими к ним матрицами фиксировали в 10 % нейтральном формалине на фосфатном буфере (рН 7.4) не менее 24 часов. Используя стандартную гистологическую методику со спиртами возрастающей концентрации, материал заливали в парафиновые блоки. Срезы толщиной 5 мкм готовили с помощью микротомы Accu-Cut SRT 200 (Sakura, Япония) и окрашивали гематоксилином Майера и эозином (Bio-Optica, Италия). Препараты изучали в поле светового микроскопа DM-750 (Leica, Германия) с использованием окуляра 10, объективов 4, 10, 40, 100×. Запись цифровых изображений выполняли с помощью фотокамеры ICC50 (Leica, Германия).

### Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 приведены микрофотографии поверхности поперечного сечения пористой хитозановой матрицы (ПХМ), пористой альгинатной матрицы (ПАМ) и пористой коллагеновой матрицы (ПКМ). Видно, что матрицы имеют пористую структуру с открытой системой пор, которые соединены друг с другом и внешней средой. Такая структура позволяет питательным веществам, продуктам жизнедеятельности, растворенным газам свободно циркулировать в объеме матрицы, а размер пор и незначительная извитость каналов, соединяющих между собой поры, способствуют свободной миграции клеток. Ранее уже была показана перспективность применения подобных 3D-материалов для

тканевой инженерии и клеточной трансплантологии [10, 19].

Размер пор в ПХМ и ПАМ достигает 300 мкм (рис. 1, б, г), в ПКМ несколько меньше, до 100 мкм (рис. 1, е). В сухом состоянии ПХМ и ПАМ обладают меньшей эластичностью, чем ПКМ, однако во влажном состоянии все матрицы эластичны, плотно прилегают к поверхности наложения, повторяя ее рельеф (рис. 2).

#### Исследование ПХМ.

Выявлено наличие умеренно выраженного спаечного процесса у 8 животных из 12, спайки в основном образованы между рогом матки с матрицей и соседним рогом или с петлями кишки (рис. 3, а, б). Также выявлено нарушение плотности прилегания ПХМ к стенке матки с образованием полости, заполненной жидкостью.

Гистологическое исследование ПХМ через одну неделю экспозиции после имплантации показало, что вокруг матрицы формируется капсула с признаками умеренно выраженного асептического воспаления, с очагами лейкоцитарной инфильтрации с преобладанием сегментоядерных клеток. Матрица окружена расширенными полнокровными сосудами, выявляются геморрагические очаги. Вокруг ПХМ не выявляются гигантские многоядерные клетки инородных тел (ГМКИТ). Во всех порах ПХМ обнаруживается только фибрин, клеточный детрит и лейкоцитарная инфильтрация с преобладанием сегментоядерных клеток.

Через 2 недели после имплантации в капсуле вокруг ПХМ сохраняется умеренно выраженное асептическое воспаление. Клеточный состав капсулы представлен фибробластами, макрофагами, встречаются нейтрофилы и эозинофилы, ГМКИТ не выявляются. В капсуле определяются многочисленные расширенные и полнокровные сосуды. Все поры ПХМ остаются заполненными лейкоцитами, клеточным детритом и фибрином.

Через 4 недели эксперимента вокруг ПХМ (рис. 4, а, б) в сформированной соединительнотканной капсуле сохраняются признаки умеренно выраженного продуктивного воспаления. В капсуле определяется активный ангиогенез, сосуды расширены, полнокровны, с признаками стаза, местами наблюдаются единичные геморрагические очаги. Непосредственно вокруг матрицы определяется лейкоцитарная инфильтрация с преобладанием эозинофилов и макрофагов. По периферии на структурах собственно матрицы выявляются единичные ГМКИТ. Как периферические, так и центральные поры матрицы заполнены фибрином, лейкоцитами и клеточным детритом. Признаков биорезорбции матрицы не выявлено.

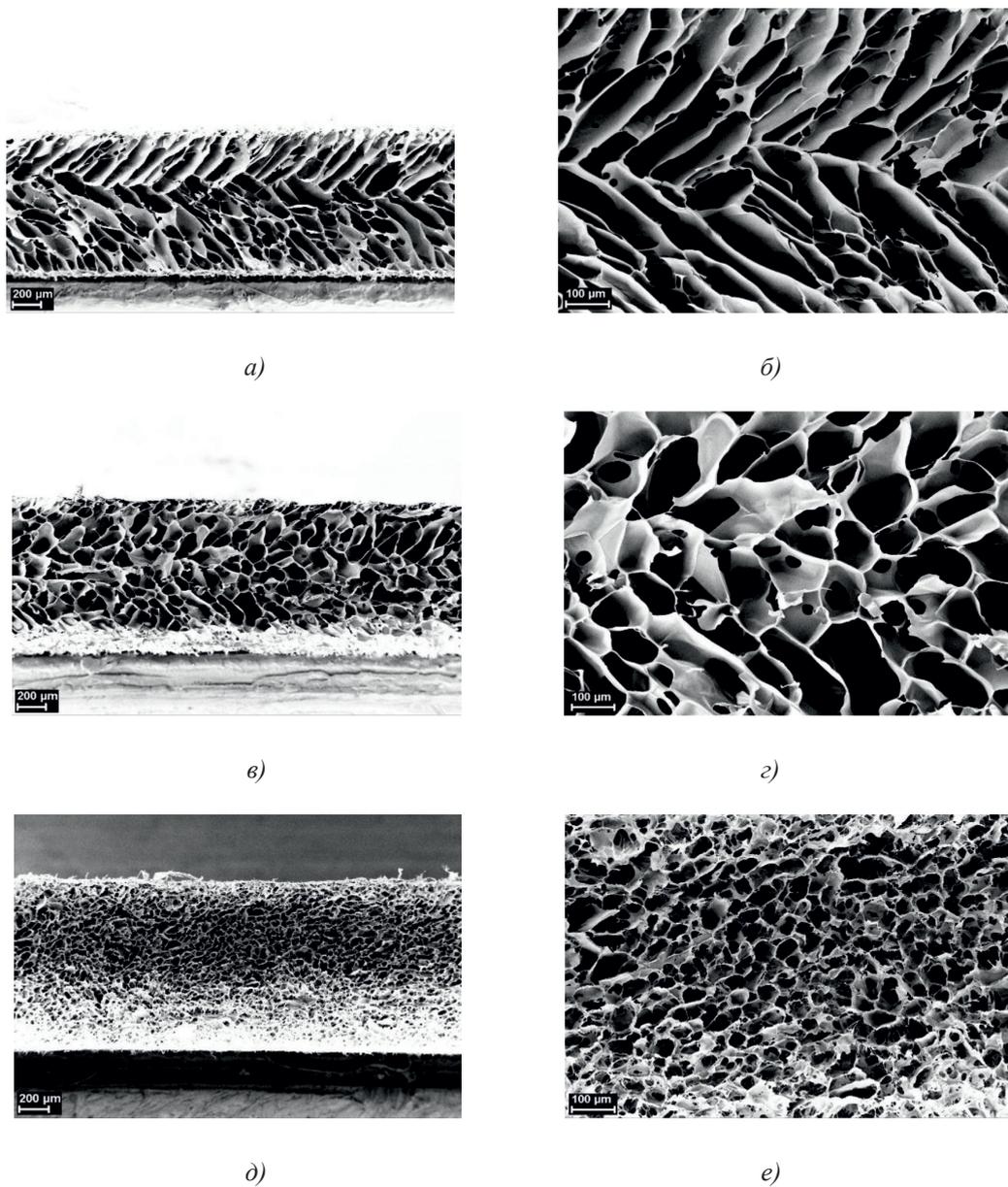


Рис. 1. Микрофотографии ПХМ (а, б), ПАМ (в, з) и ПКМ (д, е)

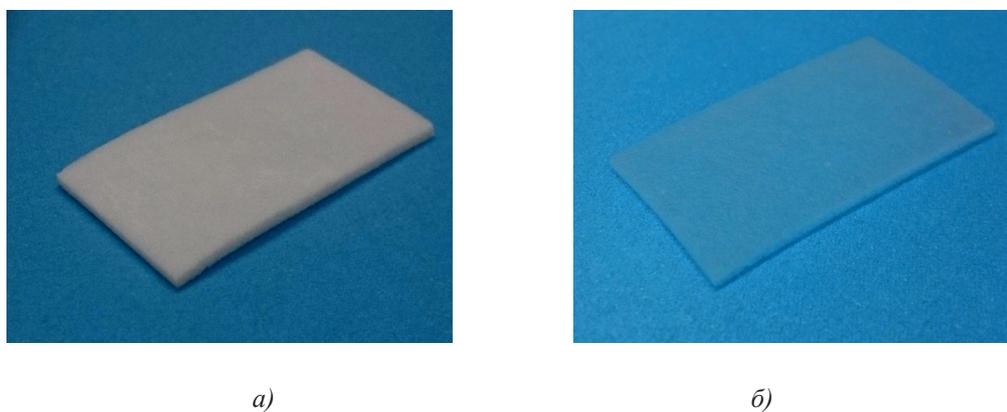


Рис. 2. Фотографии ПКМ в сухом (а) и влажном состоянии (б)

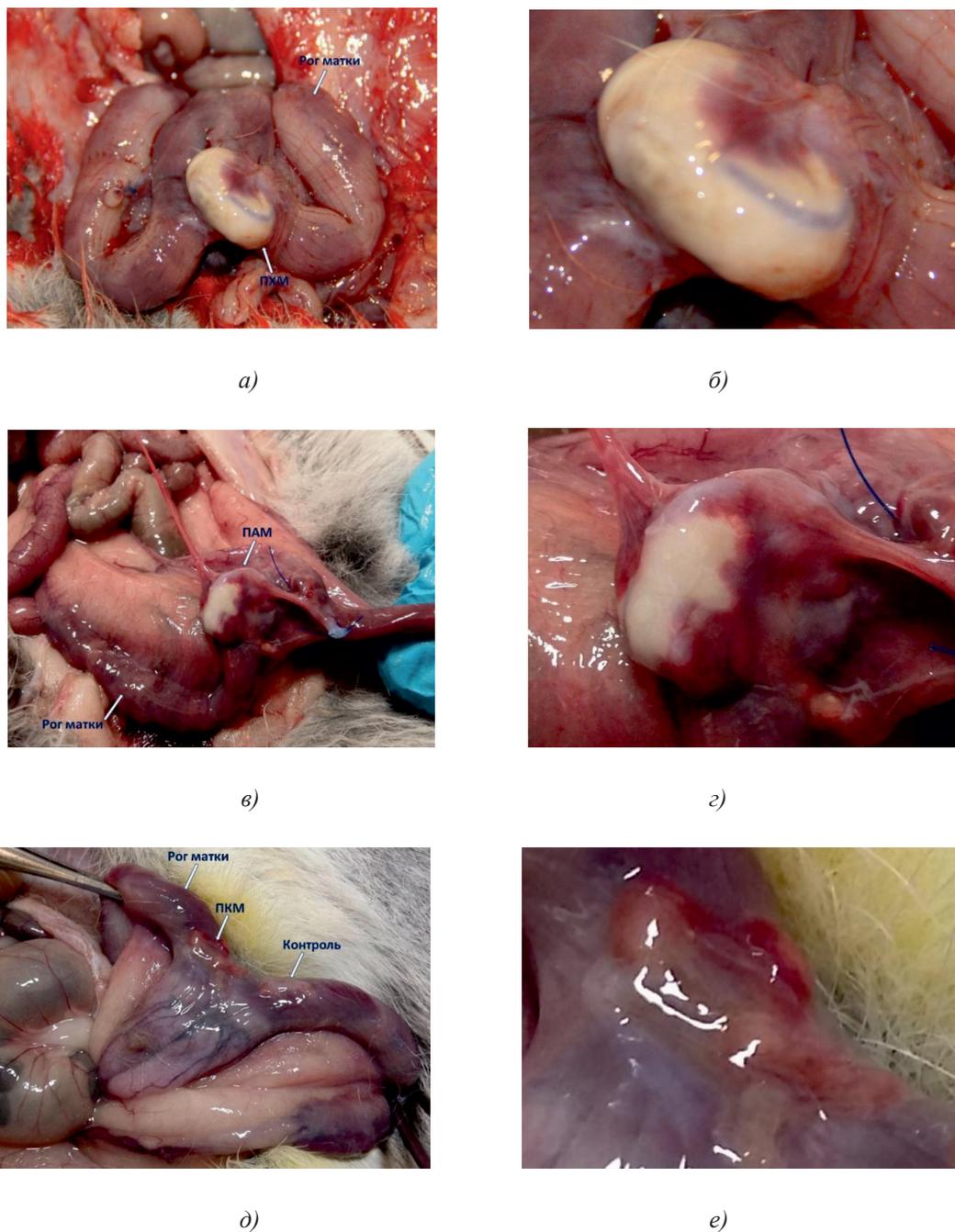


Рис. 3. Вид матки кролика через 4 недели после имплантации ПХМ (а, б), ПАМ (в, г) и ПКМ (д, е)

#### Исследование ПАМ.

Выявлено наличие более выраженного спаечного процесса по сравнению с экспериментами с ПХМ матрицей. У 11 животных из 12 спайки в основном образованы между рогом матки с матрицей и соседним рогом или с петлями кишки (рис. 3, в, г). Также выявлено нарушение плотности прилегания ПАМ к стенке матки с образованием полости, заполненной жидкостью.

Гистологическое исследование ПАМ через одну неделю после имплантации выявило вокруг матрицы капсулу с выраженным асептическим воспалением с очагами лейкоцитарной инфильтрации. В соединительнотканной капсуле определяются многочисленные полнокровные и расширенные сосуды. Все ячейки матрицы заполнены лейкоцитами, фибрином и клеточным детритом.

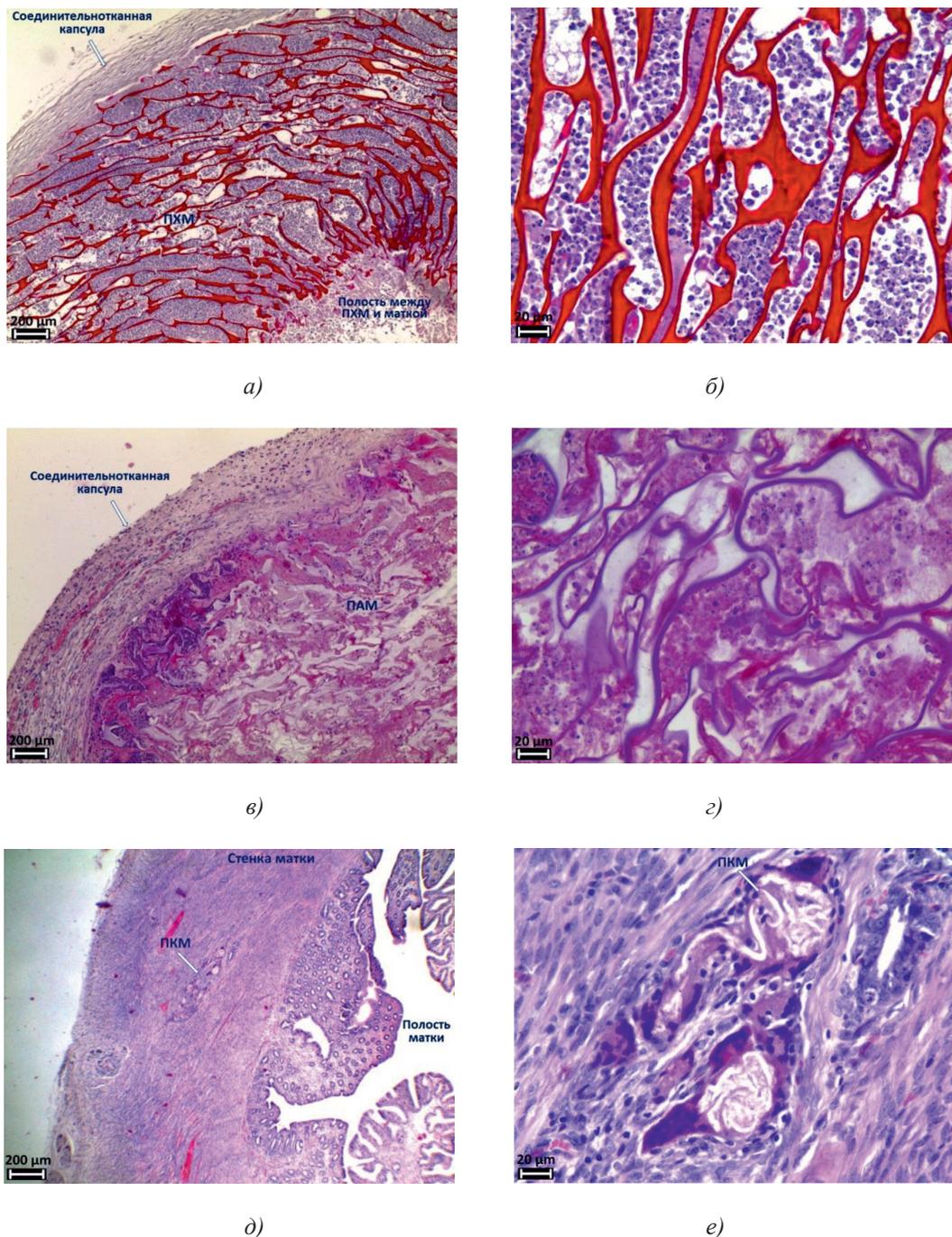


Рис. 4. Гистологическое исследование ПХМ (а, б), ПАМ (в, г) и ПКМ (д, е) через 4 недели после имплантации, (а, в, д) – увеличение об. x4, (б, г, е) – увеличение об. x40

Через 2 недели в капсуле вокруг ПАМ сохраняется воспалительный процесс. Клеточный состав капсулы представлен фибробластами, макрофагами, сегментоядерными лейкоцитами и единичными МГКИТ. Многочисленные сосуды с признаками стаза, полнокровны. И периферические, и центральные поры заполнены клеточным детритом, фибрином и эозинофилами.

Через 4 недели экспозиции после имплантации вокруг ПАМ визуально капсула более выражена по сравнению с капсулой вокруг ПХМ на данном сроке эксперимента. В капсуле сохраняются признаки выраженного продуктивного воспаления (рис. 4, в, г), в ней происходит активный ангиогенез. Сосуды резко расширены, полнокровны, местами наблюдаются еди-

ничные геморрагические очаги. Внутренний слой капсулы, прилежащий непосредственно к структурам матрицы, инфильтрирован лейкоцитами с преобладанием эозинофилов. На периферических структурах матрицы выявляются ГМКИТ. Периферические поры заполнены эозинофилами, в центральных порах выявляется фибрин, лейкоциты и клеточный детрит. Признаков биорезорбции матрицы не выявлено.

#### *Исследование ПКМ.*

Наличия спаечного процесса выявлено не было (рис. 3, д, е). Гистологическое исследование через одну неделю после имплантации показало незначительное асептическое воспаление вокруг ПКМ. Матрица окружена тонкой соединительнотканной капсулой с небольшим количеством тонких коллагеновых волокон, в которой преобладают макрофаги, встречаются единичные ГМКИТ и единичные фибробласты. В периферических и в центральных ячейках матрицы находится фибрин, клеточный детрит, небольшое количество сегментоядерных лейкоцитов и макрофаги.

При гистологическом исследовании ПКМ через 2 недели экспозиции после имплантации площадь, занимаемая матрицей, визуально значительно меньше по сравнению с площадью матрицы через одну неделю после имплантации. Матрица имеет неправильную форму, и вокруг неё выявляется тонкая капсула с фибробластами, макрофагами и ГМКИТ. Ячейки матрицы спавшиеся, очевидно, вследствие сокращения гладких миоцитов и низких каркасных свойств частично резорбированной матрицы. Во всех ячейках ПКМ определяются макрофаги и ГМКИТ. Признаков воспалительной реакции вокруг ПКМ не выявлено.

Исследования через 4 недели показали, что в миометрии выявляются единичные небольшие фрагменты ПКМ (рис. 4, д, е). Вокруг остатков матрицы располагаются ГМКИТ и макрофаги. Признаков воспалительной реакции вокруг ПКМ не выявлено. Лимфоциты и сегментоядерные лейкоциты в миометрии не определяются, гладкие миоциты без признаков дистрофических повреждений, гистологическая картина эндометрия соответствует таковой у контрольных животных.

#### **Заключение**

Ранее [10] в нашей работе мы показали, что ПХМ, имплантированная в большую приводящую мышцу бедра крысы, уже со 2-й недели эксперимента начинает заселяться фибробластами, макрофагами и ГМКИТ, и на 6-ю неделю все поры матрицы заполнены соединительной тканью

с сосудами, а относительный объём собственно матрицы начинает уменьшаться. При имплантации ПХМ в стенку матки подобных результатов не получено. На 4 неделе эксперимента поры матрицы оставались заполненными клеточным детритом, элементов соединительной ткани в них не выявлялось. Мы предполагаем, это связано с сокращением стенки матки после кесарева сечения, в результате которого матрица деформировалась, первоначально плотный контакт матрицы и стенки был нарушен, что в свою очередь привело к нарушению кровоснабжения и невозможности полноценной миграции клеток в объём матрицы, выраженный воспалительный процесс также препятствовал этому. Аналогично протекали процессы в ПАМ с ещё более выраженной воспалительной реакцией и, следовательно, с более выраженной соединительнотканной капсулой.

Интересным оказалось то, что клеточные реакции миометрия на имплантацию ПКМ были схожи с таковыми при имплантации ПКМ в печень и в большую приводящую мышцу бедра крысы, как это было показано нами ранее [19]. Практически полная биорезорбция ПКМ достигалась за 4 недели без выраженной воспалительной реакции и образования соединительнотканной капсулы.

Таким образом, показано, что материалы на основе хитозана и особенно альгината необходимо с осторожностью применять в брюшной полости и полости малого таза в связи с крайне вероятным развитием выраженной воспалительной реакции и спаечного процесса. ПКМ, напротив, показала свою перспективность для дальнейшего применения в качестве матрицы для получения тканеинженерных препаратов короткого срока действия в регенеративной медицине и тканевой инженерии при восстановлении функции стенки матки после кесарева сечения.

*Авторы благодарят руководителя лаборатории физиологии и патофизиологии плода НИИ акушерства и гинекологии им. Д.О. Отта РАМН Н.Г. Павлову и сотрудников лаборатории за помощь в проведении экспериментов.*

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 14-33-00003.*

#### **Список литературы**

1. Полимерные матрицы для тканевой инженерии / И.П. Добровольская, В.Е. Юдин, П.В. Попрядухин, Е.М. Иванькова. – СПб.: Изд-во Издательско-полиграфическая ассоциация университетов России, 2016. – 224 с.
2. Natural-based polymers for biomedical applications / R.L. Reis, N.M. Neves, J.F. Mano, M.E. Gomes, A.P. Marques, H.S. Azevedo – Woodhead Publishing, 2008. – 832 p.

3. Biocompatible scaffolds based on natural polymers for regenerative medicine / D. Akilbekova, M. Shaimerdenova, S. Adilov, D. Berillo // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2018. – Vol. 22, № 114. – P. 324–333.
4. Histological structure of the scar of the uterus after cesarean section / Z.S. Klimentko, G.I. Gitman // *Pediatr. Akus. Ginekol.* – 1969. – Vol. 31, № 6. – P. 45–47.
5. Myometrial Wound Healing Post-Cesarean Delivery in the MRL/MpJ Mouse Model of Uterine Scarring / C.S. Buhimschi, G. Zhao, N. Sora, J.A. Madri, I.A. Buhimschi // *Am. J. Pathol.* – 2010. – Vol. 177, № 1. – P. 197–207.
6. Risk of Cesarean scar defect following single- vs double-layer uterine closure: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / A. Di Spiezo Sardo, G. Saccone, R. McCurdy, E. Bujold, G. Bifulco, V. Berghella // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* – 2017. – Vol. 50, № 5. – P. 578–583.
7. Prevalence, potential risk factors for development and symptoms related to the presence of uterine niches following cesarean section: systematic review / A.J. Bij de Vaate, L.F. van der Voet, O. Naji, M. Witmer, S. Veersema, H.A. Brolmann, T. Bourne, J.A. Huirne // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* – 2014. – Vol. 43, № 4. – P. 372–382.
8. Abdominal wall endometriosis eleven years after cesarean section: case report / I. Djakovic, A. Vukovic, I. Bolanca, H. Soljacic Vranes, K. Kuna // *Acta Clin. Croat.* – 2017. – Vol. 56, № 1. – P. 162–165.
9. In-situ cryo-SEM investigation of porous structure formation of chitosan sponges / E.M. Ivan'kova, I.P. Dobrovolskaya, P.V. Popryadukhin, A. Kryukov, V.E. Yudin, P. Morganti // *Polymer Testing.* – 2016. – Vol. 52. – P. 41–45.
10. Биорезорбция пористых 3D-материалов на основе хитозана / П.В. Попрядухин, Г.Ю. Юкина, Д.Н. Сулов, И.П. Добровольская, Е.М. Иванькова, В.Е. Юдин // *Цитология.* – 2016. – Т. 58, № 10. – С. 771–777.
11. Chitosan preparations for wounds and burns: antimicrobial and wound-healing effects / T. Dai, M. Tanaka, Y.-Y. Huang, M.R Hamblin // *Expert Rev. Anti Infect. Ther.* – 2011. – Vol. 9, № 7. – P. 857–879.
12. Chitosan: A potential biopolymer for wound management / I. Bano, M. Arshad, T. Yasin, M.A. Ghauri, M. Younus // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2017. – Vol. 102. – P. 380–383.
13. The antiviral activity of chitosan (review) / S.N. Chirkov // *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.* – 2002. – Vol. 38, № 1. – P. 3–13.
14. In vivo study of antifungal effects of low-molecular-weight chitosan against *Candida albicans* / Z. Atai, M. Atai, J. Amini, N. Salehi // *J. Oral Sci.* – 2017. – Vol. 59, № 3. – P. 425–430.
15. Human chitotriosidase-catalyzed hydrolysis of chitosan / K.B. Eide, A.L. Norberg, E.B. Heggset, A.R. Lindbom, K.M. Varum, V.G.H. Eijsink, M. Sorlie // *Biochemistry.* – 2012. – Vol. 51. – P. 487–495.
16. Structural Characterization of Sodium Alginate and Calcium Alginate / H. Hecht, S. Srebnik // *Biomacromolecules.* – 2016. – Vol. 17, № 6. – P. 2160–2167.
17. Alginate-based biomaterials for regenerative medicine applications / J. Sun, H. Tan // *Materials.* – 2013. – Vol. 6. – P. 1285–1309.
18. Collagen scaffolds for tissue engineering / J. Glowacki, S. Mizuno // *Biopolymers.* – 2008. – Vol. 89, № 5. – P. 338–344.
19. Биорезорбция пористых 3D-матриц на основе коллагена в печени и мышечной ткани / П.В. Попрядухин, Г.Ю. Юкина, И.П. Добровольская, Е.М. Иванькова, В.Е. Юдин // *Цитология.* – 2017. – Т. 59, № 9. – С. 609–616.
20. Матриксные металлопротеиназы и их биологические функции / Н.И. Соловьева // *Биоорганическая химия.* – 1998. – Т. 24, № 4. – С. 245–255.

УДК 631.461:631.872

## ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ СОЛОМЫ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Русакова И.В.

*ФГБНУ «Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа», Владимир,  
e-mail: rusakova.iv@yandex.ru*

В полевом опыте изучено влияние длительного использования соломы и минеральных удобрений в зернопропашном севообороте на состояние микробного сообщества дерново-подзолистой супесчаной почвы в сравнении с длительно парующей почвой и залежью. Определена численность эколого-трофических групп микроорганизмов, содержание микробной биомассы, рассчитаны коэффициенты минерализации, олиготрофности и олигонитрофильности, микробный фактор. Установлено, что в пахотной почве севооборота наиболее благоприятные условия для развития и зимогенной, и олиготрофной микрофлоры были созданы при регулярном внесении соломы зерновых и зернобобовых культур как в сочетании с минеральными удобрениями, так и без них. В этом варианте в условиях достаточных органических ресурсов, так же как и в залежи, превалировала зимогенная микрофлора. Длительное внесение соломы обеспечило также высокие показатели содержания микробной биомассы и доли ее в общем углероде почвы. Наименьшей численностью всех групп микроорганизмов и максимальными коэффициентами олиготрофности характеризовались почвы пара и севооборота без удобрений. Максимальные значения коэффициента олигонитрофильности и численности олигонитрофилов, значительную часть которых могут составлять diazotrophs, отмечены в залежной почве. Коэффициенты минерализации максимальными были в вариантах без удобрений и с ежегодным внесением минеральных удобрений.

**Ключевые слова:** микробное сообщество, солома, минеральные удобрения, эколого-трофические группы микроорганизмов, микробная биомасса, экофизиологические коэффициенты

## STUDY OF ENVIRONMENTAL STATE OF MICROBIAL COMMUNITY OF SODDY-PODZOLIC SOIL AFTER LONG-TERM APPLICATION OF STRAW AND MINERAL FERTILIZERS

Rusakova I.V.

*All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat, Vladimir, e-mail: rusakova.iv@yandex.ru*

The field experiment has studied the effect of long standing introduction of straw and mineral fertilizers in grain-grass-row crop rotation on the state of microbial community soddy-podzolic sandy loamy soil as compared to perennial cultivated (bare) fallow soil and long-term uncultivated grass-and-motley deposit. The number of ecological-trophic groups of microorganisms and microbial biomass content have been determined, the coefficients of mineralization, oligotrophy and oligonitrophilicity, and the microbial factor were calculated. Regular application of cereal and legume straw (winter-wheat, lupine and barley) with or without mineral fertilizers, has been found to create the most favorable environment for both zymogenous and oligotrophic microflorae to develop in arable soil of crop rotation. In this treatment, with sufficient organic resources, zymogenous microflora prevailed, the same as in the grass-and-motley deposit land. Regular application of straw has also provided high microbial biomass content and its share in total soil carbon. Cultivated (bare) fallow and crop rotation soils without fertilizers were characterized by the minimum numbers in all microorganism groups and maximum oligotrophicity ratios. Maximum oligotrophicity ratios and the number of oligonitrophils, which may be mainly represented by diazotrophs, have been detected in long-term uncultivated grass-and-motley deposit. Maximum mineralization ratios have been demonstrated in treatments without fertilizers and with annual application by mineral fertilizers.

**Keywords:** microbial community, straw, mineral fertilizers, ecological-trophic groups of microorganisms, microbial biomass, ecophysiological coefficients

В агроценозах послеуборочные растительные остатки служат субстратом и основным энергетическим и трофическим источником для почвенной микрофлоры, поэтому являются существенным фактором, контролирующим ее деятельность в пахотных почвах. Внесение соломы и минеральных удобрений, обеспечивая дополнительное поступление свежего органического вещества и питательных элементов, в значительной степени может влиять на численность, активность, биомассу, а также структуру и соотношение эколого-тро-

фических групп почвенных микроорганизмов. Почвенная биота очень чувствительна к антропогенным воздействиям, поэтому биологические параметры могут служить показателем состояния агроэкосистем при длительном применении удобрений и использоваться в качестве индикаторов изменений в почве [1].

В мировой науке в качестве индикаторов, отражающих уровень биологической активности и экофизиологическое состояние микробного сообщества, наиболее часто используются показатели численности

эколого-трофических групп микроорганизмов, содержания микробной биомассы, а также соотношения между различными микробиологическими параметрами: коэффициенты минерализации, олиготрофности и олигонитрофильности, микробный фактор, показывающий долю углерода микробной биомассы в общем углероде почвы [2–4].

Для оценки биологических показателей немаловажно иметь ориентиры минимального и максимального их уровня, характерного для конкретных почвенно-климатических условий. Такими ориентирами и эталонами могут служить почвы бессменного пара, зональные целинные или длительно находящиеся в залежи почвы.

Цель исследований: дать оценку экологического состояния микробного сообщества пахотной дерново-подзолистой почвы после длительного внесения соломы и минеральных удобрений в сравнении с бессменным чистым паром (23 года) и 15-летней залежью.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводили в длительном полевом опыте, заложенном на дерново-подзолистой супесчаной почве на опытном поле ВНИИОУ в 1996 г., в 4-ой ротации зернопропашного севооборота (чередование культур: озимая пшеница, люпин, картофель, ячмень, однолетние травы (люпин + овес). В данной работе рассматривали наиболее контрастные варианты опыта: 1) без удобрений (контроль); 2) N54P51K57 (среднегумусовые дозы) – фон; 3) фон + солома; 4) солома.

Минеральные удобрения вносили ежегодно, солому заделывали в пахотный слой осенью после уборки зерновых и зернобобовых культур (озимой пшеницы, люпина, ячменя) по 3 т/га. Всего за период проведения опыта суммарная доза соломы составила 33 т/га. Исследования проводили под культурой картофеля (2014–2015 гг.), под который была внесена солома предшествующей культуры – люпина. Опыт заложен в 2-х полях с 4-кратной повторностью в пространстве, площадь делянок 42–47 м<sup>2</sup>.

Проводили сравнение биологического состояния почвы севооборота с длительно парующей почвой и многолетней залежью с преимущественно злаковым разнотравьем, которые условно были приняты за стандарты минимальной и оптимальной биологической активности в данных почвенно-климатических условиях.

Для оценки структурного и экофизиологического состояния комплекса почвенных микроорганизмов определяли следующие показатели: численность эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ) методом учета на соответствующих питательных средах: аммонифицирующих – на мясо-пептонном агаре (МПА), амилитических – на крахмало-амиачном агаре (КАА), целлюлозоразлагающих – на среде Гетчинсона, нитрифицирующих – на водном агаре с аммонийно-магниево-фосфорнокислой солью, олиготрофных – на голодном агаре (ГА); олигонитрофилов – на безазотистой среде Эшби [5]; микробную биомассу (Смик) – регидратационным методом. Рассчитывали коэффициент минерализации

(Км) – как отношение численности микроорганизмов, выросших на КАА, к численности микроорганизмов на МПА (КАА/МПА); коэффициент олиготрофности – как отношение численности микроорганизмов, выросших на ГА, к численности микроорганизмов на МПА (ГА/МПА); коэффициент олигонитрофильности – как соотношение численности микроорганизмов на среде Эшби и МПА [5], микробный фактор – как Смик/Собщ [4].

Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по программе STATVIVA.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В состав почвенной микрофлоры входят микроорганизмы с различными требованиями к условиям питания и источникам энергии. Зимогенная микрофлора преобладает на начальных стадиях разложения органических субстратов, трансформируя сложные соединения до мономеров, которые становятся доступными для олиготрофов (олигонитрофилов и олигокарбофилов), использующих низкие концентрации питательных веществ. Количественные соотношения между ними зависят от экологических условий, в которых функционирует тот или иной микробный ценоз, главным образом от наличия доступного органического вещества.

По результатам исследований, наиболее благоприятные условия для развития зимогенной микрофлоры (гидролитиков, копиотрофов) были созданы при регулярном внесении соломы как в сочетании с минеральными удобрениями (вариант 3), так и без них (вариант 4). Так, численность аммонификаторов в этих вариантах опыта была даже выше, чем в залежи, в 1,40 и 1,37 раза соответственно. Почва пара, в которую более 20 лет не поступало органического растительного материала, характеризовалась минимальными значениями численности этой группы микроорганизмов. В пахотном слое почвы севооборота без внесения удобрений количество аммонификаторов было выше по сравнению с паром в 1,7 раза, что объясняется ежегодным поступлением корне-поживных остатков выращиваемых культур (табл. 1).

Численность амилитических микроорганизмов также максимальной была при многократном внесении соломы в сочетании с минеральными удобрениями и составила 13876 тыс. КОЕ/г почвы, что в 1,41 раза выше, чем в залежи.

Одним из показателей интенсивности минерализационных процессов в почве может служить соотношение микроорганизмов, усваивающих минеральный и органический азот (Км). Судя по значениям Км,

наименее интенсивно минерализационные процессы протекали в длительно парующей почве без поступления доступного органического субстрата, и в варианте с соломой, где в условиях регулярного поступления растительных остатков с высоким отношением C:N минерализация органического вещества заторможена из-за недостатка азота. Более высокие значения Км в агроценозе по сравнению с залежью свидетельствуют о том, что в пахотной почве минерализационные процессы протекают более активно, видимо, из-за ежегодной механической обработки почвы (вспашка, культивация), усиливающей аэробное разложение почвенного органического вещества (табл. 1).

Многokратная заделка послеуборочных остатков (соломы) в течение 4-х ротаций севооборота, а также очередное внесение под картофель соломы люпина с высоким содержанием азота обеспечили увеличение численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов в 1,96 и 1,89 раз по сравнению с неудобренным вариантом и вариантом с ежегодным внесением минеральных удобрений соответственно. В вариантах с соломой хорошо развивались нитрифицирующие бактерии, численность которых составила 11,7 и 12,1 тыс. КОЕ/г почвы, что в 1,28 и 1,33 раза выше, чем в залежи, где при отсутствии обработки почвы процессы нитрификации могут быть заторможены из-за менее благоприятных условий аэрации.

Многokратная заделка соломы обеспечила самые высокие показатели численности не только зимогенной, но и олиготрофной микрофлоры, составившие 9315 – 9826 тыс. КОЕ/г почвы для олигокарбофилов, 9216–9720 тыс. КОЕ/г почвы для олигонитрофилов. Однако низкие значения коэффициентов олиготрофности – 0,95–0,98 – и олигонитрофильности – 0,92–1,09 – в вариантах с соломой свидетельствуют о превалировании зимогенной микрофлоры при достаточном количестве легкоразлагаемых органических веществ, что характерно также и для залежной почвы. Наиболее высокие коэффициенты олиготрофности – в почве пара и варианта без удобрений, которые испытывают дефицит свежего органического вещества – 1,23 и 1,16 соответственно (табл. 1).

Ежегодное внесение минеральных удобрений, создающее более благоприятные условия азотного питания для микроорганизмов, незначительно увеличило абсолютное количество олигонитрофилов по сравнению с контролем, но при этом коэффициент олигонитрофильности снижался. Наиболее низкие значения этого коэффициента – в вариантах с соломой и минераль-

ными удобрениями. Почва залежи характеризовалась максимальной численностью олигонитрофилов, составившей 12974 тыс. КОЕ/г почвы, что может свидетельствовать о значительном присутствии несимбиотических азотфиксаторов, так как многие олигонитрофилы обладают способностью связывать молекулярный азот. Высокий коэффициент олигонитрофильности – 1,81 – показывает, что экосистема залежи наиболее приближена к равновесному состоянию.

Почвенная микробная биомасса это часть органического вещества почвы, состоящая из живых микроорганизмов. При относительно невысокой доле Смк в общем содержании почвенного органического углерода (1–6%), микробная биомасса характеризуется быстрым ростом и оборачиваемостью, активным участием в биологическом круговороте, высокой чувствительностью кантропогенным воздействиям (изменению землепользования, внесению удобрений и др.) [6–8]. В сельскохозяйственных почвах большое влияние на запасы и активность микробиомассы оказывают способы управления, в том числе количество и качество поступающего в почву органического вещества [7, 8]. Почвы пашни, как правило, обеднены микробной биомассой по сравнению с естественными экосистемами и залежами по причине отчуждения части фитомассы [6]. Как правило, существует достаточно близкая линейная зависимость между микробной биомассой и содержанием органического вещества. В почвах с большим ежегодным поступлением растительного материала формируется больше микробной биомассы на единицу органического вещества [9]. В полевом опыте наиболее высокое значение Смк, составившее 410 мг/кг почвы, отмечено при многократном применении соломы на фоне минеральных удобрений. В литературе имеется достаточно много доказательств роста Смк при использовании соломы на удобрение, в то время как минеральные удобрения, как правило, не оказывают заметного положительного влияния на величину микробной биомассы, некоторое повышение может происходить за счет увеличения массы корне-поживных остатков [10].

Согласно полученным результатам, минимальным содержанием Смк было в длительно парующей почве – 148 мг/кг почвы (в 2,3 раза меньше, чем в варианте без удобрений), максимальным в залежи – 650 мг/кг почвы (табл. 2). Исследуемые почвенные экосистемы различались по содержанию органического углерода, которое было минимальным в бессменном пару – 0,295%,

максимальным в залежи – 0,849%. Варианты опыта занимали промежуточное положение, содержание Сорг в пахотном слое увеличивалось с 0,463% в варианте без удобрений, до 0,545–0,568% при многолетнем внесении соломы. Содержание Смик тесно коррелировало с содержанием почвенного органического углерода, значение коэффициента корреляции составило 0,99.

Доля углерода микробной биомассы в общем содержании органического углерода, или микробный фактор (Смик/Сорг), рассматривается как индикатор доступности субстрата для почвенных микроорганизмов. Повышение его значения указывает на закрепление углерода в микробной биомассе.

В данном исследовании многократное внесение соломы способствовало обогащению почвенного органического вещества микробным углеродом и увеличению доли Смик в Сорг до 6,92–7,22% (табл. 2). При смене землепользования и перево-

де пахотной почвы в залежь увеличилось как содержание Смик – до 650 мг/кг, так и доля его в составе почвенного углерода – до 7,66%. Доля микробной биомассы в составе гумуса уменьшалась в ряду: залежь – фон + солома – солома – без удобрений – минеральные удобрения – пар. В научной литературе подтверждается, что в почвах с более высоким ежегодным поступлением растительного материала формируется больше микробной биомассы на единицу органического вещества [9]. Этот экофизиологический коэффициент (Смик/Сорг) обычно связывают с устойчивостью микробного сообщества и почвы в целом. На примере исследованного ряда отчетливо видно, что устойчивость комплекса почвенных микроорганизмов возрастает с увеличением входа органического вещества. В научной литературе также подтверждается, что увеличение входа органического вещества способствует увеличению этого коэффициента [9, 10].

Таблица 1

Численность ЭТГМ и экофизиологические коэффициенты

Вариант	Численность, тыс. КОЕ/г почвы						Км	Коэффициент олиготрофности	Коэффициент олигонитрофильности
	Аммонифицирующие	Амилолитические	Целлюлолитические	Нитрификаторы	Олиготрофы				
					Олигонитрофилы	Олигокарбофилы			
1. Без удобрений	5688	8873	32,2	5,2	6939	6600	1,56	1,16	1,22
2. НРК-фон	7344	10486	36	6,9	7848	7564	1,43	1,03	1,07
3. Фон + солома	10046	13786	67,9	12,1	9216	9826	1,37	0,98	0,92
4. Солома	9790	10725	63	11,7	9720	9315	1,10	0,95	1,09
5. Пар	3332	3668	22,6	3,7	4232	4098	1,10	1,23	1,27
6. Залежь	7168	9781	52,3	9,1	12974	7025	1,36	0,98	1,81

НСР<sub>05</sub>                      1256   1830   14   3,3   1524   1320

Таблица 2

Содержание микробной биомассы и микробный фактор

Вариант	Смик, мг/кг	Смик/Сорг
1. Без удобрений	316 ± 24	6,83
2. НРК-фон	337 ± 35	6,53
3. Фон + солома	410 ± 31	7,22
4. Солома	377 ± 17	6,92
5. Пар	148 ± 12	5,02
6. Залежь	650 ± 66	7,66

Примечание. В таблице приведены средние величины показателей и их стандартные отклонения (±).

### Заключение

Проведенное исследование позволило установить, что регулярная заделка соломы способствовала увеличению численности не только зимогенной, но и олиготрофной группы почвенных микроорганизмов, однако коэффициенты олиготрофности и олигонитрофильности в этих вариантах были ниже за счет относительно более высокой численности микроорганизмов-копиотрофов, активно растущих при обогащении почвы доступным органическим веществом. Высокие показатели численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (на ср. КАА), и коэффициента минерализации при ежегодном внесении минеральных удобрений могут свидетельствовать о превалировании минерализационных процессов над аккумулятивными, что не способствует закреплению органического вещества в почве. Залежь по сравнению с пахотной почвой представляет более устойчивую систему, микробное сообщество которой эффективнее расходует органическое вещество, в большей степени секвестрирует его в микробной биомассе, что способствует его сохранению в почве. Длительно парующая почва, находясь в условиях ограниченности ресурсов для роста микроорганизмов, представляет в микробиологическом отношении олиготрофную экосистему с низкими значениями всех измеренных биологических показателей. В севообороте наиболее благоприятные условия для микробного сообщества, способствующие повышению его устойчивости и накоплению органического вещества, складываются при систематической заделке

соломы зерновых и зернобобовых культур на фоне ежегодного внесения средних доз минеральных удобрений.

### Список литературы

1. Гомонова Н.Ф., Зенова Г.М. Микроорганизмы как показатели состояния агроэкосистемы при длительном применении комплекса удобрений и в их последствии // Экологическая агрохимия. Изд. МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2008. – С. 140–151.
2. Аманьева Н.Д., Сусьян Е.А., Рыжова И.М., Бочарникова Е.О., Стольникова Е.В. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область) // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1108–1116.
3. Балашов Е.В., Бучкина Н.П., Рижия Е.Я. Биологические показатели окультуренности почвы при внесении навоза и растительных остатков // Плодородие. – 2009. – № 4. – С. 25–26.
4. Anderson T.-H., Domsch K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils // Soil Biology and Biochemistry. 1989. V. 21. I. 4. P. 471–479.
5. Титова В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. – Н.-Новгород, 2012. – 64 с.
6. Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв // Почвоведение. – 2005. – № 6. – С. 706–714.
7. Kaschuk G., Alberton O., Hungria M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability // Soil Biol. Biochem. 2010. V. 42. P. 1–13.
8. Powlson D., Xu J., Brookes P. Through the Eye of the Needle – The Story of the Soil Microbial Biomass // Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry. – 2017. – С. 1–40.
9. Благодатская Е.В., Семенов М.В., Якушев А.В. Активность и биомасса почвенных микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 243 с.
10. Cerny J., Balik J., Kulhanek M., Nedved V. The changes in microbial biomass C and N in long-term field experiments // Plant Soil Environ. 2008. V. 54. № 5. P. 212–218.

УДК 544.723.212

**АДСОРБЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ЯГЕЛЯ И КОМПЛЕКСОВ  
НА ЕГО ОСНОВЕ ПО ОТНОШЕНИЮ К МЕТИЛЕНОВОМУ СИНЕМУ****Степанова А.В., Шарина А.С.***ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск,  
e-mail: biotexnologii@bk.ru*

Статья посвящена расширению ассортимента сорбционного материала из растительного сырья. Для решения поставленной задачи получен сорбент из ягеля путем механохимической переработки сухих слоевищ лишайников. Механохимическая технология является экологически чистым методом переработки растительного сырья, не требующим больших экономических затрат. Механохимическая активация ягеля, цеолита и их комплексов проводилась в учебно-научно-технологической лаборатории «Механохимические биотехнологии» СВФУ в воздушной среде в механохимической установке ЦЭМ 7-80 (Россия) при скорости вращения 1500 об/мин. Исследована адсорбционная активность порошков ягеля, цеолита и их комплексов по маркерам низкомолекулярных токсинов – метиленовому синему спектрофотометрическим и титриметрическим методами. Исследования проведены в соответствии с ГОСТ 4453-74 с изменениями на этапе центрифугирования. Разделение фаз дополнено фильтрованием, увеличены время взбалтывания смеси порошков на шейкере и частота колебаний. Установлена подлинность препарата метиленового синего. Представленные данные исследования иллюстрируют, что измельченный ягель и комплексы на его основе адсорбируют метиленовый синий и могут быть использованы как энтеросорбенты низкомолекулярных токсинов. Адсорбционная активность механоактивированных порошков выше, чем порошков грубого помола.

**Ключевые слова:** ягель, цеолит, метиленовый синий, адсорбционная активность, механохимическая активация**ADSORPTION ACTIVITY OF YAGEL AND COMPLEXES ON ITS BASIS  
IN RELATION TO METHYLENE BLUE****Stepanova A.V., Sharina A.S.***North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: biotexnologii@bk.ru*

The article is devoted to the expansion of the assortment of sorption material from plant materials. For solving said problem, a sorbent from the yagel was obtained by mechanochemical processing of dry lichen thalli. Mechanochemical activation of yagel, zeolite and their complexes was carried out in the air in a mechanochemical unit of СЕМ 7-80 at a rotation speed of 1500 rpm. The adsorption activity of powders of yagel, zeolite and their complexes on markers of low molecular toxins – methylene blue was investigated. Studies carried out in accordance with GOST 4453-74 with changes at the stage during the centrifugation. The phase separation is supplemented by filtration, the shaking time of the powder mixture on the shaker and the oscillation frequency are increased. The authenticity of the product methylene blue was established. The presented research data illustrate that the crushed lichen and complexes on its basis adsorb methylene blue and can be used as enterosorbents of low molecular weight toxins. The adsorption activity of mechanically activated powders is higher than that of coarse powders.

**Keywords:** yagel, zeolite, methylen blue, adsorption activity, mechanochemical activation

В последнее время поиск и разработка материалов, обладающих сорбционными свойствами, и дальнейшее их применение в области медицины вызывают большой интерес. Создание эффективных и безопасных энтеросорбентов, очищающих организм от различных токсинов, остается приоритетным в течение ряда лет. В качестве энтеросорбентов применяют алюмосиликаты, пищевые волокна, активированный уголь, силикагель, цеолит, органические и композиционные сорбенты. Известно, что растительные энтеросорбенты обладают целым рядом преимуществ: не раздражают желудочно-кишечный тракт, минимизируют противопоказания и побочные явления [1].

С целью расширения ряда новых сорбционных материалов растительного происхождения нами изучены слоевища лишайников рода *Cladonia* – ягель. Лишайники

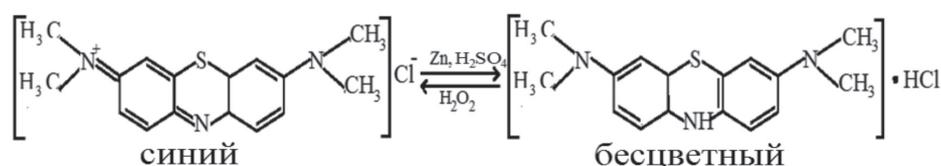
рода *Cladonia* являются одними из самых крупных лишайников Якутии, их высота достигает 15 см. Слоевища лишайников отличаются широким разнообразием и многообразием биологически активных веществ (БАВ). В состав лишайников входят углеводы (70–80%) в виде лишайниковых полисахаридов, дубильные вещества (1–2%), лишайниковые кислоты (2–3%), также различные микроэлементы. Применение лишайников в народной и официальной медицине известно давно. Установлено, что ягель обладает иммуномодулирующими, детоксикационными, противоопухолевыми, антиоксидантными и антибактериальными свойствами [2–4].

Целью данной работы является исследование адсорбционной активности порошков ягеля и их комплексов с цеолитом по маркерам низкомолекулярных токсинов – метиленовому синему.

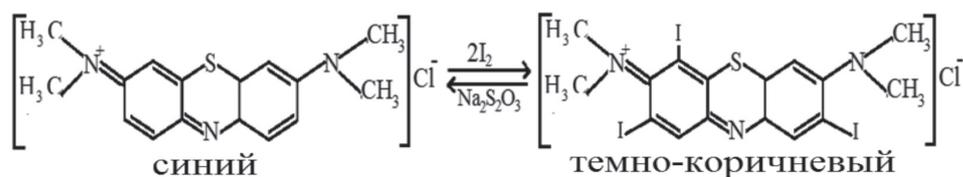
### Материалы и методы исследования

Механохимическая активация предварительно измельченных до 1–3 мм сухих слоевищ ягеля, целюлита и их комплексов проводилась в воздушной среде в механохимической установке ЦЭМ 7-80 при скорости вращения 1500 об/мин. Механохимическая технология является экологически чистым методом обработки биосырья, происходящей без применения растворителей в одну безотходную стадию, не требующей больших экономических затрат [5]. При механохимической обработке слоевищ ягеля значительно повышается его биологическая и сорбционная активность [6].

Метиленовый синий – единственная тиазиновая краска, имеющая применение в медицине. Проявляет в растворах окислительно-восстановительные свойства, которые используются для его испытания. Подлинность препарата определяют по фармакопейной статье ГФ X [7, с. 423–424] с помощью реакции восстановления и последующего окисления. Подкисленный раствор препарата при добавлении цинковой пыли обесцвечивается. Для этого несколько кристаллов метиленового синего растворили в воде, подкислили раствор разбавленной серной кислотой и добавили цинковой пыли. При этом наряду с выделением газа происходит постепенное обесцвечивание синего раствора [8, с. 508–509]:



При действии на раствор метиленового синего 0,1 н раствора йода появляется коричневое окрашивание и выпадает темно-коричневый осадок, образуется тетраидпроизводное соединение. При последующем добавлении 0,1 н раствора тиосульфата натрия вновь восстанавливается синее окрашивание раствора:



Спектр поглощения раствора метиленового синего снимали на спектрометре Libra S12 при длине волны 190–650 нм в кювете с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм. Спектр поглощения представлен на рис. 1.

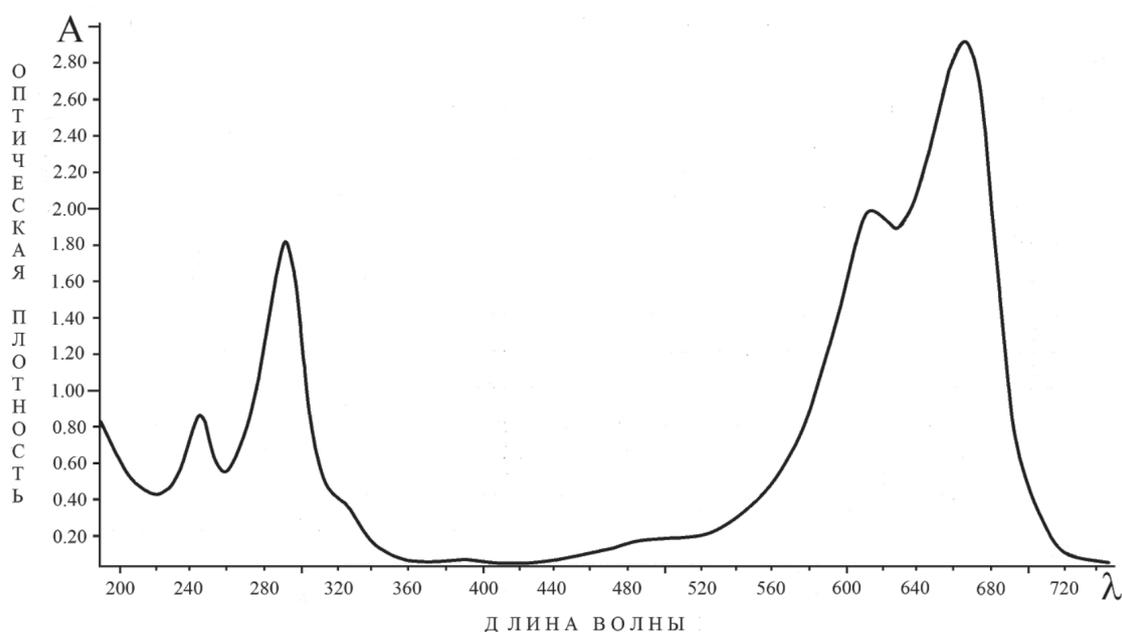


Рис. 1. Спектр поглощения раствора метиленового синего

Статистическую обработку результатов эксперимента проводили с помощью пакета программ «Microsoft Excel».

**Результаты исследования и их обсуждение**

Проведенные химические реакции по идентификации раствора метиленового синего и его максимумы на спектре поглощения свидетельствуют о том, что препарат подлинный.

Для определения адсорбционных свойств порошков руководствовались ГОСТ 4453-74 [9]. Порошки ягеля плохо смачиваются раствором, поэтому внесли ряд изменений в методику (табл. 1).

Для проведения анализа приготовили исходный раствор с массовой концентрацией метиленового синего (МС) 1500 мг/дм<sup>3</sup>. Построили градуировочный график с концентрациями МС 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 мг/л (рис. 2).

Навеску (≈0,1 г) исследуемых проб поместили в колбы с притертой крышкой. В колбы с порошками добавляли по 25 мл исходного раствора МС и перемешивали на шейкере Heidolph Promax 2020 в течение 20 минут со скоростью 164 кол/мин. Для разделения фаз суспензию фильтровали через бумажный фильтр (белая лента на воронке Бюхнера с диаметром 7,5 см). Чтобы исключить адсорбцию МС бумагой,

во всех случаях использовали фильтровальную бумагу одинакового размера и массы. Полученные фильтраты центрифугировали. Параллельно в колбе с 25 мл исходного раствора МС проделывали все вышеперечисленные операции. Этот раствор служил раствором сравнения (по методике – неосветлённый раствор). После центрифугирования по 5 мл раствора перенесли в колбу вместимостью 50 мл и до метки доводили дистиллированной водой. И снимали спектр поглощения раствора МС в кювете толщиной 10 мм при длине волны 400 нм. Пользуясь градуировочным графиком по оптической плотности, находили остаточную массовую концентрацию метиленового синего в разбавленном растворе.

Адсорбционную активность по индикатору (X) в миллиграммах на 1 г продукта вычисляли по формуле

$$X = \frac{(C_1 - C_2) \cdot K \cdot 0,025}{m},$$

где C<sub>1</sub> – массовая концентрация исходного раствора индикатора, мг/дм<sup>3</sup>; C<sub>2</sub> – массовая концентрация раствора после смешивания с исследуемым порошком, мг/дм<sup>3</sup>; K – коэффициент разбавления раствора; 0,025 – объём раствора индикатора, взятого для осветления, дм<sup>3</sup>; m – масса навески исследуемого порошка, г.

**Таблица 1**

Модификация методики ГОСТ 4453-74

Этапы работы	Оборудование по ГОСТ 4453-74	Наше оборудование
Взвешивание	Весы лабораторные ВЛР 200	Весы аналитические Adventurer Pro V 213C
Встряхивание порошков с раствором маркера	Аппарат для встряхивания жидкости: в сосудах типа: АВ с частотой 80–90 кол/мин или АБУ-1, АБУ-6е с частотой 130–140 кол/мин	Шейкер Heidolph Promax 2020 с возвратно-поступательным движением со скоростью 40–200 об/мин
	Время: 20 минут	Время: 1 час
Разделение фаз	Центрифуга угловая малогабаритная типа ЦУМ-1	Центрифуга Sigma 1-15P
		Фильтрование через бумажный фильтр на воронке Бюхнера и на стеклянной конической воронке
Определение концентрации раствора маркера	Фотоэлектроколориметр типов ФЭК-56, ФЭК-М, КФК-2; спектрофотометр типа СФ-26	Спектофотометр Libra S12
		Окислительно-восстановительное титрование методом йодометрии

**Таблица 2**

Адсорбционная активность порошков ягеля

Проба	Адсорбционная активность X, мг/г	
	Время взбалтывания 20 мин	Время сорбции 1 сутки
Ягель грубого помола	27 ± 3	39 ± 2
Ягель механоактивированный	44 ± 4	48 ± 3

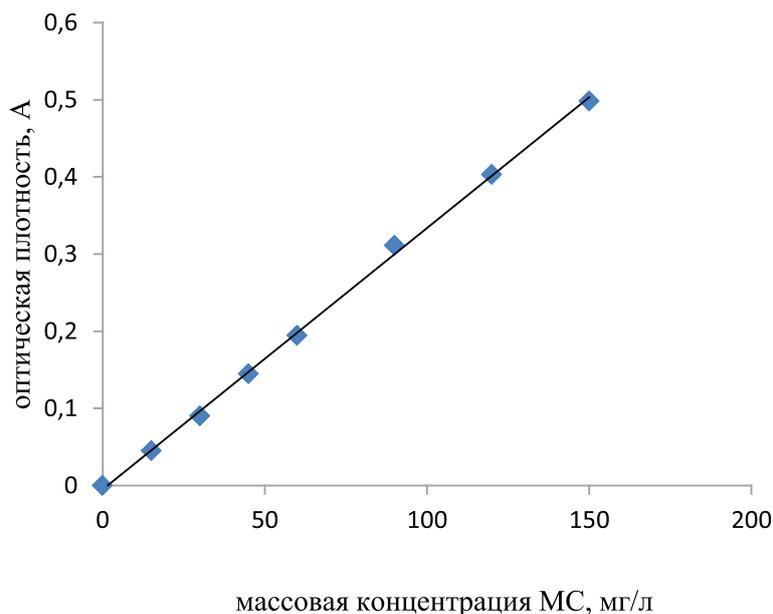


Рис. 2. График зависимости оптической плотности от концентрации раствора МС

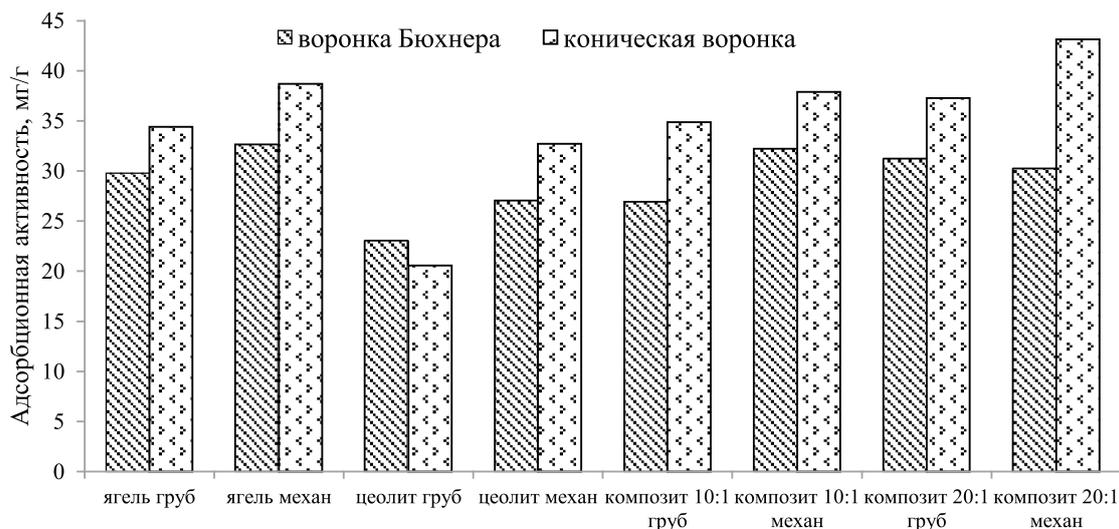


Рис. 3. Средние значения адсорбционной активности порошков ягеля, цеолита и их комплексов по МС

Полученные данные по адсорбционной активности порошков лишайникового сырья по МС (мг/г) представлены в табл. 2.

Как видно из таблицы, сорбционная активность ягеля после механохимической активации выше, чем ягеля грубого помола. А намачивание порошков в течение суток в растворе маркера повышает адсорбцию в большей степени для ягеля грубого помола.

Далее эксперимент проводили в пробах с ягелем, цеолитом и их комплексами. После фильтрования через бумажный фильтр

на воронке Бюхнера фильтраты центрифугировали в цилиндрических пробирках в течение 1 минуты со скоростью вращения 1500 об/мин. Также вместо воронок Бюхнера использовали стеклянную коническую воронку. Увеличили время взбалтывания смеси порошков с раствором МС до 1 часа и частоту колебаний до 200 кол/мин. Суспензии фильтровали через фильтровальные бумаги одинакового размера на одинаковых стеклянных конических воронках. После центрифугирования по 5 мл

раствора переносили в колбу вместимостью 50 мл и до метки доводили дистиллированной водой и снимали оптические плотности растворов.

Проведенные исследования (рис. 3) свидетельствуют о том, что порошки ягеля, цеолита и комплексы на их основе обладают адсорбционной активностью по отношению к маркеру низкомолекулярных токсинов – метиленовому синему. При фильтровании суспензии после взбалтывания с исследованными порошками через бумажный фильтр на стеклянной конической воронке величины адсорбционной активности получаются выше, чем при фильтровании на воронке Бюхнера и центрифугировании фильтратов. Адсорбционная активность порошка ягеля выше, чем цеолита. Центрифугирование без фильтрования не дает полного разделения фаз. При фильтровании через бумажный фильтр необходимо учитывать адсорбцию маркера бумагой.

Наряду со спектрометрическим методом для определения концентрации МС использовали метод йодометрического окислительно-восстановительного титрования, как описано в фармакопейной статье ГФ Х [7, с. 424]. Результаты титрования фильтрата после осаждения осадка, образующегося при взаимодействии исходного раствора метиленового синего с дихроматом калия и тиосульфатом натрия, также показывают хорошие адсорбционные свойства ягеля, особенно после механоактивации.

### Заключение

Таким образом, установлена подлинность препарата метиленового синего. Показано, что исследованные пробы порошков

ягеля, цеолита и их комплексов адсорбируют маркер низкомолекулярных токсинов – метиленовый синий, причем адсорбционная активность механоактивированных порошков выше, чем порошков грубого помола. Соответственно, измельченный ягель и комплексы на его основе могут быть использованы как энтеросорбенты низкомолекулярных токсинов.

### Список литературы

1. Веприкова Е.В., Шипко М.Л., Чунарев Е.Н. Свойства порошкообразных и таблетированных препаратов на основе энтеросорбентов из луба коры березы // Химия растительного сырья. – 2010. – № 2. – С. 31–36.
2. Филиппова Г.В., Павлов Н.Г., Шашурин М.М., Кершенгольц Б.М. Влияние биологически активных веществ из слоевищ северных лишайников, экстрагированных различными методами, на биологические свойства микобактерий туберкулеза // Сибирский медицинский журнал. – 2008. – № 3. – С. 99–103.
3. Дембицкий В.М., Толстиков Г.А. Органические метаболиты лишайников. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 135 с.
4. Савватеева Л.Ю. Перспективы использования ягеля в разработке пищевых продуктов / Л.Ю. Савватеева, Е.Г. Туршук // Пищевая промышленность. – 2009. – № 1. – С. 18.
5. Аньшакова В.В., Степанова А.В. Биотехнологическая переработка возобновляемого сырья Якутии // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. URL: <http://www.science-education.ru/108-8860> (дата обращения: 20.05.2018).
6. Аньшакова В.В., Кершенгольц Б.М., Шарина А.С., Каратаева Е.В. Способ получения сорбционного материала из слоевищ лишайников. Патент России № 2011130301. 2011. Бюл. № 30.
7. Государственная фармакопея СССР. X издание. – М.: Медицина, 1968. – 1081 с.
8. Беликов В.Г. Фармацевтическая химия: учеб. для фармац. ин-тов и фармац. фак. мед. ин-тов. – М.: Высш. шк. – 768 с.
9. ГОСТ 4453-74. Уголь активированный осветляющий древесный порошкообразный. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 21 с.

УДК 599.323.4:612.122.1:616.123:615.27

## ВЛИЯНИЕ ПЕПТИДА СЕЛАНК НА МАССУ ТЕЛА, ПОКАЗАТЕЛИ ЛИПИДНОГО ПРОФИЛЯ И УРОВЕНЬ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ КРЫС ЛИНИИ ВИСТАР

Шубина Т.А., Оберган Т.Ю.

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва,  
e-mail: shubina.74@mail.ru

В настоящей работе проводилось исследование влияния синтезированного аналога эндогенного пептида тафтцина (пептида селанк – Thr-Lys-Pro-Arg-Pro-Gly-Pro) на массу тела, параметры липидного и углеводного обмена крыс линии Вистар. Было показано, что 10-кратное интраназальное введение животным регуляторного пептида селанк в дозе 75 мкг/кг 1 раз в сутки положительно влияло на параметры жирового обмена. В плазме крови крыс снижались общий холестерин, что отмечалось через 7 суток после прекращения введения данного препарата, достоверно уменьшалась концентрация холестерина липопротеидов низкой плотности на 35% и триглицеридов на 19%, а также увеличивался уровень холестерина липопротеидов высокой плотности на 19%. Интраназальное курсовое поступление пептида селанк не влияло на углеводную составляющую обменных процессов в организме, т.е. концентрация глюкозы в плазме крови экспериментальных животных соответствовала норме весь период наблюдений. Впервые была обнаружена способность изучаемого пептида при данных условиях эксперимента замедлять рост массы тела и накопление жировых отложений в организме крыс линии Вистар. Делается вывод о перспективности изучения синтезированного аналога эндогенного пептида селанка в качестве препарата, предупреждающего развитие ожирения.

**Ключевые слова:** глюкоза, масса тела, селанк, триглицериды, холестерин

## THE EFFECT OF THE PEPTIDE SELANK ON BODY WEIGHT, PARAMETERS OF LIPID PROFILE AND BLOOD GLUCOSE LEVEL OF WISTAR RATS

Shubina T.A., Obergan T.Yu.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: shubina.74@mail.ru

In the present work the influence of the synthesized analog of endogenous peptide taftsin (peptide selank – Thr-Lys-Pro-Arg-Pro-Gly-Pro) on body weight, parameters of lipid and carbohydrate metabolism of Wistar rats was studied. It was shown that 10-fold intranasal administration of regulatory peptide of selank in animals at a dose of 75 µg / kg once a day had a positive effect on the parameters of fat metabolism. In the blood plasma of rats, total cholesterol decreased, which was noted 7 days after the cessation of this drug, the concentration of low density lipoprotein cholesterol decreased significantly by 35% and triglycerides by 19%, as well as the level of high density lipoprotein cholesterol increased by 19%. Intranasal exchange rate receipt of the peptide did not affect the carbohydrate component of metabolic processes in the body, i.e. the normal concentration of glucose remained. For the first time it was found the ability of this peptide under the given conditions of experiment, to slow growth of body weight and accumulation of fat deposits in the body of Wistar rats. The conclusion is made about the prospects of studying the synthesized analogue of the endogenous peptide selank as a drug that prevents the development of obesity.

**Keywords:** glucose, body weight, selank, triglycerides, cholesterol

Ведутся активные исследования регуляторных пептидов класса глипролинов, в том числе и их синтетических аналогов, каковым является и пептид селанк, в качестве лекарственных препаратов для коррекции нарушений углеводного и липидного обменов [1]. Клинически данные нарушения проявляются развитием ожирения и сахарного диабета, которые в совокупности означают развитие метаболического синдрома [2]. В последние десятилетия наблюдается острый подъем частоты встречаемости данного недуга, что связывают со снижением физической активности и пищевыми привычками. Ожирение – хроническое нарушение обмена веществ, патогенез которого до конца не изучен [3]. Жировая ткань рассматривает-

ся как самостоятельный секреторный орган, обладающий ауто-, пара- и эндокринной функциями [4].

Селанк является аналогом эндогенного пептида тафтцина – периферического регулятора иммунитета, способного оказывать и некоторые центральные эффекты. Он представляет собой гептапептид, С-конца к которому добавлена группировка Pro-Gly-Pro, защищающая его от быстрой деградации под действием протеолитических ферментов. В клинике селанк применяют в качестве анксиолитика, без побочных эффектов, свойственных препаратам данной группы (седативных, снотворных, миорелаксантных) [5].

Для получения доказательств безопасности, качества и эффективности лекар-

ственного средства исследование препарата на здоровых животных является крайне необходимой частью эксперимента. Ранее было показано, что при введении селанка здоровым животным в плазме крови наблюдался одновременный антитромбоцитарный, антикоагулянтный и фибриндеполимеризационный эффект [6]. Также показана эффективность данного пептида при лечении пациентов с расстройствами пищевого поведения [7].

Цель исследования: изучить влияние пептида селанка на массу тела, показатели липидного профиля и концентрацию глюкозы в крови белых крыс линии Вистар.

### Материалы и методы исследования

В исследовании использовался коммерческий препарат селанк (Thr-Lys-Pro-Arg-Pro-Gly-Pro), изготовленный в НИИ фармакологии им. В.В. Закусова и Институте молекулярной генетики РАН. Эксперимент был проведен на 28 лабораторных белых крысах-самцах линии Вистар с массой тела 340–364 г (в соответствии с методическими рекомендациями по доклиническому изучению лекарственных средств), которые содержались на естественном лабораторном рационе в стандартных условиях вивария. Работа с животными была проведена в соответствии с этическими принципами, установленными Европейской конвенцией по защите позвоночных животных (Страсбург, 15.06.2006 г). Животные были разделены на 2 группы (по 14 крыс в каждой группе). Опытным крысам вводили пептид интраназально, чтобы он не вступал в контакт с кислой средой желудка, не подвергался действию пищеварительных ферментов и мог непосредственно поступать в кровоток, оказывая максимальное действие (группа Опыт). Селанк вводили по 20 мкл/животное в дозе 75 мкг/кг массы тела 1 раз в сут в дневное время в течение 10 дней (с 1-го по 10-й день эксперимента включительно). Контрольные животные получали в эти же сроки и подобным образом вместо пептида 0,85%-ный раствор NaCl (группа Контроль).

Отбор образцов крови для исследований осуществляли натошак из *v.jugularis* через 20 ч после последнего введения селанка (11-й день) и через 7 сут после отмены его применения (18-й день эксперимента). В качестве консерванта использовали 3,8%-ный раствор цитрата натрия в соотношении кровь:консервант как 9:1. Образцы крови центрифугировали при 3000 g в течение 10 мин для получения бедной тромбоцитами плазмы.

Показатели жирового обмена в плазме крови исследовали энзиматическим колориметрическим методом с использованием набора реагентов фирмы Ольвекс-Диагностикум (Россия). При этом определяли концентрацию общего холестерина (ОХ), холестерина липопротеидов высокой плотности (Хс-ЛПВС) и липопротеидов низкой плотности (Хс-ЛПНП), триглицеридов в соответствии с инструкцией к наборам. Концентрацию глюкозы в крови определяли на биохимическом анализаторе One Touch Horizon (США), используя специальные тест-полоски для данного прибора.

Измерение массы тела животных производилось при помощи весов ВТ-500 в одно и то же время суток

(в 9 ч утра) три раза: перед первым введением пептида (1-й день), через 20 ч после 10-го введения селанка перед первым взятием крови (11-й день) и через 1 нед после прекращения введения препаратов перед вторым взятием крови (18-й день).

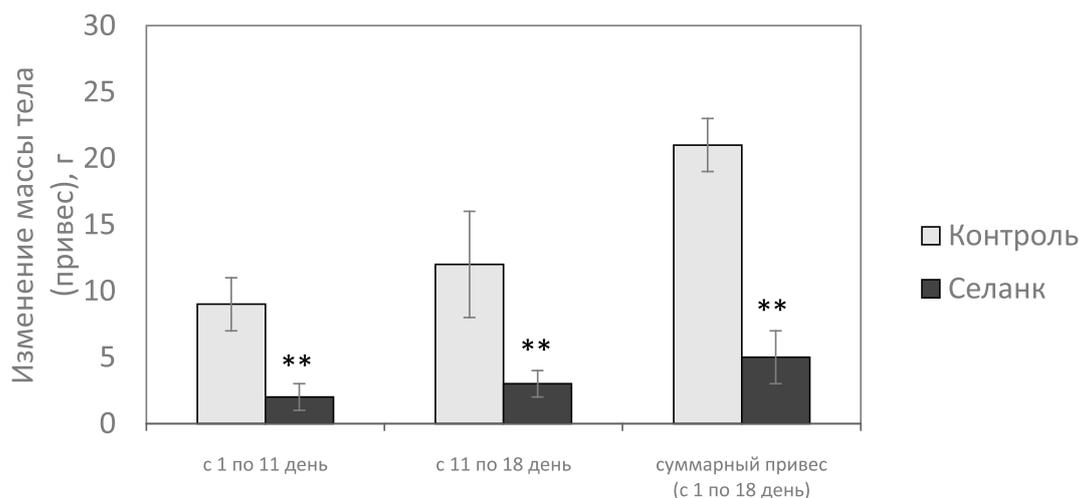
Статистическую обработку данных проводили при помощи пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2010 и Statistica 7. После проверки количественных данных на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро – Уилка, сравнительный анализ результатов осуществляли методом вариационной статистики для независимых выборок с вычислением t-критерия Стьюдента. Полученные данные представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее арифметическое значение,  $m$  – стандартная ошибка среднего. Различия считали достоверными при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Как показали наши эксперименты, у крыс контрольной группы с 1 по 18 день эксперимента происходило равномерное увеличение массы тела (рис. 1). Так, средняя масса тела с 1-го по 11-й день наблюдения увеличилась с  $352,0 \pm 12,4$  г до  $361,0 \pm 9,6$  г, а к 18-м суткам достигла  $373,0 \pm 12,3$  г. Таким образом, прирост массы тела в этой группе с 1-го по 11-й день составил 9 г, с 11-го по 18-й день – 12 г, а суммарный привес (с 1-го по 18-й день) – 21 г.

У крыс группы Опыт, которым интраназально вводили селанк, выявлено замедление роста массы тела: с 1-го по 11-й день средняя масса тела животных возросла с  $353,0 \pm 11,5$  г (исходный уровень) до  $355,0 \pm 12,1$  г, а прирост массы тела составил 2 г, что в 4,5 раза меньше по сравнению с контролем. После отмены применения пептида увеличение массы тела животных группы Опыт происходило более медленными темпами, чем у контрольных животных: через 1 неделю после прекращения введения селанка (на 18-й день эксперимента) масса тела крыс группы Опыт увеличилась до  $358,0 \pm 9,6$  г, т.е. прирост массы тела с 11-го по 18-й день составил всего 3 г, а суммарный привес за все время проведения эксперимента – 5 г, что в 4 и 4,2 раза меньше, чем в контроле, соответственно.

Известно, что центры, регулирующие потребление пищи и энергетический баланс, находятся в гипоталамусе: одни гормоны и нейромедиаторы увеличивают потребление пищи, а другие – снижают. Нарушение синтеза, метаболизма и секреции нейротрансмиттеров может приводить к гормональным сдвигам, что имеет значение для развития ожирения и специфичности отложения жира [8, 9]. Селанк проявляет тропность к серотонинергической системе [10].



Изменение массы тела крыс в процессе проведения эксперимента.  
\*\* –  $p < 0,01$  по сравнению с контролем

Изменение показателей липидного профиля и концентрации глюкозы в плазме крови здоровых крыс через 20 ч после 10-кратного интраназального введения селанка и через 1 нед после его отмены ( $M \pm m$ )

	Через 20 ч после 10-го введения селанка или NaCl		Через 1 нед после отмены введения селанка или NaCl	
	селанк	контроль	селанк	контроль
ОХ, ммоль/л (%)	1,307 ± 0,054 (107)	1,222 ± 0,115 (100)	1,630 ± 0,106* (82)	1,985 ± 0,042 (100)
Хс-ЛПВП, ммоль/л (%)	1,117 ± 0,062* (119)	0,939 ± 0,093 (100)	1,069 ± 0,077* (72)	1,482 ± 0,032 (100)
Хс-ЛПНП, ммоль/л (%)	0,184 ± 0,026* (65)	0,283 ± 0,022 (100)	0,562 ± 0,044 (112)	0,503 ± 0,034 (100)
ТГ, ммоль/л (%)	0,394 ± 0,025** (79)	0,501 ± 0,099 (100)	0,527 ± 0,039** (69)	0,767 ± 0,043 (100)
Глюкоза, ммоль/л (%)	4,580 ± 0,950 (98)	4,700 ± 0,032 (100)	4,150 ± 0,710 (96)	4,410 ± 0,122 (100)

Примечание. ОХ – общий холестерин, Хс-ЛПВП – холестерин липопротеидов высокой плотности, Хс-ЛПНП – холестерин липопротеидов низкой плотности, ТГ – триглицериды. Статистические показатели рассчитаны относительно соответствующих проб контроля, принятых за 100%. \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ .

Было показано, что интраназальное введение 0,15%-ного препарата Селанк в течение 14 дней пациентам с ожирением, страдающих расстройствами пищевого поведения, приводило к уменьшению эпизодов переедания вследствие более быстрого наступления эффекта насыщения и, таким образом, к снижению веса [7].

В наших экспериментах интраназальное введение синтетического пептида селанка крысам линии Вистар не выявило влияния на инсулярную систему: уровень глюкозы в крови крыс группы Опыт в течение всего срока наблюдений не изменялся и соответствовал значениям группы Контроль

(таблица). В исследованиях Мясоедова с соавторами (2014) было установлено, что у животных с экспериментальным метаболическим синдромом 10-кратное интраназальное введение селанка в той же дозе не приводило к снижению концентрации глюкозы. Однако увеличение показателя было недостоверным по сравнению со значениями у здоровых крыс, которым не вводили пептид.

Селанк обладает анксиолитическим действием со стимулирующим компонентом, а в условиях эмоционального напряжения улучшает деятельность вегетативной системы, а также оказывает положительное

влияние на адекватность адаптивного поведения. Известно, что при интраназальном введении он способен связываться со специфическими рецепторами на мембранах нервных клеток и оказывать влияние на обмен моноаминов в эмоциогенных структурах мозга и активность мозговых ферментов [11]. Возможно, наблюдаемый нами в эксперименте неизменный уровень глюкозы и связан с тем, что она является основным энергетическим субстратом для оптимальной работы мозга и ее содержание должно быть стабильным.

Следовательно, пептид Thr-Lys-Pro-Arg-Pro-Gly-Pro, применяемый многократно интраназально в дозе 75 мкг/кг, замедлял рост массы тела у здоровых животных, не затрагивая звенья углеводного обмена.

После 10-кратного интраназального введения селанка при неизменном уровне ОХ в обеих группах, в опыте наблюдалось достоверное снижение ТГ на 19% и Хс-ЛПНП на 35% по сравнению с контролем, а также увеличение уровня Хс-ЛПВП на 19% (таблица).

Через 7 суток после отмены введения пептида в плазме крови опытных животных концентрация ОХ составила 82% по сравнению с контролем. При этом в этой группе обнаружено достоверное уменьшение концентрации Хс-ЛПВП на 28% и ТГ на 31% относительно контрольных значений. Уровень Хс-ЛПНП в плазме практически соответствовал показателям у контрольных животных (таблица).

Показано, что исследуемый пептид восстанавливал нормальные значения показателей липидного профиля у крыс с метаболическим синдромом (животные постоянно употребляли высококалорийную пищу с избытком насыщенных жирных кислот и глюкозы), причем эффекты были значимыми и сохранялись даже после прекращения введения селанка в течение 2-х недель [12].

В механизме нарушения липидного обмена у больных ожирением помимо балансовых отклонений имеет значение расстройство нервной и эндокринной регуляции [13], сопровождающееся изменением соотношения жиромобилизующих и жиросжигающих гормонов и степени активности тканевых липаз. Процесс пищеварения активирует секрецию инсулина, который стимулирует использование метаболитов для запасания энергоносителей. В жировой ткани он индуцирует синтез липопротеидлипазы, что обеспечивает транспорт жирных кислот, глицерина в адипоциты, убирая субстрат для формирования атерогенных липопротеидов [8]. Адипо-

циты вырабатывают пептидный гормон лептин, дефицит которого в крови служит сигналом недостаточного запаса ТГ в организме, что приводит к увеличению аппетита и, в результате синтеза ТГ, повышению массы тела. Лептин является ключевым медиатором между жировой тканью и гипоталамо-гипофизарной системой [2, 14]. Возможно, селанк способен восстанавливать секрецию нейропептидов, регулирующих пищевое поведение и расход энергии, при нарушении восприятия лептиновых сигналов.

Итак, после применения синтетического пептида селанка наблюдалось пролонгированное (в течение 2-х недель) снижение концентрации триглицеридов, а уменьшение содержания в плазме крови общего холестерина отмечалось через 7 дней после отмены введения данного препарата (отставленный эффект).

### Заключение

Таким образом, полученные данные указывают на способность селанка при 10-кратном интраназальном введении в дозе 75 мг/кг влиять на параметры жирового обмена у животных без патологий, а именно, снижать в крови общий холестерин, атерогенные липопротеиды низкой плотности, а также триглицериды. Впервые нами была показана способность данного пептида замедлять рост массы тела и блокировать накопление жировых отложений в организме здоровых животных. Следовательно, просматривается перспективность изучения пептида селанка в качестве препарата, предупреждающего развитие ожирения.

### Список литературы

1. Ляпина Л.А., Григорьева М.Е., Оберган Т.Ю., Шубина Т.А., Андреева Л.А., Мясоедов Н.Ф. Пептидная регуляция метаболических процессов при гиперхолестеринемических состояниях организма // Изв. РАН. Сер. биол. – 2015. – № 6. – С. 634–644.
2. Mamedov M.N. Metabolic syndrom in Russia: prevalence, clinical peculiarities and treatment. – М.: MIG med. kniga, 2011. – 140 p.
3. Удинцев В.Ю., Серебров В.Ю. Ожирение и другие нарушения метаболизма липидов. – Томск: Изд. Том. гос. ун-та, 2008. – 326 с.
4. Шварц В. Жировая ткань как эндокринный орган // Пробл. эндокринологии. – 2009. – № 1. – С. 38–44.
5. Петровский А.К., Петровская А.Ю., Косенко М.В., Андреева Л.А., Смирнов Н.А., Федоров В.Н. Адаптогенная активность семакса и селанка: экспериментальное исследование // Мед. альманах. – 2017. – № 1. – С. 114–118.
6. Ляпина Л.А., Григорьева М.Е., Оберган Т.Ю., Майстренко Е.С. Роль пептидов тафтидина и селанка в регуляции первичного и плазменного гемостаза // Изв. РАН. Сер. биол. – 2017. – № 2. – С. 202–205.
7. Вербенко В.А. Эффективность аналога эндогенного пептида тафтидина при терапии расстройств пищевого поведения // Лечение и профилактика. – 2017. – № 3. – С. 49–57.

8. Кроненберг Г.М., Шоломо К., Полонски К.С., Ларсен П.Р. пер. с англ. Под ред. Дедова И.И., Мельниченко Г.А. Ожирение и нарушения липидного обмена. – М.: Мед. информ. агенство, 2010. – 264 с.
9. Xu A., Kaelin C., Takeda K., Akira S., Schwartz M., Barsh G. PI3K integrates the action of insulin and leptin on hypothalamic neurons // *J. Clin. Invest.* – 2005. – V. 115. – № 4. – P. 951–958.
10. Семенова Т.П., Козловская М.М., Захарова Н.М., Козловский И.И. Сравнительная оценка влияния селанка и тафтидина на обмен серотонина в мозге крыс в условиях блокады его синтеза // *Эксп. и клин. фарм.* – 2009. – № 4. – С. 6–8.
11. Телешова Е.С., Бочкарев В.К., Сюняков Т.С., Бугаева Т.П., Незнамов Г.Г. Результаты клинико-фармакологического исследования пептидного анксиолитика селанка // *Психиатрия.* – 2010. – № 4. – С. 26–35.
12. Мясоедов Н.Ф., Андреева Л.А., Григорьева М.Е., Оберган Т.Ю., Шубина Т.А., Ляпина Л.А. Влияние селанка на параметры гемостаза, липидный профиль и уровень сахара крови при развитии экспериментального метаболического синдрома // *Докл. акад. наук.* – 2014. – Т. 458, № 1. – С. 112–115.
13. Kornstein S.G. Epidemiology and Recognition of binge-disorder in psychiatry and primary care // *J. Clin. Psychiatry* – 2017. – V. 78 (suppl 1). – P. 3–8.
14. Myers M.G. Leptin receptor signaling and the regulation of mammalian physiology // *Recent Prog. Horm. Res.* – 2004. – V. 59. – P. 287–304.

УДК 574.2:551.46

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОДОЛАЗОВ ПРИ ПОВЫШЕННОМ ДАВЛЕНИИ В БАРОКАМЕРЕ

**Яхонтов Б.О.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: giper28@ocean.ru*

Проведен анализ проблемы обеспечения жизнедеятельности водолазов при повышенном давлении в барокамере. Показано, что обеспечение жизнедеятельности осуществляется через систему жизнеобеспечения путем формирования искусственной дыхательной среды и микроклимата. Гипербарическая среда в барокамере формируется на физиолого-гигиенических принципах с учетом действия факторов среды на организм водолаза. Главным параметром при формировании среды является парциальное давление кислорода, которое в условиях повышенного давления должно находиться в пределах, исключающих развитие гипоксии в организме и токсического действия кислорода. Под влиянием физических свойств специфической искусственной среды в барокамере формируется микроклимат. Наиболее характерным при повышении давления является повышение комфортной температуры среды и сужение зоны температурного комфорта. В замкнутом объеме камеры в результате жизнедеятельности человека и за счет дыхательного газообмена снижается  $PO_2$ , повышается  $PCO_2$  и накапливаются вредные микропримеси, в основном эндогенного происхождения. Все изменяющиеся параметры среды в камере должны восстанавливаться в реальном времени системами регенерации, кондиционирования и очистки. Этим поддерживается относительно нормальная жизнедеятельность водолазов и безопасность в период пребывания, особенно длительного, в условиях повышенного давления искусственной газовой среды.

**Ключевые слова:** гипербария, жизнедеятельность, система жизнеобеспечения, барокамера, водолаз, дыхательная среда, микроклимат

## PHYSIOLOGICAL ASPECTS PROVISIONS THE LIFE ACTIVITY OF THE DIVERS IN INCREASED PRESSURE IN THE HYPERBARIC CHAMBER

**Yakhontov B.O.**

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: giper28@ocean.ru*

Have done the analysis of the problem of ensuring the life activity of divers at increased pressure in hyperbaric chamber. It is shown that life activity is carried out through the life support system, by the formation of an artificial respiratory environment and microclimate. Hyperbaric environment in the chamber is formed on physiological and hygienic principles, taking into account the effect of environmental factors on the body of the diver. The main parameter in the formation of the medium is the partial pressure of oxygen, which in hyperbaric conditions should be within the limits excluding the development of hypoxia in the body and the toxic effect of oxygen. Under the influence of the physical properties specific artificial environment in the hyperbaric chamber formed microclimate. The most characteristic with increasing pressure is to increase the comfortable ambient temperature and narrow the zone of temperature comfort. In a closed chamber, as a result of life activity human and due to respiratory gas exchange,  $PO_2$  decreases,  $PCO_2$  increases and harmful micro-impurities of mainly endogenous origin accumulate. All changing environment parameters in the chamber must be restored in real time by regeneration, conditioning and purification systems. This supports the relatively normal life activity of divers and safety during their stay, especially for a long time, in conditions of increased pressure of the artificial gas environment.

**Keywords:** hyperbaria, life activity, life support system, hyperbaric chamber, diver, breathing environment, microclimate

Решение проблемы изучения и освоения человеком глубин Мирового океана связано с необходимостью создания современных экспериментальных и производственных баз с водолазными комплексами для имитации глубин в барокамерах и для натуральных погружений. Такие комплексы должны быть оснащены эффективными и надежными системами жизнеобеспечения (СЖО), которые представляют собой совокупность технических средств, предназначенных для создания в отсеках барокамер условий для относительно нормальной жизнедеятельности людей в период их многосуточного пребывания под повышенным давлением. Очевидно, что основной функцией СЖО является формирование и поддержание на заданном уровне параметров дыхательной

газовой среды (ДГС) и микроклимата в замкнутом объеме барокамеры. Это обеспечивается функционированием комплекса подсистем, входящих в состав общей СЖО.

Для водолазных гипербарических систем, как и для любых замкнутых обитаемых систем, наиболее жесткие требования предъявляются к контролю основных параметров среды: давление (P), парциальное давление кислорода ( $PO_2$ ) и двуокиси углерода ( $PCO_2$ ), температура ( $T^{\circ}C$ ), относительная влажность (RH, %), скорость движения среды, вредные микропримеси, – а также к системам их регулирования и поддержания на заданном уровне. Это обусловлено тем, что все указанные факторы в условиях повышенного давления оказывают влияние на функциональное состояние

организма водолаза, его работоспособность и здоровье, что прямо связано с безопасностью работы в таких условиях [1, 2]. В этой связи целью данной работы является анализ проблемы обеспечения жизнедеятельности человека в замкнутом объеме барокамеры, реализуемого на физиолого-гигиенических принципах формирования гипербарической среды, для повышения безопасности пребывания в условиях гипербарии.

**Методы исследования** – теоретические и экспериментальные (анализ, обобщение литературных и экспериментальных данных), основанные на многолетнем опыте проведения исследований в условиях повышенного давления в барокамерах при моделировании различных глубин погружения водолазов и под водой в обитаемых гипербарических системах (подводные дома, убежища, аппараты).

**Результаты исследования** показывают, что жизнедеятельность человека в любых условиях поддерживается в основном за счет адекватного этим условиям дыхательного газообмена: потребления кислорода и выделения двуокиси углерода. Особенностью ДГС в условиях повышенного давления является то, что для больших глубин или длительного пребывания даже на средних (до 40 м) глубинах она является искусственной, соответствующей специальным физиолого-гигиеническим требованиям [3, 4].

Количественное соотношение газовых компонентов (кислород, азот, гелий) в смеси изменяется с изменением давления или соответствующей ему глубины. При имитации погружений в барокамере на большие глубины азот воздуха замещается гелием, хотя небольшая доля азота в смеси от остаточного перед компрессией воздуха в камере сохраняется. Но в любом случае формирование дыхательной среды и поддержание газового состава смеси на заданном уровне является основой для обеспечения жизнедеятельности. Парциальное давление кислорода в таких условиях должно находиться в допустимых пределах, исключающих развитие гипоксии в организме и интоксикации кислородом (5, 6). На фоне даже умеренной гипоксии в условиях повышенного давления в барокамере функциональные возможности человека снижаются, а при развитии токсического действия кислорода реакции организма переходят в патологические. Поэтому в зависимости от давления, состава газовой среды и длительности пребывания в барокамере  $PO_2$  в отсеках должно поддерживаться в диапазоне 0,25–0,30 кгс/см<sup>2</sup> [3], что соответствует 184–221 мм рт. ст. Это умеренно гипероксический, но не токсический уровень  $PO_2$ . Не бу-

дет проявлять токсичность и  $PO_2$  на уровне 0,35 кгс/см<sup>2</sup> (258 мм рт. ст.), но при ограничении длительности пребывания под повышенным давлением. Следует отметить, что дыхание в условиях гипербарии и нормоксической смесью ( $PO_2$  – 0,21 кгс/см<sup>2</sup>, или 156 мм рт. ст.) в условиях относительного покоя не приводит к изменению кислородного режима организма [7].

Кроме оптимального газового состава гипербарической среды, на функциональные возможности организма оказывает влияние и микроклимат в барокамере. Он характеризуется температурой (конвекционной и радиационной), влажностью и подвижностью газовой среды. Температура является основным параметром обитаемости камер.

Теплофизические свойства гипербарической газовой среды в барокамерах обусловлены действием двух факторов: изменением давления газовой среды и изменением её состава. При замене азота на гелий изменяется не только плотность, но и вязкость, теплопроводность и теплоёмкость смеси. Гелий обладает в 6 раз большей теплопроводностью и в 5,2 раза большей теплоёмкостью, чем воздух, и это является причиной того, что при недостаточном обогреве при повышенном давлении потеря тепла находящимся в барокамере человеком может оказаться равной его продукции при обмене веществ в организме. Это вызывает необходимость повышения температуры окружающей газовой среды в барокамере для компенсации увеличения теплопотерь в связи с повышением теплопередающих свойств искусственной атмосферы. Например, при дыхании кислородно-азотно-гелиевой смесью температура в среде барокамеры при давлении 31 кгс/см<sup>2</sup>, имитирующем глубину 300 метров, может находиться в диапазоне допустимых температур – 29,2–31,2 °С при относительной влажности 60–80 % [3]. Но эти величины температуры могут иметь и несколько другие значения, в зависимости от других параметров микроклимата, физической активности человека и его одежды.

При повышении давления зона температурного комфорта закономерно сужается. Это приводит к тому, что изменение температуры в указанных условиях всего лишь на 0,5 °С, в пределах диапазона допустимых значений, довольно быстро приводит к нарушению температурного комфорта для человека.

Большое значение в условиях барокамеры имеет влажность газовой среды. Высокая относительная влажность является не только причиной неприятных субъективных ощущений водолазов. Известно, что при относительной влажности среды более 70 % в условиях гипербарии происходит

интенсивное размножение грибковой флоры, которая может вызвать даже порчу оборудования и являться источником вредных микропримесей. Помимо этого, грибковая флора может вызывать специфические заболевания у находящихся в барокамере людей в связи со снижением их иммунно-биологической устойчивости.

Существенную роль в формировании микроклимата играет также и скорость движения газовой среды. Для барокамер длительного пребывания (ДП) она должна находиться в пределах 0,05–0,1 м/с, для камер кратковременного пребывания (КП) – 0,1–0,15 м/с [4]. При повышении скорости движения гипербарической среды влияние её на теплообмен усиливается. Это объясняется большим, чем в нормальных условиях, увеличением коэффициента теплопередачи конвекцией при увеличении подвижности среды. Таким образом, этот фактор микроклимата может весьма эффективно использоваться в гипербарической среде для обеспечения поддержания теплового комфорта человека.

В любых гермообъектах, каковым является и водолазная барокамера, основным источником загрязнений исходного газового состава дыхательной среды является человек, а также находящиеся в камере материалы и работающие аппараты [8]. За счет потребления человеком кислорода его содержание в замкнутой дыхательной среде снижается, при этом содержание двуокиси углерода повышается. Кроме того, человек выделяет из организма в окружающую среду через легкие, кожу, почки, кишечник небольшие количества эндогенных продуктов метаболизма (окись углерода, аммиак, метан, сероводород и другие примеси, а также водяные пары, запахи, тепло). В атмосфере обитаемых отсеков гермокамеры было обнаружено более 200 летучих вредных микропримесей [9]. В обычных условиях человек выдыхает порядка 600 летучих соединений [10]. Образующаяся специфическая для замкнутого объема дыхательная газовая среда и микроклимат должны управляться системой жизнеобеспечения и поддерживаться ею за счет восстановления в реальном времени всех изменяющихся и имеющих значение для организма параметров среды с учетом физиолого-гигиенических требований. Этим обеспечивается жизнедеятельность водолазов в период пребывания, особенно длительного, в условиях повышенного давления искусственной газовой среды. Поэтому в общей системе жизнеобеспечения водолазов в барокамере целесообразно выделить, как наиболее ответственные, следующие подсистемы:

регенерации ДГС (подача кислорода для восполнения потребляемого, инертных газов и удаление двуокиси углерода), кондиционирования (поддержание параметров микроклимата: температуры, относительной влажности, скорости движения газовой среды) и очистки дыхательной среды от вредных микропримесей в отсеках барокамеры (рисунок). Эти системы работают непрерывно в течение всего срока (иногда до 4–5 недель) пребывания водолазов в барокамере, формируют и поддерживают под управлением систем автоматики дыхательную среду в отсеках камеры. В структуре этих систем, которые обычно располагаются снаружи барокамеры (но бывают и внутренние, и комбинированные системы), находятся и функционируют находящиеся в герметичных корпусах побудители расхода, осушители, теплообменные и химические аппараты с поглотительными реагентами для очистки среды от  $\text{CO}_2$  и вредных микропримесей. Весь этот комплекс аппаратов и устройств в составе общей СЖО обеспечивает создание, изменение и поддержание условий для пребывания и работы водолазов в барокамерах с сохранением здоровья, то есть он направлен на формирование адекватной условиям дыхательной газовой среды и микроклимата [11, 12].

Управление этим процессом осуществляется на основе измеряемых величин параметров микроклимата и газовой среды. С повышением давления в камере значение этих параметров повышается. В таких условиях управлять системами гипербарического объекта становится сложнее. Это особенно проявляется при переводе системы жизнеобеспечения с одного режима на другой, то есть в процессе повышения или понижения давления.

Мировой опыт эксплуатации водолазных комплексов и проведения медико-физиологических экспериментов в исследовательских барокамерах показал, что эффективность этих работ определяется не только оперативным управлением режимами работы основных технических средств водолазного объекта в соответствии с программой погружения или научного эксперимента, но и оперативной обработкой технической и медико-физиологической информации и отображением её на пульте оператора. Это реализуется с помощью современных систем компьютерной оперативной обработки данных, обеспечивающих наблюдение за параметрами среды в камере, подачу сигналов тревоги в случаях выхода величин этих параметров за допустимые пределы, ведение протокола пребывания в барокамере и выполнение других функций.



*Структурно-функциональная схема системы жизнеобеспечения с основными подсистемами формирования газовой среды и микроклимата в барокамере*

Очевидно, что управление гипербарической средой через систему жизнеобеспечения не должно ограничиваться поддержанием на заданном уровне параметров среды, при этом необходимо учитывать и состояние человека в барокамере. Поскольку организм человека является сенсорной системой, он может рассматриваться как элемент системы жизнеобеспечения самого человека. Выраженные реакции организма на измененные условия гипербарической среды являются сигналом к необходимости приведения этих условий к относительной норме. Поэтому высокие требования к контрольно-измерительной аппаратуре дополняются повышенными требованиями к физиологической и медицинской аппаратуре, обеспечивающей экспресс-информацию о функциональном состоянии организма водолазов в барокамере в газовой и водной среде (гидротанк берегового водолазного комплекса) для принятия мер воздействия на дыхательную среду со стороны системы жизнеобеспечения.

Поскольку все эти цели и задачи реализуются при непосредственном участии человека, находящегося в условиях повышенного давления в барокамере, он должен быть защищен от возможных опасных воздействий на организм при отклонении параметров гипербарической среды обитания от допустимых значений. Это определяет высокие требования к дыхательной среде и самой системе жизнеобеспечения, особенно при использовании наиболее эффективного

метода длительного (многосуточного) пребывания водолазов под повышенным давлением в научных или производственных целях [13, 14].

Проблемы жизнеобеспечения человека в обитаемых гипербарических системах во многом схожи с проблемами в космических системах и обитаемых подводных аппаратах – контроль и поддержание заданного газового состава и физических параметров среды в замкнутом объеме, сохранение работоспособности и здоровья в измененной газовой среде и другие. При разработке и эксплуатации любых систем жизнеобеспечения за основу принимаются требования безопасности, включающие три главных компонента: обнаружение неполадок, возможность их срочного устранения и резервирование основных подсистем.

### Заключение

Обеспечение жизнедеятельности водолазов в барокамерах осуществляется через систему жизнеобеспечения, предназначенную для создания, изменения и поддержания необходимых условий для пребывания водолазов в отсеках камеры с сохранением здоровья. Эти условия заключаются в формировании искусственной среды и поддержании её параметров на заданном уровне. Гипербарическая среда формируется на физиолого-гигиенических принципах с учетом действия факторов среды на организм. Главным параметром формирования дыхательной среды является оптимальное

парциальное давление кислорода, которое в условиях гипербарии должно находиться в допустимых пределах, исключающих развитие гипоксии в организме и интоксикации кислородом. В любом случае формирование и поддержание параметров дыхательной среды на оптимальном уровне является основой для обеспечения жизнедеятельности.

Не менее важным для поддержания функциональных возможностей организма является и микроклимат в среде барокамеры. Он связан с изменением теплофизических свойств гипербарической газовой среды под влиянием изменения давления и газового состава. Наиболее характерным при повышении давления в барокамере является повышение комфортной температуры среды. Это особенно проявляется при дыхании смесями на основе гелия. В таких условиях зона температурного комфорта значительно сужается.

В замкнутом объеме барокамеры в результате жизнедеятельности человека в дыхательной газовой среде снижается  $PO_2$ , повышается  $PCO_2$ , среда загрязняется вредными микропримесями эндогенного и экзогенного происхождения. Все изменяющиеся параметры среды должны восстанавливаться в реальном времени системами регенерации, кондиционирования и очистки. Этим поддерживается относительно нормальная жизнедеятельность водолазов и безопасность в период пребывания, особенно многосуточного, в условиях повышенного давления искусственной газовой среды.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149-2018-0011).*

#### Список литературы

1. Кисляков Ю.Я., Бреслав И.С. Дыхание, динамика газов и работоспособность при гипербарии. – Л.: Наука, 1988. – 237 с.
2. Дудков М.Д. Медицинские аспекты обеспечения безопасности водолазного труда // Нептун. Водолазный проект. – 2010. – № 10. – С. 80–87.
3. Глубоководные водолазные спуски и их медицинское обеспечение / В.В. Смолин, Г.М. Соколов, Б.Н. Павлов, М.Д. Демчишин. – М.: Слово, 2004. – Т. 2. – 723 с.
4. ГОСТ Р 52264-2004 Барокамеры водолазные. Общие технические условия. – Введен впервые, введ. 2004 – 10 – 11. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 39 с.
5. Яхонтов Б.О. Физиологические принципы оптимизации водолазных дыхательных газовых смесей // Нептун. Водолазный проект. – 2014. – № 5. – С. 74–79.
6. Яхонтов Б.О. Физиологические принципы построения технологий водолазных погружений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 12-1. – С. 132–136.
7. Гуляр С.А. Медико-физиологические гипербарические исследования в рамках программы «Черномор»: результаты и перспективы // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XI Международной научно-технич. конф. – М., 2009. – Ч. 1. – С. 105–109.
8. Гладышев Н.Ф. Системы и средства регенерации и очистки воздуха обитаемых герметичных объектов / Н.Ф. Гладышев, Т.В. Гладышева, С.И. Дворецкий. – М.: Издательский дом «Спектр», 2016. – 204 с.
9. Синяк Ю.Е. Актовая речь «Системы жизнеобеспечения обитаемых космических объектов (Прошлое, настоящее и будущее)». – М., 2008. URL: [http://light-water.ucoz.ru/statii/aktovaja\\_rech\\_ju.e-sinjaka-sistemy\\_zhizneobespeche.pdf](http://light-water.ucoz.ru/statii/aktovaja_rech_ju.e-sinjaka-sistemy_zhizneobespeche.pdf). (дата обращения 25.05.2018).
10. Анализ состава выдыхаемого человеком воздуха для диагностики галитоза / С.А. Тараканов [и др.]. URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_72A\\_tarakanov.pdf\\_2058.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_72A_tarakanov.pdf_2058.pdf) (дата обращения 25.05.2018).
11. Куренков Г.И., Скалацкий О.Н., Яхонтов Б.О. Развитие технологий глубоководных водолазных погружений для освоения шельфа России и других прикладных задач // Proceedings of International Conference on Subsea Technology (Saint-Petersburg, Russia 22–25 June 2009). – St-Petersburg State Marine Technical University, 2009. – pp. 1–20. ISBN 978-5-88303-453-3.
12. Яхонтов Б.О. Принципы построения и функционирования систем жизнеобеспечения водолазных комплексов // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XV Всероссийской научно-технич. конф. – М., 2017. – Т. 2. – С. 190–193.
13. Смолин В.В., Соколов Г.М. Метод длительного пребывания под давлением – высокоэффективный метод выполнения водолазных работ // DIVETEK. – 2007. – № 1 (21). – С. 26–33.
14. Мотасов Г.П. Медицинское обеспечение водолазных спусков методом ДП в 40 ГосНИИ МО РФ // Нептун. Водолазный проект. – 2010. – № 4. – С. 40–45.

УДК 631.895(575.2)

## ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГУМАТИЗИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ХЛОПЧАТНИК

<sup>1</sup>Арзиев Ж.А., <sup>2</sup>Шамшиев Б.Н., <sup>1</sup>Жолдошев Б.С.

<sup>1</sup>Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева Южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики, Ош, e-mail: ipr09@rambler.ru, arziev1949@mail.ru;

<sup>2</sup>Ошский технологический университет, Ош, e-mail: shamshiev@list.ru

Последние годы идет тенденция получения комплексных гуматизированных минеральных удобрений (КГМУ), содержащих в своем составе компоненты минеральных удобрений: азота, фосфора и калия. При получении КГМУ обычно используют готовые минеральные удобрения. В Кыргызской Республике отсутствует производство минеральных удобрений. На основе этого с целью решения проблемы дефицита удобрений в Кыргызской Республике были проведены научно-практические исследования по разработке технологии получения и применения КГМУ. Причем для получения КГМУ были использованы местные агроруды, содержащие фосфор и калий. За основу получения КГМУ были взяты разработанные нами гуматизированные минеральные удобрения (ГМУ), имеющие в своем составе: гуминовые вещества – гуматы, минеральные – азотные удобрения и микроэлементы. Технология получения КГМУ включает в себе технологию обогащения ГМУ калий и фосфор содержащими компонентами. В качестве калий и фосфор содержащих компонентов были использованы местные агроруды – глауконитовые глины и фосфориты. КГМУ содержит в своем составе: гуминовые вещества – гуматы, азотные удобрения, калийные и фосфорные компоненты, а также микроэлементы. Разработанными таким образом КГМУ были начаты многолетние полевые опыты по изучению их эффективности действия на хлопчатник сорта «Кыргызский-5». Проведенные полевые опыты показали, что КГМУ положительно влияет на развитие и урожайность хлопчатника. Одновременно под действием КГМУ улучшаются технологические характеристики хлопковых волокон. Применение КГМУ способствует возрастанию количества коробочек хлопчатника от 3,14% до 9,42% относительно контрольного варианта. Наряду с этим КГМУ ускоряет созревание хлопчатника, что подтверждается увеличивающимся числом раскрытых коробочек хлопчатника от 13,04% до 95,65% по сравнению с контрольным вариантом. Установлено, что под действием КГМУ, урожайность хлопчатника возрастет в зависимости от вариантов полевых опытов от 0,13 до 1,62 ц/га относительно контрольного варианта ( $N_{300} P_{150} K_{100}$ ).

**Ключевые слова:** комплексные гуматизированные минеральные удобрения, полевые опыты, хлопчатник, развитие и урожайность хлопчатника, качество хлопковых волокон

## RESEARCH OF IMPACT EFFICIENCY OF COMPLEX HUMATE MINERAL FERTILIZERS ON COTTON

<sup>1</sup>Arziev Zh.A., <sup>2</sup>Shamshiev B.N., <sup>1</sup>Zholdoshev B.S.

<sup>1</sup>Institute of natural resources named after A.S. Dzhamanbaev, Southern Branch of National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Osh, e-mail: ipr09@rambler.ru, arziev1949@mail.ru;

<sup>2</sup>Osh Technological University, Osh, e-mail: shamshiev@list.ru

Of late years there has been a tendency of extracting complex humate mineral fertilizers (CHMF) containing in the structure of components of mineral fertilizers: nitrogen, phosphorus and potassium. While extracting complex humate mineral fertilizers they usually practise to use ready mineral fertilizers. In the Kyrgyz Republic there is no manufacture of mineral fertilizers. Recently, at the Institute of Natural Resources of Southern Branch of the Kyrgyz Republic National Academy of Sciences on the basis of use of humic (oxidised) hydrogenic coals of the republic, humic fertilizers, humic growth factors of plants – humate and humate mineral fertilizers have been developed. The conducted long-term field and industrial tests have shown high efficiency of their impact on agricultural crops. Researches of late years are carried out in the institute on developing the technology of getting and applying CHMF, i.e. humic fertilizers enriched by an optimum set of mineral nutritious components: nitrogen, phosphorus, potassium, and microelements. For extracting CHMF there have been used the engineered humate mineral fertilizers, incorporating: humic substances – humates, mineral nitric fertilizers and microelements. The technology of obtaining CHMF includes in itself technology of enriching humate mineral fertilizer potassium and phosphorus containing components. As potassium and phosphorus containing components local agro ores – glauconite clay and phosphorites have been used. CHMF contain: humic substances – humates, nitric fertilizers, potassium and phosphoric components, and also microelements. Engineered in this way CHMF the vegetative and long-term field experiences on study of their efficiency of influence on cotton «Kyrgyzskiy-5» have started. It has been established, the CHMF positively influences on growth, development and productivity of cotton, and also on technological qualities of cotton fibre. It is shown, that under the influence of CHMF the number of cotton bolls increases from 3,14% to 9,42%, and uncovering of the bolls increases from 13,04% to 95,65% in comparison with a control variant. It is established that under the influence of CHMF, productivity of cotton will increase from 0,13 to 1,62 centner/hectares in comparison with an industrial control variant ( $N_{300} P_{150} K_{100}$ ).

**Keywords:** complex humate mineral fertilizers, field experiences, cotton, development and yield of cotton, quality of cotton fibers

В последние годы идет тенденция получения комплексных гуматизированных минеральных удобрений (КГМУ), содержащих в своем составе наряду с гуминовым

веществом с несколькими или с полным набором компонентов минеральных удобрений: азота, фосфора и калия. Использование гуминовых веществ позволяет повы-

сильно эффективностью усвоения растениями минеральных компонентов и, соответственно, повысить урожайность при тех нормах внесения. При получении КГМУ обычно используют готовые минеральные удобрения [1–3].

В Кыргызской Республике отсутствует производство минеральных удобрений. Вся потребность в минеральных удобрениях покрывается импортом. В соответствии с этим цена поставляемых минеральных удобрений достаточно высока. Для содействия решению проблемы дефицита минеральных и органических удобрений в Кыргызской Республике были проведены научно-практические исследования по разработке технологии получения и применения комплексных гуматизированных минеральных удобрений (КГМУ).

Причем для получения КГМУ было решено использовать местные агроруды. Использование местных агроруд, по нашему мнению, позволяет использовать местные минеральные ресурсы и одновременно уменьшить себестоимость разработанной КГМУ. Для получения КГМУ были использованы разработанные нами гуматизированные минеральные удобрения (ГМУ), содержащие в своем составе: минеральные удобрения (готовые азотные удобрения – аммиачная селитра); гуминовые вещества – гумат натрия, полученные из окисленных бурых углей нашей республики, и микроэлементы.

Первоначальный вариант получения КГМУ включая в себя технология обогащения ГМУ калий содержащим компонентом. В качестве калийсодержащего компонента была использована местная агроруда – глауконитовые глины, содержащий в своем составе К<sub>2</sub>O. Разработанные таким способом КГМУ условно нами были названы ГМУКом. Разработанный таким образом, КГМУ (ГМУКом) были проведены вегетационные и многолетние (в течение 2012–2015 гг.) полевые опыты, по изучению эффективности действие их на хлопчатник с положительным эффектом [4, 5].

Дальнейшие наши исследования по разработке технологии получения КГМУ включали в себя технологию обогащения ГМУК с фосфорсодержащим компонентом. В качестве фосфорсодержащей компоненты были использованы местные агроруды – фосфориты. Таким образом, разработанный нами КГМУ содержит в своем составе: ГМУК (содержит: аммиачную селитру, гумат натрия и микроэлементы, а также глауконит – калиевый компонент) и фосфорный компонент (фосфориты).

Целью исследований являются, во-первых: изучение эффективности дей-

ствия КГМУ на хлопчатник; во-вторых: изучение оптимального соотношения ГМУК и фосфоритов в составе КГМУ с целью разработки КГМУ с оптимальными характеристиками.

В соответствии с целью исследований были поставлены следующие задачи: изучение влияния КГМУ на рост, развитие, урожайность хлопчатника и на технологические свойства хлопковых волокон.

### Материалы и методы исследования

Были проведены многолетние полевые опыты по изучению их эффективности действия КГМУ на хлопчатник сорта «Кыргызский-5».

Полевые опыты проводились на основе изучения влияния КГМУ на развитие и урожайность хлопчатника. Одновременно проводились исследования по изучению качественных характеристик хлопковых волокон.

Полевые опыты проводились на базе опытной станции по хлопководству Кыргызского аграрного университета, Ошская область Кыргызской Республики.

Полевые опыты по изучению влияния КГМУ на хлопчатник проводились в аспекте для нахождения оптимального соотношения между ГМУК и фосфорными удобрениями (фосфоритами), входящими в состав КГМУ. Варианты опыта (схема опытов) приведены в табл. 1.

Варианты опытных исследований проводились трехкратной повторностью. Длина делянки 10,4 м, ширина 2,4 м, площадь 25 м<sup>2</sup>. Расположения делянок опыта в два яруса.

На опытах проводились фенологические наблюдения и опытные замеры в соответствии с методикой полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения [6].

### Результаты исследования и их обсуждение

В данной статье приведены результаты полевых опытных исследований, проведенные в 2016–2017 гг., то есть в течение двух лет.

#### *Фенологические наблюдения за развитием хлопчатника*

В табл. 2 приведены результаты фенологических наблюдений за ростом и развитием хлопчатника по данным опытных исследований, проведенные в 2016 г.

В свою очередь в табл. 3 приведены обобщенные результаты фенологических наблюдений за развитием хлопчатника на основе полевых опытов, проведенных в течение 2016–2017 гг.

Как видно из табл. 3, фенологическими наблюдениями было установлено, что на 1 сентября по набору коробочек контрольный 1 вариант составил – 9,55 шт., а на вариантах 3,4,5 и 6 соответственно: 9,85; 10,15; 10,45; 10,20 шт. Применение КГМУ способствует увеличению количества хлопковых коробочек относительно контрольного варианта 1 ( $N_{300}P_{150}K_{100}$ ) от 3,14% до 9,42%.

Таблица 1

## Схема опытов

№ варианта, опыта	Соотношение, % состава КГМУ	
	ГМУК	Фосфорное удобрение (фосфориты)
1	Контроль (производственный) $N_{300}P_{150}K_{10}$	
2	Контроль (ГМУК)	
3	90	10
4	80	20
5	70	30
6	60	40

Таблица 2

Результаты фенологических наблюдений за развитием хлопчатника сорта «Кыргызский-5» на основе полевых опытов, проведенных в 2016 г.

1 июля			1 августа				1 сентября		
Высота, см	Количество симподии, шт.	Количество завязей, шт.	Высота, см	Количество симподии, шт.	Количество завязей, шт.	Количество коробочек, шт.	Высота, см	Количество коробочек, шт.	Количество раскрытых коробочек, шт.
36,1	3,7	1,7	80,3	9,1	5,3	5,2	85,0	9,0	2,3
39,7	4,2	2,2	80,1	9,8	5,3	5,0	83,3	9,2	2,4
36,6	3,5	1,6	71,3	9,3	5,4	4,8	84,9	9,6	2,6
40,3	3,8	2,4	77,7	10,0	5,7	5,1	84,4	9,8	2,6
39,8	4,5	3,1	71,4	10,9	5,9	5,8	86,3	10,1	2,9
38,8	3,9	2,5	71,8	10,6	5,0	5,7	82,9	9,7	2,7

Таблица 3

Обобщенные результаты фенологических наблюдений за развитием хлопчатника сорта «Кыргызский-5» на основе полевых опытов, проведенных в 2016–2017 гг.

1 июля			1 августа				1 сентября		
Высота, см	Количество симподии, шт.	Количество завязей	Высота, см	Количество симподии, шт.	Количество завязей, шт.	Количество коробочек, шт.	Высота, см	Количество коробочек, шт.	Количество раскрытых коробочек, шт.
44,25	3,00	1,65	73,80	8,65	4,50	4,45	87,55	9,55	2,30
33,45	3,35	2,10	78,25	9,65	4,90	5,25	86,40	9,35	2,35
31,80	3,10	1,75	70,40	9,40	5,40	5,15	85,60	9,85	2,90
33,50	3,15	2,15	77,50	10,15	5,45	5,05	84,45	10,15	2,95
32,90	3,40	2,40	74,55	10,55	6,10	6,25	87,40	10,45	4,50
32,60	3,05	2,10	75,25	10,45	5,15	6,20	84,15	10,20	2,60

В свою очередь, количество раскрытых коробочек в вариантах опыта 3, 4, 5 и 6 соответственно составляют: 2,90; 2,95; 4,50; и 2,60 шт. против контрольного варианта 1 равный – 2,30 шт. Применение КГМУ увеличивает количество раскрытых коробочек хлопчатника. Из табл. 3 видно, что применение КГМУ привело к увеличению количества раскрытых коробочек хлопчатника от 13,04% до 95,65% по сравнению с контрольным вариантом  $1(N_{300}P_{150}K_{100})$ . На основе результатов исследований, приведенных в табл. 3 видно, что по высоте главного стебля хлопчатника, набору коробочек и по числу раскрытых коробочек хлопчатника как в случае табл. 2, в качестве оптимального варианта можно отметить вариант 5.

*Влияние КГМУ на урожайность хлопчатник*

Как ожидалось, положительное влияние КГМУ на развитие способствовало в свою очередь повышению урожайности хлопчатника. Результаты исследований по изучению урожайности хлопчатника сорта «Кыргызский-5» под действием

КГМУ по данным полевых опытов, проведенных в 2017 г., приведены в табл. 4.

В свою очередь в табл. 5 приведены обобщенные результаты исследований по изучению урожайности хлопчатника сорта «Кыргызский-5» под действием КГМУ по данным полевых опытов, проведенных в 2016–2017 гг.

Как видно из табл. 5, применение КГМУ положительно влияет на урожайность хлопчатника. При оптимальных вариантах опыта т.е. вариантах 3, 5 и 6, урожайность хлопчатника составляет соответственно 31,81; 33,30 и 32,36 ц/га по сравнению с производственным контрольным вариантом  $1(N_{300}P_{150}K_{100})$  равным 31,68 ц/га. Увеличение урожайности хлопчатника по вариантам опыта 3, 5 и 6 относительно контрольного варианта 1 составляет от 0,13 ц/га до 1,62 ц/га. Как видно из табл. 5, увеличение урожайности хлопчатника по вариантам опыта 3, 4, 5 и 6 относительно контрольного варианта 2 (ГМУК) соответственно составляют: 1,03; 0,88; 2,52 и 1,58 ц/га. Превышение урожайности хлопчатника по вариантам опыта 3–6 относительно контрольного варианта 2 составляет от 0,88 ц/га до 2,52 ц/га.

**Таблица 4**

Влияние КГМУ на урожай хлопка-сырца, ц/га, по данным полевых опытов, проведенных в 2017 г.

№ варианта	1	2	3	Сумма	Урожайность, ц/га	Отклонение, ц/га	
						относительно 1 контроля	относительно 2 контроля
1	32,5	30,4	31,6	94,5	31,5		
2	31,1	30,5	31,4	93,0	31,0	-0,5	
3	30,9	31,9	32,3	95,1	31,7	+0,2	+0,7
4	31,4	31,7	32,0	95,1	31,7	+0,2	+0,7
5	33,1	32,9	32,4	98,4	32,8	+1,3	+1,8
6	32,9	31,5	31,9	96,3	32,1	+0,6	+1,1

Примечание.  $НСР_{05} = 1,85$ .

**Таблица 5**

Влияние КГМУ на урожай хлопка-сырца (ц/га), по данным полевых опытов, проведенных в 2016–2017 гг.

№ варианта	1	2	3	Сумма	Урожайность, ц/га	Отклонение, ц/га	
						относительно 1 контроля	относительно 2 контроля
1	32,10	31,15	31,80	95,05	31,68		
2	31,25	30,15	30,95	92,35	30,78	-0,90	
3	31,40	31,90	32,15	95,45	31,81	+0,13	+1,03
4	31,75	31,55	31,70	95,00	31,66	-0,02	+0,88
5	33,70	32,90	33,30	99,90	33,30	+1,62	+2,52
6	33,20	32,15	31,75	97,10	32,36	+0,68	+1,58

Примечание.  $НСР_{05} = 0,18$ .

Таблица 6

Влияние КГМУ на технологические свойства хлопковых волокон

Варианты опытов	Выход волокон, %	Крепость волокон, г/с	Номер метрический	Разрывная длина, км	Длина волокон, мм
1	36,50	4,55	5830	26,50	33,00
2	35,25	4,45	5870	26,00	32,20
3	35,55	4,69	5810	26,30	32,50
4	36,60	4,50	5870	26,60	32,65
5	37,00	4,75	5680	26,80	33,10
6	37,00	4,60	5820	26,60	32,70

#### Влияние КГМУ на технологические свойства хлопковых волокон

Наряду с положительным влиянием на урожайность хлопчатника КГМУ положительно влияет на технологические свойства волокон хлопчатника сорта «Кыргызский-5».

Обобщенные результаты исследования по изучению влияния КГМУ на технологические свойства хлопковых волокон по данным полевых опытов, проведенных в 2016–2017 гг., приведены в табл. 6.

Таким образом, согласно данным табл. 6 применение КГМУ наиболее положительно влияет на такие свойства хлопковых волокон, как выход волокон, крепость волокон и разрывная длина волокон. Наиболее оптимальным вариантом опыта является вариант 5. При этом варианте выход волокон, крепость волокон и разрывная длина волокон соответственно составляют 37,00%; 4,75 г/с и 26,80 км. При этом соответствующие параметры контрольного 1 ( $N_{300}P_{150}K_{100}$ ) варианта имеют следующие значения: выход волокон – 36,50%, крепость волокон – 4,55 г/с и разрывная длина волокон – 26,50 км.

#### Выводы

1. На основе полевых опытов было исследовано влияние комплексных гуматизированных минеральных удобрений (КГМУ), содержащих в своем составе: ГМУК (содержит: аммиачную селитру, гумат натрия и микроэлементы, а также глауконит – калиевый компонент) и фосфорный компонент (фосфориты) на хлопчатник сорта «Кыргызский-5».

2. КГМУ благоприятно действует на развитие, созревание и урожайность хлопчатника. КГМУ способствует раннему созреванию хлопчатника. На основе полевых опытов установлено что раскрываемость коробочек хлопчатника возрастает

по сравнению с контрольным вариантом 1 ( $N_{300}P_{150}K_{100}$ ) от 13,04% до 95,65%.

3. В полевых опытах с применением КГМУ установлено увеличение количество коробочек хлопчатника от 3,14% до 9,42%, которое в свою очередь способствовало увеличению урожая хлопчатника от 0,13 ц/га до 1,62 ц/га по сравнению с контрольным вариантом 1 ( $N_{300}P_{150}K_{100}$ ).

4. КГМУ положительно воздействует на такие технологические свойства хлопковых волокон, как выход волокон, крепость волокон и разрывная длина волокон.

5. Полевыми опытами установлено, что наиболее оптимальным составом КГМУ является вариант 5, где соотношение ГМУК – 70% и фосфориты – 30%.

#### Список литературы

1. Волхонов М.С. Теоретические аспекты получения гранулированных гуматизированных органо-минеральных удобрений / М.С. Волхонов, С.В. Курилов, С.А. Полозов // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – 2009. – № 2. – С. 27–30.
2. Гармаш Г.А. Гуматизированные удобрения и их эффективность / Г.А. Гармаш, Н.Ю. Гармаш, А.Б. Берестов // Агрохимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 11–13.
3. Вотолин К.С. Технология получения комплексных гранулированных гуматных удобрений и эффективность их применения / К.С. Вотолин, С.И. Жеребцов, З.Р. Исмагилов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 6. – С. 169–177.
4. Жоробекова Ш.Ж. Влияние комплексных гуматизированных минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность хлопчатника сорта «Кыргызская-5» / Ш.Ж. Жоробекова, Ж.А. Арзиев, Б.С. Жолдошев // Наука. Образование. Техника. Международный журнал. Кыргызско-Узбекский университет. – 2016. – № 2. – С. 87–97.
5. Арзиев Ж.А. Применение комплексных гуматизированных минеральных удобрений для выращивания хлопчатника / Ж.А. Арзиев, Б.С. Жолдошев // Вестник Ошского государственного университета. – 2017. – № 6 (Специальный выпуск). – С. 62–66.
6. Методика полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения / ред.: М.А. Белоусов, З.С. Турсунходжаев, М.П. Меднис и др. – 4-е изд., доп. – Ташкент: Изд. Союз НИХИ, 1973. – 225 с.

УДК 636.52/58:575.174.015.3

## ЭФФЕКТ РАЗЛИЧНЫХ РАЦИОНОВ КОРМЛЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТ АССОЦИАТИВНОГО АНАЛИЗА ПОЛИМОРФИЗМА В ГЕНЕ *MSTN* И РОСТА ЖИВОЙ МАССЫ У МОЛОДНЯКА КУР

Дементьева Н.В., Митрофанова О.В., Кудинов А.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», Санкт-Петербург, e-mail: mo1969@mail.ru*

Современная генетика кур тесно связана с изучением полиморфизма генов, влияющих на рост и развитие птицы. Ген миостатина является одним из генов, ответственных за формирование мышечной массы у высших позвоночных. Целью нашей работы было определить влияние типа кормления на скорость роста курочек пушкинской породы в зависимости от генотипа по замене rs313744840 в гене миостатина. Одна группа кур ( $n = 40$ ) выращивалась на кормах с повышенным содержанием протеина и обменной энергии, другая ( $n = 64$ ) на корме для молодняка несушек. Курочки с генотипом AA, выращиваемые на бройлерных кормах, начали достоверно ( $p < 0,05$ ) отличаться от своих сверстниц с генотипом AG с возраста 28 дней. Это преимущество в росте сохранялось до конца периода кормления кормом с повышенным содержанием протеина и обменной энергии. Для курочек, выращенных на кормах для молодняка кур-несушек, тенденция к преимуществу по живой массе у гомозигот AA наблюдалась до 40-дневного возраста, но отмеченные различия не были достоверными. К возрасту 90 дней эта группа незначительно обогнала гетерозигот AG по живой массе, а от гомозигот GG практически не отличалась. Курочки с генотипом AA, выращенные на корме с повышенным содержанием протеина и обменной энергии, имели достоверно большую живую массу лишь в возрасте 34 дня и 40 дней. Использование корма с повышенным содержанием протеина и обменной энергии позволяет реализовать генетический потенциал птицы.

**Ключевые слова:** куры, пушкинская порода, живая масса, миостатин, ПЦР-ПДФ

## THE EFFECT OF DIFFERENT DIETS OF FEEDING ON THE RESULT OF ASSOCIATIVE ANALYSIS OF POLYMORPHISM IN THE *MSTN* GENE AND GROWTH OF LIVE WEIGHT IN CHICKENS

Dementeva N.V., Mitrofanova O.V., Kudinov A.A.

*Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Sankt-Petersburg, e-mail: mo1969@mail.ru*

Modern genetics of chickens is closely related to the study of polymorphism of genes affecting the growth and development of birds. The *MSTN* gene is coding myostatin protein responsible for the formation of muscle mass in higher vertebrates. The purpose of our studies was to determine the influence of the type of feeding on the growth rate of the Pushkin breed chickens, depending on the genotype of SNP rs313744840 in the myostatin gene. One group of chickens ( $n = 40$ ) was grown on broiler feed fodder the other ( $n = 64$ ) at the stern for laying hens. Chickens with the genotype AA, grown on broiler feed, began to significantly ( $p < 0.05$ ) differ from their peers with the AG genotype from the age of 28 days. This advantage in growth persisted until the end of the feeding period with food with an increased protein content and exchange energy. For chickens grown on feed for young laying hens, a tendency to predominate over live weight in AA homozygotes was observed up to 40 days of age, but the differences noted were not reliable. By the age of 90 days, this group slightly outperformed the heterozygote AG by the live weight, and from the homozygotes of GG was practically the same. Chickens with the AA genotype, grown on the stern with increased protein and metabolic energy, had a significantly large live weight only at the age of 34 days and 40 days. The use of feed with increased protein content and exchange energy makes it possible to realize the genetic potential of the bird.

**Keywords:** chickens, Pushkin breed, live weight, myostatin, PCR-RFLP

Современная генетика кур тесно связана с изучением полиморфизма генов, влияющих на рост и развитие птицы. Это обусловлено тем, что мясо кур является важной составляющей рациона человека, поскольку служит источником белка, аминокислот, витаминов и микроэлементов.

В последние годы внимание исследователей обращено к поиску взаимосвязей между полиморфными вариантами различных генов, ответственных за рост и развитие, и показателями продуктивности птицы.

Ген миостатина, благодаря выработке соответствующего белка, влияет на развитие мускулатуры у высших позвоночных негативным образом [1]. Если по каким-то причинам происходит блокировка пути от гена *MSTN* к мышцам, наблюдается усиленный рост последних. Мутации, приводящие к изменениям последовательности ДНК в различных участках гена *MSTN* встречаются у ряда животных. У высших позвоночных *MSTN* тканеспецифичен, его синтез происходит в скелетных мышцах,

на которые он и оказывает биологические эффекты [2, 3].

Нуклеотидная последовательность гена миостатина полностью прочитана, а также известно, что этот ген включает в себя три экзона и два интрона [4]. Сейчас особое внимание уделяется обнаружению однонуклеотидных замен (SNP) в смысловых участках миостатинового гена, для того, чтобы выявить их ассоциации с признаками продуктивности [5, 6].

Целью нашей работы было определение влияния типа кормления на скорость роста курочек пушкинской породы в зависимости от генотипа по замене rs313744840 в гене миостатина.

### Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужила ДНК, выделенная из крови кур пушкинской породы. Кровь брали с помощью инъекции одноразовым шприцем из подкрыльцовой вены крыла у цыплят в возрасте 3–4 недель и помещали в пробирки объемом 0,5–1,5 мл, содержащие антикоагулянт ЭДТА, который препятствует свертыванию крови, а также обладает консервирующими свойствами. До выделения ДНК образцы хранили в холодильнике при отрицательных температурах, чтобы замораживание жидкой фракции крови привело к разрушению клеточных оболочек. ДНК выделяли по методике с применением для расщепления белков фермента протеиназы К (Сибэнзим, Россия) и дальнейшей очистки с помощью фенола.

При рождении каждый цыпленок помечался специальной крылометкой с индивидуальным номером, который закреплялся за ним на весь период наблюдений. Было сформировано две группы курочек. Одна ( $n = 40$ ) выращивалась на кормах для бройлеров (корм ПК-5, производство Тосненского комбикормового завода) до возраста 63 дня. Другая группа ( $n = 64$ ) – на кормах для молодняка кур-несушек (ПК-4, производство ТККЗ). Оба комбикорма относятся к полнорационным кормам. Корм ПК-5 характеризуется повышенным содержанием протеина (до 20%) и обменной энергии (до 310 ккал в 100 г корма).

Определение живой массы кур проводили путем взвешивания на весах марки «Госметр» в различные периоды жизни: при рождении, в 7, 14, 21, 34, 40, 49, 56, 63 дня. Курочки, выращенные на кормах с повышенным содержанием протеина и обменной энергии, также были взвешены в возрасте 70 дней. А курочки, выращенные на кормах для молодняка кур-несушек, в возрасте 90 дней.

Для определения генотипов использовали полимеразную цепную реакцию (ПЦР) с использованием следующих праймеров: прямой 5'-AAC-CAA-TCG-TCG-GTT-TTG-AC-3' и обратный 5'-CGT-TCT-CTG-TGG-GCT-GAC-TA-3' [5]. С их помощью получали один участок экзона 1 миостатинового гена (AF346599). Продукты амплификации обрабатывали ферментом рестрикции *Hpa*II, разрезающим ДНК в определенной точке. Это замена G/A в положении rs313744840 миостатинового гена.

ПЦР проводили на амплификаторе «BioRad» (США) с использованием реакционной смеси следующего состава: 67 мМ трис-HCl pH 8,6, 2,5 мМ MgCl<sub>2</sub>, 16,6 мМ NH<sub>4</sub>OH, 0,125 мМ каждого из дезоксирибо-

нуклеозидтрифосфатов (dATP, dGTP, dCTP, dTTP), 0,5 мкМ прямого и обратного праймеров, 50–100 нг геномной ДНК и 2,5 ед Taq-полимеразы («Сибэнзим», Новосибирск). Общий объем реакционной смеси составлял 10 мкл. Применяли режим, состоящий из 35 циклов: 30 сек – 94 °С, 30 сек – 60 °С, 30 сек – 72 °С.

Фрагменты ДНК разделяли электрофорезом в течение 1 часа при рабочем напряжении 7,5 В/см в TBE буфере (45 мМ трис-борат, 1 мМ ЭДТА). Процесс проводили с использованием 1,5% агарозного геля, содержащего флуоресцентный краситель бромистый этидий. Смесь после рестрикции вносили в кармашки геля. В качестве маркера, позволяющего оценить длину фрагментов ДНК на геле, использовали pUC19/*Msp*I (Thermo Fisher Scientific). Сигнал фотографировали в системе гель-документации фирмы Кодак.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью пакета программ SigmaPlot.

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате определения генотипов по замене rs313744840 в гене миостатина и расчета взаимосвязи между генотипами и живой массой птицы в разные периоды жизни были обнаружены следующие закономерности.

Оказалось, что курочки с генотипом AA по замене rs313744840 в гене *MSTN*, выращиваемые на кормах для бройлеров, начали достоверно ( $p < 0,05$ ) отличаться от своих сверстниц с генотипом AG с возраста 28 дней (табл. 1). Это преимущество в росте сохранялось до конца периода кормления кормом с повышенным содержанием протеина и обменной энергии.

При анализе птицы, выращенной на корме для молодняка кур-несушек, следует отметить, что для курочек тенденция к преимуществу по живой массе у гомозигот AA по замене rs313744840 в гене миостатина наблюдалась до 40-дневного возраста, но отмеченные различия не были достоверными (табл. 2). В 49 дней эти курочки в среднем имели самую низкую живую массу  $747,636 \pm 50,805$  г ( $n = 10$ ). К возрасту 90 дней эта группа незначительно обогнала гетерозигот AG по живой массе, а от гомозигот GG практически не отличалась.

Если сравнить курочек с генотипом AA по замене rs313744840 в гене миостатина, выращенных на разном корме, то можно отметить, что достоверно большую живую массу они имели лишь в возрасте 34 дня и 40 дней. В остальные периоды наблюдений достоверных различий не отмечено, хотя средние показатели живой массы у курочек, выращенных на бройлерных кормах были выше (табл. 3).

Кормление является важной составляющей в организации содержания и выращивания молодняка кур. В первые месяцы жизни цыплята не только интенсивно растут, но

и происходит формирование всех систем их организма. Для того, чтобы генетический потенциал особи раскрывался полностью, кормление на стадии выращивания должно быть полноценным.

Пушкинская порода кур относится к породам мясо-яичного типа. От нее возможно получать достаточное количество мяса без потери яйценоскости, что делает представителей этой породы привлекательным объектом для птицеводов-любителей [7].

Объем мышечной массы у высших позвоночных связан с работой гена миостатина (*MSTN*). Миостатин – белок, подавляющий рост и дифференцировку мышечной ткани в организме. Он выступает в качестве негативного регулятора массы скелетных мышц и действует по принципу обратной

связи. При возрастании мышечной массы увеличивается секреция миостатина, что тормозит дальнейший рост мышц [1].

Природные мутации, которые снижают количество миостатина и/или подавляют его функции, были выявлены у человека, ряда сельскохозяйственных животных и птиц. Было найдено большое количество SNP в этом гене, влияющих на скорость роста, репродуктивные показатели и качество мяса [4, 8]. В различных породах овец, свиней, собак и кур определены мутации в некодирующих регуляторных областях, что влияет на уровень экспрессии *MSTN*, а следовательно, на рост и объем мышечной массы [9]. Изучалось влияние SNP в этом гене на живую массу в различных условиях выращивания и смертность цыплят [5].

**Таблица 1**

Живая масса в разные периоды жизни курочек пушкинской породы, выращенных на кормах для бройлеров, в зависимости от генотипа по замене rs313744840 в гене миостатина

Возраст цыпленка	Живая масса (г) в зависимости от генотипа по rs313744840 в гене <i>MSTN</i>			P
	AA (n = 14)	AG(n = 18)	GG(n = 8)	
Первые сутки	41,271 ± 0,903	40,161 ± 0,789	42,225 ± 1,022	0,315
7 дней	68,186 ± 2,168	62,868 ± 1,471	70,438 ± 3,588	0,045
14 дней	123,286 ± 4,909 <sup>1</sup>	114,333 ± 3,062 <sup>1</sup>	125,938 ± 8,425	0,203
21 день	211,386 ± 7,585 <sup>1</sup>	189,275 ± 5,818 <sup>1</sup>	204,438 ± 15,7	0,120
28 дней	317,571 ± 9,418 <sup>1</sup>	279,750 ± 9,011 <sup>1</sup>	302,625 ± 21,227	0,049
34 дня	448,429 ± 9,701 <sup>1</sup>	396,05 ± 11,318 <sup>1</sup>	413,688 ± 23,067	0,016
40 дней	608,538 ± 13,445 <sup>1</sup>	537,8 ± 14,291 <sup>1</sup>	562,875 ± 28,443	0,012
49 дней	853,385 ± 19,975 <sup>1</sup>	753,45 ± 18,924 <sup>1</sup>	798,250 ± 29,06	0,005
56 дней	1008,385 ± 22,483 <sup>1</sup>	897,526 ± 21,420 <sup>1</sup>	953,113 ± 30,170	0,005
63 дня	1170,583 ± 28,660 <sup>1</sup>	1040,368 ± 26,117 <sup>1</sup>	1120,857 ± 31,758	0,006
70 дней	1277,75 ± 28,585 <sup>1</sup>	1161,474 ± 25,467 <sup>1</sup>	1200,333 ± 31,218	0,016

Примечание. <sup>1</sup> – достоверно отличающиеся группы, p < 0,05.

**Таблица 2**

Живая масса в разные периоды жизни курочек пушкинской породы, выращенных на кормах для молодняка кур-несушек, в зависимости от генотипа по замене rs313744840 в гене миостатина

Возраст цыпленка	Живая масса (г) в зависимости от генотипа по rs313744840 в гене <i>MSTN</i>			P
	AA (n = 10)	AG(n = 38)	GG(n = 16)	
Первые сутки	40,033 ± 0,679	40,514 ± 0,558	41,469 ± 0,965	0,527
7 дней	66,150 ± 2,203	63,408 ± 1,339	63,931 ± 2,359	0,659
14 дней	113,444 ± 4,534	110,145 ± 2,638	109,406 ± 3,668	0,811
21 день	201,050 ± 6,205	191,295 ± 4,365	193,031 ± 6,629	0,576
28 дней	292,500 ± 12,960	282,00 ± 6,175	287,344 ± 8,509	0,699
34 дня	410,455 ± 13,508	397,263 ± 8,194	400,067 ± 13,134	0,742
40 дней	556,091 ± 19,069	539,308 ± 10,018	536,438 ± 14,453	0,680
49 дней	747,636 ± 50,805	767,513 ± 12,170	761,800 ± 15,801	0,827
56 дней	954,400 ± 32,472	945,128 ± 20,320	961,000 ± 28,967	0,904
63 дня	1174,727 ± 37,291	1154,333 ± 19,218	1138,500 ± 35,171	0,764
90 дней	1425,182 ± 50,701	1397,897 ± 24,629	1416,938 ± 38,430	0,841

Таблица 3

Сравнительный анализ динамики роста живой массы у курочек пушкинской породы с генотипом АА по замене rs313744840 в гене миостатина, выращенных на кормах разного типа

Возраст цыпленка	Живая масса (г) курочек с генотипом АА по rs313744840 в гене MSTN		Значение t-критерия Стьюдента
	Выращенных на корме для молодняка кур-несушек (n = 10)	Выращенных на корме для бройлеров (n = 14)	
Первые сутки	41,271 ± 0,903	40,033 ± 0,679	1,10
7 дней	68,186 ± 2,168	66,150 ± 2,203	0,66
14 дней	123,286 ± 4,909	113,444 ± 4,534	1,47
21 день	211,386 ± 7,585	201,050 ± 6,205	1,05
28 дней	317,571 ± 9,418	292,500 ± 12,960	1,56
34 дня	448,429 ± 9,701 <sup>1</sup>	410,455 ± 13,508	2,28(p < 0,05)
40 дней	608,538 ± 13,445 <sup>1</sup>	556,091 ± 19,069	2,25 (p < 0,05)
49 дней	853,385 ± 19,975	747,636 ± 50,805	1,94
56 дней	1008,385 ± 22,483	954,400 ± 32,472	1,37

Примечание. <sup>1</sup> – достоверно отличающиеся группы, p < 0,05.

Ранее нами уже были выявлены взаимосвязи между живой массой кур и заменой rs313744840 в гене миостатина [6, 8]. Животные, несущие аллель А по этой замене, обладали повышенной скоростью роста.

В проведенном исследовании курочки, выращенные на кормах для бройлеров, с генотипом АА превосходили по живой массе курочек с гетерозиготным генотипом АG (табл. 1). Можно предположить, что у гомозигот АА по изучаемой замене есть значительный потенциал для роста, который не всегда может быть реализован в полной мере на кормах для молодняка кур-несушек (табл. 2). В то же время гомозиготы АА, выращенные на разном корме, отличались друг от друга незначительно.

### Заключение

Курочки с генотипом АА, выращиваемые на бройлерных кормах, начали достоверно (p < 0,05) отличаться от своих сверстниц с генотипом АG с возраста 28 дней. Это преимущество в росте сохранялось до конца периода кормления кормом с повышенным содержанием протеина и обменной энергии. Для курочек, выращенных на кормах для молодняка кур-несушек, тенденция к преимуществу по живой массе у гомозигот АА наблюдалась до 40-дневного возраста, но отмеченные различия не были достоверными. К возрасту 90 дней эта группа незначительно обогнала гетерозигот АG по живой массе, а от гомозигот GG практически не отличалась. Курочки с генотипом АА, выращенные на корме с повышенным содержанием протеина и обменной энергии, имели достоверно большую живую массу лишь в возрасте 34 дня и 40 дней. Использование

корма с повышенным содержанием протеина и обменной энергии позволяет реализовать генетический потенциал птицы.

*Данное исследование выполнено при финансовой поддержке ФАНО России в рамках ГЗ АААА-А18-118021590138-1 с использованием популяций кур из биоресурсной коллекции ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, Санкт-Петербург – Пушкин).*

### Список литературы

1. Lee S.J. Regulation of muscle mass by myostatin // *Annu Rev Cell Dev Biol.* – 2004. – V. 20. – P. 61–86.
2. Yang S., Li X., Liu X. et al. Parallel comparative proteomics and phosphoproteomics reveal that cattle myostatin regulates phosphorylation of key enzymes in glycogen metabolism and glycolysis pathway // *Oncotarget.* – 2018. – № 9 (13). – P. 11352–11370.
3. Ma G., Wang H., Gu X. et al. CARP, a myostatin-down-regulated gene in CFM cells, is a novel essential positive regulator of myogenesis // *International Journal of Biological Sciences.* – 2014. – № 10 (3). – P. 309–320.
4. Baron E.E., Wenceslau A.A., Alvares L.E., Nones K., Ruy D.C., Schmidt G.S., Zanella E.L., Coutinho L.L., Ledur M.C. High level of polymorphism in the myostatin chicken gene // *Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Montpellier, France.* – 2002. – P. 19–23.
5. Bhattacharya T.K., Chatterjee R.N. Polymorphism of the myostatin gene and its association with growth traits in chicken // *Poultry Science.* – 2013. – V. 92 (4). – P. 910–915.
6. Mitrofanova O.V., Dementeva N.V., Krutikova A.A. et al. Association of polymorphic variants in MSTN, PRL, and DRD2 genes with intensity of young animal growth in Pushkin breed chickens // *Cytology and Genetics.* – 2017. – V. 51(3). – P. 179–184.
7. Юрченко О.П., Макарова А.В., Вахрамеев А.Б. Гетерогенный подбор при разведении пушкинской породы кур // *Генетика и разведение животных.* – 2017. – № 3. – С. 51–57.
8. Dementeva N.V., Mitrofanova O.V., Tyshchenko V.I. et al. The rate of weight gain and productivity of a chicken broiler cross with various polymorphic types of the myostatin gene // *Russian Journal of Genetics: Applied Research.* – 2017. – V. 7. – № 1. – P. 1–5.
9. Hu W., Chen S., Zhang R. Yushuang L. Single nucleotide polymorphisms in the upstream regulatory region alter the expression of myostatin // *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Animal.* – 2013. – V. 49. – P. 417–423.

УДК 635.21/24:581.1

**О КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ  
ТОПИНАМБУРА (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.)  
И СУММОЙ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕМПЕРАТУР**

**<sup>1</sup>Партоев К., <sup>1</sup>Ахмедов Х.М., <sup>1</sup>Сафармади М., <sup>1</sup>Нихмонов И., <sup>2</sup>Садридидинов С.**

*<sup>1</sup>Центр инновационного развития науки и новых технологий Академии наук  
Республики Таджикистан, Душанбе, e-mail: pkurbonali@mail.ru;*

*<sup>2</sup>Институт экономики и демографии Академии наук Республики Таджикистан,  
Душанбе, e-mail: sadridinovs2018@mail.ru*

В будущем в процессе выведения новых перспективных генотипов топинамбура знание влияния различных агроэкологических факторов среды на полигенные признаки топинамбура имеет большое научно-практическое значение. В связи с этим была поставлена задача изучить особенности роста и развития различных генотипов топинамбура в зависимости от выращивания их в различной вертикальной зональности Республики Таджикистан. Исходные материалы для исследований нами были получены из коллекции Института ботаники, физиологии и генетики растений Академии наук Республики Таджикистан (ИБФ и ГР АН РТ), Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства (ВИР, Майкопская опытная станция Республики Адыгея) и Кубанского аграрного университета (Россия). Научные работы по изучению особенностей роста и развития, а также проявления ряда морфологических полигенных признаков различных генотипов топинамбура были проведены в течение 2015–2017 гг. в различных агроэкологических условиях Республики Таджикистан: Васейский район – 470 метров над уровнем моря (н.у.м.), Вахшский район – 600 м н.у.м., и в городе Душанбе – 840 м н.у.м., Муминабадский район – 1200 м н.у.м., Раштский район – 1800 м н.у.м., Ляхский район – 2000 м н.у.м. и город Вахдат (участок Канаск) – 2550 м н.у.м. Установлено, что продуктивность различных сортообразцов топинамбура зависит от высоты над уровнем моря и сумме эффективных температур. Определено, что по мере возвышения высоты над уровнем моря наблюдается пропорциональное уменьшение суммы эффективных температур (свыше 10 °С) и это в свою очередь вызывает уменьшение продуктивности растений. Наибольшее количество суммы эффективных температур наблюдается в южной части республики на высоте 470 м над уровнем моря в условиях Васейского района (2700 °С), а наименьшее количество суммы эффективных температур наблюдается в высокогорьях Центрального Таджикистана, в условиях города Вахдат на участке Канаск на высоте 2550 м над уровнем моря (480 °С). Показано, что с увеличением суммы эффективных температур наблюдается значительное увеличение массы стеблей и листьев, массы корней, массы клубней и общей биомассы растений топинамбура. Корреляционная связь между суммой эффективных температур и этими полигенными признаками топинамбура положительно высокая ( $r = 0,991-0,996$ ). Установлено, что наиболее подходящими зонами для возделывания и получения высокой урожайности топинамбура в условиях Таджикистана являются районы, расположенные на высотах от 460 до 1000 м над уровнем моря, с общей суммой эффективных температур во время вегетации растений от 1800 до 2700 °С.

**Ключевые слова:** Таджикистан, топинамбур, экология, продуктивность, корреляция, сумма эффективных температур

**ABOUT CORRELATION RELATION BETWEEN PRODUCTIVITY  
OF THE SUN ARTICHOKE (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.)  
AND SUM OF EFFECTIVE TEMPERATURES**

**<sup>1</sup>Partoev K., <sup>1</sup>Akhmedov Kh.M., <sup>1</sup>Safarmadi M., <sup>1</sup>Nikhmonov I., <sup>2</sup>Sadrididinov S.**

*<sup>1</sup>Center of innovative development of science and new technologies of Academy of Sciences  
of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, e-mail: pkurbonali@mail.ru;*

*<sup>2</sup>Institute of economy and demography of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,  
Dushanbe, e-mail: sadridinovs2018@mail.ru*

In the future in the course of removal of new perspective genotypes of a sun artichoke knowledge influence of various agro ecological factors of the environment on a number of polygenic signs of a sun artichoke has great scientific and practical value. In this regard the task to study features of growth and development of various genotypes of a sun artichoke depending on cultivation them in various vertical zonality of the Republic of Tajikistan was set. We were received by initial material for researches from a collection of Institute of botany, plant physiology and genetics of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan (IBPF and GP AN RT), from the All-Russian Research Institute of crop production (VIR, the Maykop experimental station) and Kuban agricultural university (Russia). Scientific works on studying of feature of growth and development and also manifestation of a number of morphological polygenic features of various genotypes of a sun artichoke were carried out during 2015-2017 in various agro ecological conditions of the Republic of Tajikistan: Vase district – 470 m; The Vakhsh district – 600 m; city of Dushanbe-840 m; Muminabad district-1200 m; Rasht district-1800 m; Lyakhsh district-of-2000 m; city of Vahdat (site Kanask) of-2550 m above sea level. It is established that efficiency of various sumpless of a sun artichoke to depend on height above sea level and the sum of effective temperatures. It is defined that in process of increase in height proportional reduction of the sum of effective temperatures is above sea level observed (over 10 °C) and it in turn causes reduction of efficiency of plants. The greatest number of the sum of effective temperatures is observed in the southern part of the republic at the height of 470 m above sea level in the conditions of Vase district (2700 °C), and the smallest number of effective temperatures is observed in the conditions of highlands of the Central Tajikistan, in the conditions of the city of Vahdat on the site Kanask at the height of 2550 m above sea level (480 °C). It is defined that with increase in the sum of effective temperatures significant increase in mass of stalks and leaves, mass of roots, mass of tubers and the general biomass of plants of a girasol is observed. Correlation communication between the sum of effective temperatures and these polygenic signs of a girasol positively high ( $r = 0,991 - 0,996$ ). It is established that the most suitable zones for cultivation and obtaining high productivity of sun artichoke in the conditions of Tajikistan are areas, located at the heights from 460 to 1000 m above sea level, with the total amount of effective temperatures during vegetation of plants from 1800 to 2700 °C.

**Keywords:** Tajikistan, sun artichoke, ecology, efficiency, correlation, sum of effective temperatures

Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – высокоурожайная сельскохозяйственная культура. В условиях Нечерноземья Российской Федерации урожайность зеленой массы может достигать 60,0 т/га, а клубней – 40,0 т/га, обеспечивать выход 7,5–10,0 т/га кормовых единиц и 6,0–6,8 ц/га перевариваемого протеина. Топинамбур отличается высокими питательными качествами благодаря наличию в нем ценных компонентов химического состава. Клубни содержат 18–22% сахаров, до 2,5% протеина, витамины группы В и С. В минеральном составе зольных элементов содержится до 6% фосфора, свыше 5% железа, что делает клубни особенно ценным кормом для молодняка. Зеленая масса содержит до 20–25% сухого вещества [1]. В него входит углеводный комплекс, значительную долю которого занимает особый вид углевода – инулин, перерабатывающийся в организме животных в легкоусвояемую фруктозу, а также содержатся полноценный протеин (который представлен 16 аминокислотами, в том числе 8 незаменимыми), а также витамины и клетчатка [2].

В некоторых зонах Российской Федерации на основе проведенных исследований установлено влияние ряда агроклиматических факторов среды на рост и развития растений картофеля. В частности, температура воздуха свыше 15 °С способствовала быстрому прохождению наиболее метеозависимых фаз развития растений картофеля [3]. Наряду с этими группа ученых сообщает о существенном влиянии ряда агроэкологических факторов среды (температура, осадки и влажность воздуха) на рост, развитие и продуктивность разных генотипов картофеля [4].

Агроэкологические факторы среды имеют большую амплитуду в различных условиях долинной и горной зоны Таджикистана, и эти факторы по-разному влияют на рост и развитие различных сельскохозяйственных культур. В частности, авторы [5] информируют, что между такими признаками топинамбура, как высота стебля, количество листьев, количество клубней и продуктивность, наблюдается прямая средняя корреляционная связь в зависимости от зоны возделывания.

Знание влияния различных агроэкологических факторов среды на ряд полигенных признаков топинамбура имеет большое научно-практическое значение в процессе выведения новых перспективных генотипов топинамбура в будущем.

Цель настоящей работы состояла в изучении особенностей роста и развития различных генотипов топинамбура в зави-

симости от выращивания их в различной вертикальной зональности Республики Таджикистан.

Исходным материалом для проведения наших исследований служили элитные и сортовые семенные клубни (I–II-ой семенной репродукции) различных генотипов/сортов топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.). Исходные материалы нами были получены из коллекции Института ботаники, физиологии и генетики растений Академии наук Республики Таджикистан (ИБФГР АН РТ), Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства (ВИР, Майкопская опытная станция, Республика Адыгея) и Кубанского аграрного университета (Россия). Научные работы по изучению особенности роста и развития, а также проявления ряда морфологических полигенных признаков различных генотипов топинамбура были проведены в течение 2015–2017 гг. в различных агроэкологических условиях Республики Таджикистан: Васейский район – 470 метров над уровнем моря (н.у.м.), Вахшский район – 600 м.н.у.м., и в городе Душанбе – 840 м.н.у.м., Муминабадский район – 1200 м.н.у.м., Раштский район – 1800 м.н.у.м., Ляхшский район – 2000 м.н.у.м., город Вахдат (участок Канаск) – 2550 м.н.у.м.

Количество изученных сортообразцов топинамбура в этих районах составило 16–20 шт. Сортообразцы топинамбура выращивались на основе общепринятой агротехники для каждой агроэкологической зоны. В зависимости от высоты над уровнем моря клубни генотипов/сортов топинамбура высаживались в течение марта – апреля по схеме посадки 70х35 см. Сортообразцы топинамбура были посажены в четырехкратной повторности, по 20 клубней в каждой делянке. Общее количество растений с каждого генотипа/сорта составило по 80 растений. Во время вегетации генотипов/сортов топинамбура были проведены следующие агротехнические работы: внесение минеральных удобрений ( $N_{100}P_{150}K_{80}$  кг/га), два раза междурядные обработки (вручную), культивации междурядий, окучивание рядов и 5–7 вегетационных поливов. Стандартным сортом топинамбура служил сорт «Интерес» (селекции России). Во время вегетации топинамбура были проведены следующие фенологические учёты и наблюдения: учет всходов, высота растений в разных фазах развития растений, количество листьев, количество стеблей, масса корней, количество клубней, масса клубней, общая биомасса растений. Сведения о среднесуточной температуре воздуха, суммы эффективных температур (свыше 10 °С)

и количестве осадков были взяты из Государственного учреждения «Метеостанция» города Душанбе Республики Таджикистан. Статистическая обработка данных была проведена по [6] с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2007.

В различных экологических зонах, где были проведены наши исследования, наблюдается существенное влияние таких агроэкологических условий местности, как высота над уровнем моря и сумма эффективных температур на формирование различных полезных признаков топинамбура (таблица).

Как видно из таблицы, такие полигенные признаки топинамбура, как масса стеблей и листьев, масса корней, масса клубней и общая биомасса растений, сильно меняются в зависимости от вертикальной зональности нахождения над уровнем моря и суммы эффективных температур. За вегетационный период растений с повышением высоты над уровнем моря наблюдается пропорциональное уменьшение суммы эффективных температур (свыше 10 °С). Наибольшее количество суммы эффективных температур наблюдается в южной части республики на высоте 470 м над уровнем моря в условиях Васейского района (2700 °С), а наименьшее количество эффективных температур наблюдается в условиях высокогорья Центрального Таджикистана, в условиях города Вахдат на участке Канаск на высоте 2550 м над уровнем моря (480 °С).

Нами установлено, что связь между суммой эффективных температур, массой стеблей и листьев, массой клубней и общей биомассой растений топинамбура сильно положительная (рис. 1–3).

Как видно из рис. 1–3, с увеличением суммы эффективных температур наблюдается значительное увеличение массы стеблей и листьев, массы клубней и общей

биомассы растений топинамбура. Корреляционная связь между суммой эффективных температур и такими признаками топинамбура, как масса стеблей и листьев, масса клубней и общая биомасса, положительно высокая ( $r = 0,991–0,995$ ).

Необходимо отметить, что в условиях Республики Таджикистан важным фактором получения высокой продуктивности топинамбура является сумма эффективных температур. Выращивание топинамбура в наиболее жарких районах республики, особенно в условиях зон возделывания, расположенных на высотах от 470 до 1000 м над уровнем моря, где сумма эффективных температур в течение вегетации топинамбура (май – сентябрь) составляет свыше 1800–2700 °С, способствует получению высокой общей биомассы этой культуры. Такая сумма эффективных температур в течение вегетации растений оказывает положительное влияние на формирование таких полезных генетических признаков растений топинамбура, как масса стеблей и листьев, масса корней, масса клубней и общая биологическая масса растений.

Общая сумма эффективных температур имеет прямую положительную корреляционную связь с такими признаками растений топинамбура, как масса стеблей и листьев, масса клубней и общая биомасса растений. Начиная с высоты над уровнем моря от 1200 до 2550 м наблюдается уменьшение суммы эффективных температур, что приводит к пропорциональному уменьшению общей биомассы растений топинамбура, по сравнению с вертикальной зональностью от 460 до 1000 м над уровнем моря.

Как показали наши исследования, высота над уровнем моря также существенно влияет на урожайность клубней и общую биомассу сортообразцов топинамбура (рис. 4).

Местность, сумма эффективных температур и продуктивность топинамбура (среднее за 2015–2017 гг.)

Местность и высота над уровнем моря, м	Эффективная температура за вегетацию, °С	Масса стеблей и листьев, г/раст.	Масса корней, г/раст.	Масса клубней, г/раст.	Биомасса, г/раст.
Васейский район – 470	2700	1084	289	866	2239
Вахшский район – 600	2400	980	230	760	1970
г. Душанбе – 840	1800	893	200	650	1743
Муминабадский район – 1200	1200	623	180	460	1263
Раштский район – 1800	900	540	150	350	1040
Ляхшский район – 2000	750	490	120	310	920
Участок Канаск – 2550	480	380	80	210	670
Среднее	1461	713	178	515	1406
<b>НСР<sub>05</sub></b>	–	<b>117</b>	<b>34.8</b>	<b>109</b>	<b>262</b>

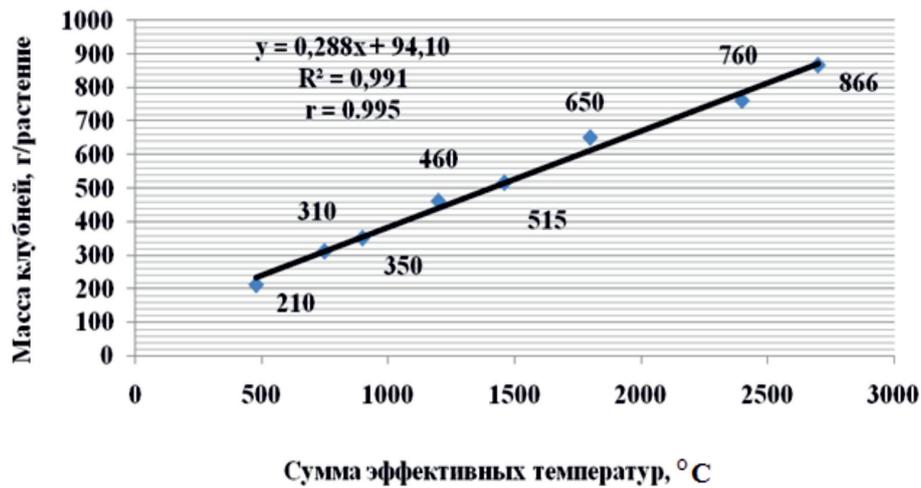


Рис. 1. Корреляционная связь между суммой эффективных температур, массой стеблей и листьев топинамбура

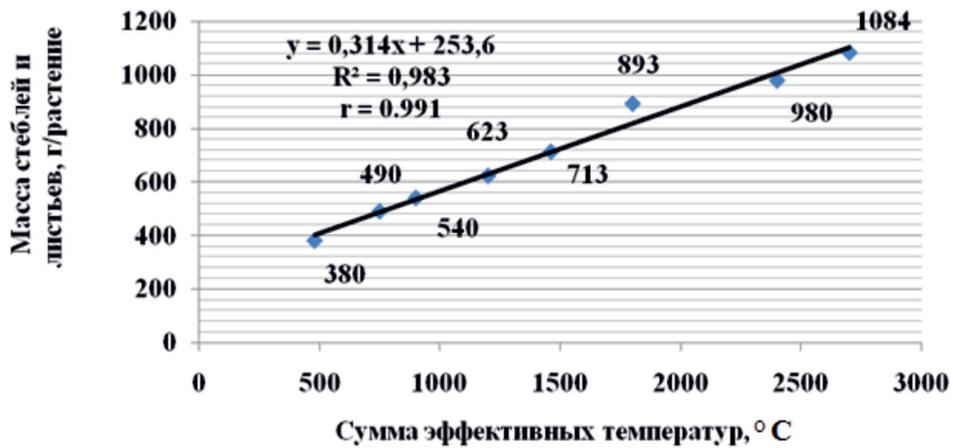


Рис. 2. Корреляционная связь между суммой эффективных температур и массой клубней топинамбура

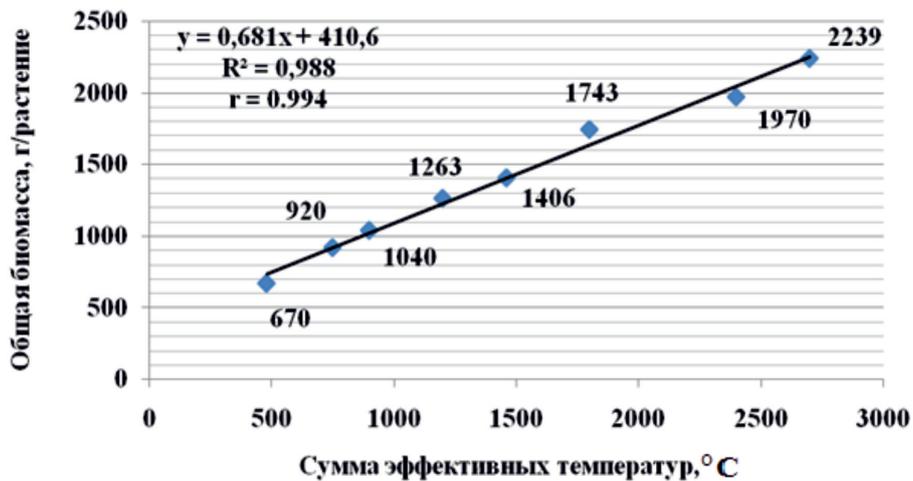


Рис. 3. Корреляционная связь между суммой эффективных температур и общей биомассой растений топинамбура

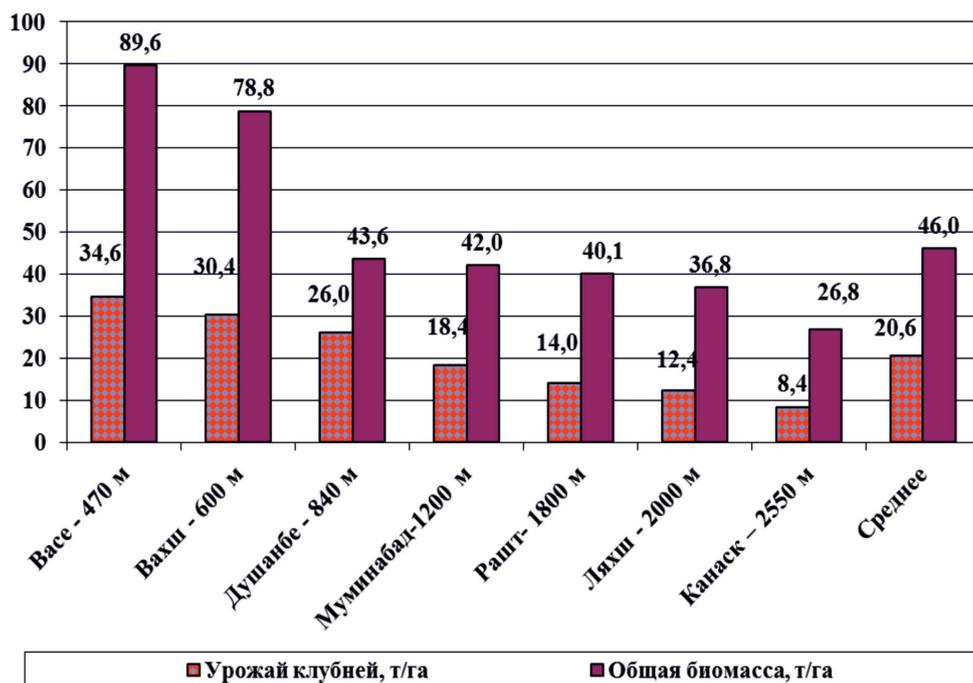


Рис. 4. Урожай клубней и общей биомассы топинамбура в зависимости от высоты над уровнем моря (среднее за 2015–2017 гг.)

Как видно из рис. 4, урожайность клубней сортообразцов топинамбура на высотах от 470 м до 840 м над уровнем моря колеблется в пределах 34,6 до 26,0 т/га, а на высотах 1200 до 2000 м составляет от 18,4 до 12,4 т/га. Сравнительно низкий урожай клубней топинамбура наблюдается на высоте 2550 м над уровнем моря – всего лишь 8,4 т/га.

Таким образом высота над уровнем моря по мере нарастания от 470 м до 2550 м вызывает уменьшение урожайности клубней топинамбура от 34,6 т/га до 8,4 т/га или же уменьшение урожайности клубней на высоте 2550 м в 4,11 раза, чем на высоте 470 м над уровнем моря (или же в более чем в 300%). Следовательно, на высоте 2550 м из-за низкой суммы эффективных температур наблюдается существенное снижение урожайности сортообразцов топинамбура, по сравнению с возделыванием топинамбура на высотах 470–840 м над уровнем моря. В среднем урожайность клубней сортообразцов топинамбура в различных уровнях от высоты над уровнем моря составляет 20,6 т/га, что говорит о высоком потенциале растений топинамбура по урожайности клубней в условиях Республики Таджикистан, что может играть важную роль в обеспечении продовольственной безопасности в перспективе.

Анализ урожайности общей биомассы топинамбура также показывает влияние положительного эффекта высоты над уровнем моря на данный полигенный признак топинамбура. Например, если общая биомасса сортообразцов топинамбура на высотах 470 м и 600 м над уровнем моря соответственно составляет 89,6 т/га и 78,8 т/га, то этот показатель на высотах 2000 и 2550 м соответственно составляет 36,8 и 26,8 т/га или же в 2,43 и 2,9 раза меньше, чем на высотах 470 и 600 м над уровнем моря. Однако по урожайности общей биомассы сортообразцы топинамбура на высотах 840, 1200 и 1800 м над уровнем моря мало отличаются между собой (разность составляет в пределах 1,6–3,5 т/га или же 3,3–8,5%).

Таким образом, в условиях Республики Таджикистана средняя урожайность общей биомассы сортообразцов топинамбура при их выращивании на высотах от 470 м до 2550 м над уровнем моря составляет 46 т/га, что позволяет считать топинамбур важным биоресурсом для поддержки кормовой базы в животноводстве. Наиболее подходящими зонами для возделывания и получения высокой урожайности топинамбура в условиях Таджикистана являются районы, расположенные на высотах от 460 до 1000 м над уровнем моря, с общей суммой эффектив-

ных температур во время вегетации растений от 1800 до 2700 °С.

#### Список литературы

1. Шаззо Р.И. Топинамбур: биология, агротехника выращивания, место в экосистеме, технологии переработки (вчера, сегодня, завтра) / Р.И. Шаззо, В.Г. Кайшев, Р.А. Гиш Екутеч, Р.И. Корнена. – Краснодар, 2013. – 184 с.
2. Сафарзода Р.Ш. Исследование аминокислотного состава травы топинамбура, культивируемого в Таджикистане / Р.Ш. Сафарзода Д.Р. Халифаев Д.М. Попов // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2014. – № 3. – С. 134–136.
3. Новикова Л.Ю. Проявление хозяйственно ценных признаков у сортов картофеля (*Solanum L.*) при изменении климата на европейской территории России / Л.Ю. Новикова, С.Д. Киру, Е.В. Рогозина // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 1. – С. 75–83.
4. Монохов М.С. Экологическая изменчивость продуктивности картофеля в Горном Алтае / М.С. Монохов, Т.А. Стрельцова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 8. – С. 31–40.
5. Корреляционная связь между признаками топинамбура / К. Партоев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6. – С. 36–37.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 368 с.

УДК 631.35

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ОЧЁСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА КАЧЕСТВО ОЧЁСА

**Сахаров В.А., Кувшинов А.А., Мазнев Д.С., Панасюк А.Н.**

*ФГБНУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», Благовещенск, e-mail: pzrk\_igla1992@mail.ru*

Преимуществами уборки сельскохозяйственных культур методом очёса являются: накопление почвенной влаги на полях, убранных очёсом; повышение производительности уборочного процесса; снижение зависимости от погодных условий; сокращение некоторых видов сорных растений и их количества на полях. Уборка очёсом является не просто отдельным процессом продуктового адаптера, но собственно совершенной технологией, представляющей собой комплексную систему сбора и обработки урожая и подготовки поля. В целях изучения возможности использования метода очёса при уборке сои проведены исследования тремя конструкциями гребенок при различных режимах работы трактора Т-150К с экспериментальной очёсывающей жаткой. Проведен анализ потерь за ЛПУ и потерь от неочёса при изменении частоты очёсывающего барабана и рабочей скорости движения, получены уравнения регрессии и построены поверхности отклика по видам потерь. Намечены действия для дальнейших исследований, направленные на снижение потерь после прохода жатки и представлена схема доработанной экспериментальной очёсывающей жатки, которая имеет следующие особенности: использование бitera; уменьшенный диаметр очёсывающего барабана; измененная форма корпуса; использование гребенок с изменяемой кинематикой движения, что позволяет найти оптимальные конструктивно-режимные параметры очёсывающей жатки, отвечающие агротехническим требованиям на механизированную уборку сои.

**Ключевые слова:** уборка, метод очёса, соя, гребенка

## INFLUENCE OF REGIME PARAMETERS OF THE COMBING DEVICE ON THE QUALITY OF THE FLOCK

**Sakharov V.A., Kuvshinov A.A., Maznev D.S., Panasyuk A.N.**

*Far Eastern Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Blagoveshchensk, e-mail: pzrk\_igla1992@mail.ru*

The benefits of harvesting crops with the method of the flock are: the accumulation of soil moisture in the fields, cleaned the flock; improving the performance of the harvest process; reducing dependence on weather conditions; the reduction of certain types of weeds and their number in the fields. In order to explore the possibility of using the flock at harvest of soybean conducted research in three designs combs for different modes of operation of the tractor T-150K with the experimental the combing header. The analysis of losses in health facilities and losses from not a flock when you change frequency the combing drum and the working speed, the resulting regression equation and the response surface for the loss. Planned actions for further research aimed at the reduction of losses after passage of the harvester and the scheme of the modified experimental the combing of the header, which has the following features: use of the beater; the reduced diameter of the combing drum; a modified form of housing; the use of combs with variable kinematics of movement.

**Keywords:** harvesting, method of flock, soybean, comb

Существенной разницей между технологией уборки комбайнами «классической» компоновки и технологией уборки очёсом является то, что при очёсе стерня остается на поле и решает вопросы влагосбережения и влагонакопления [1].

Для Дальнего Востока (и, в частности, для Амурской области), где весной ощущается дефицит влаги, этот способ особенно актуален. Поля, убранные очёсом, могут успешно обрабатываться дискованием (двойным проходом агрегатов), либо при необходимости засеиваться последующими культурами с применением стерневых сеялок без предварительной обработки почвы. В этом случае стеблестой защищает почву от разогрева солнечными лучами и испарения влаги.

Пожнивные остатки формируют почвозащитное покрытие. Оно противостоит эро-

зии почвы, сохраняет влагу, препятствуют развитию сорняков. Мульча из пожнивных остатков создает разность температур – воздуха и верхнего слоя почвы, что обуславливает появление конденсата на поверхности поля (так называемый «сухой полив»), играет роль температурного стабилизатора и позволяет воздуху свободно циркулировать в системе «почва – атмосферный воздух».

Уборка очёсом является не просто отдельным процессом продуктового адаптера, но собственно совершенной технологией, представляющей собой комплексную систему сбора и обработки урожая и подготовки поля [2, 3]. Главное – она позволяет возделывать сою и зерновые культуры по стерне. Такая совершенная технология предусматривает выполнение только четырех основных агротехнических операций:

внесение гербицидов (глифосатов) перед посевом (с осени или весной); посев семян специальной сеялкой для прямого посева, не разрушая поверхности поля; внесение гербицидов по вегетации и уборку [4, 5].

Еще одно преимущество уборки очёсом – повышение производительности и снижение зависимости от погодных условий, принципиальная возможность осенней обработки почвы из-под сои за счет сокращения сроков уборки.

Цель работы: изучить возможность использования метода очёса при уборке сои.

### Материалы и методы исследования

Объект исследования – технологическая уборка сои, осуществляемая очёсывающей жаткой. Проведены

полевые исследования разработанными в ФБГНУ ДальНИИМЭСХ конструкциями очёсывающих гребенок на сорте сои «Лидия»:

– гребенка, изогнутая по эвольвенте, имеющая толщину 4 мм и радиальный паз диаметром 10 мм (рис. 1, вид а);

– плоская гребенка, имеющая толщину 4 мм, радиальный паз диаметром 10 мм и заточку боковых зубьев 45° (рис. 1, вид б);

– гребенка, изогнутая по эвольвенте, имеющая толщину 2 мм и радиальный паз диаметром 5 мм (рис. 1, вид в).

Частота вращения очёсывающего барабана задавалась значениями: 250 об/мин; 350 об/мин; 450 об/мин на разных скоростях движения трактора: 5 км/час, 7 км/час, 9 км/час.

Экспериментальная очёсывающая жатка агрегировалась с трактором Т-150К (рис. 2).

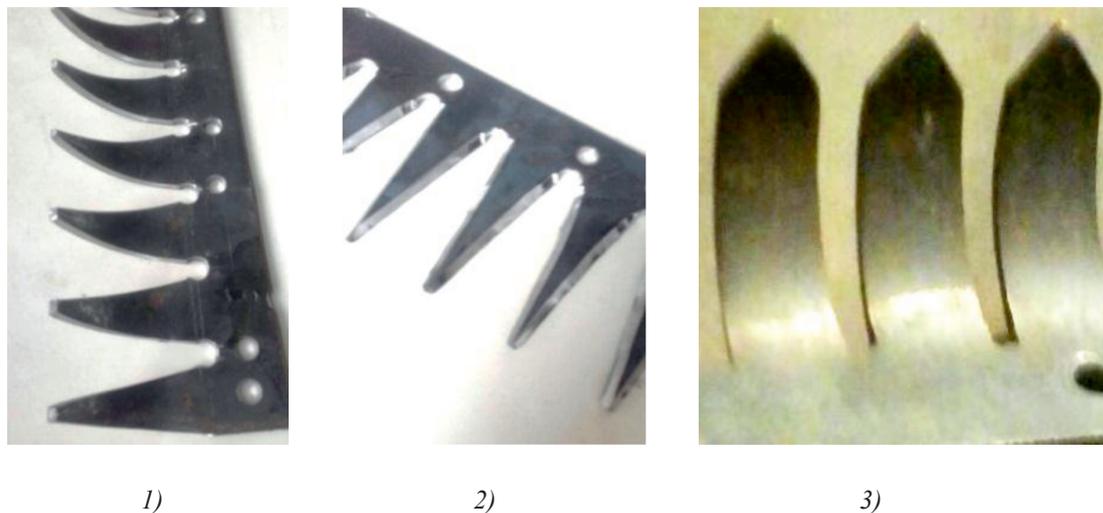


Рис. 1. Варианты очёсывающих гребенок: 1) изогнутая гребенка, 2) плоская гребенка, 3) изогнутая гребенка



Рис. 2. Работа Т-150К с экспериментальной очёсывающей жаткой на опытном поле

В зависимости от высоты растения сои обтека- тель очёсывающей жатки устанавливался относи- тельно барабана с регулировкой по вертикали и го- ризонтالي для выбора оптимального угла наклона стебля при захвате его гребенками в зоне прикреплени- я первого нижнего боба от поверхности почвы.

**Результаты исследования и их обсуждение**

В результате проведенного эксперимента установлено, что гребенка, изогнутая по эвольвенте толщиной 4 мм и с радиальным пазом, показала лучшие результаты по очё- су растений сои.

В результате отсеивающего эксперимента был проведен анализ потерь от неочёса и получено уравнение регрессии (1).

$$P_H = 71,985 - 7,643 \cdot v_p - 0,166 \cdot n + 0,01875 \cdot v_p \cdot n. (1)$$

Дополнительно был проведен эксперимент для нахождения потерь после прохода экспери- ментальной очёсывающей жатки (табл. 2).

После обработки результатов двухфак- торного эксперимента было получено урав- нение регрессии (2).

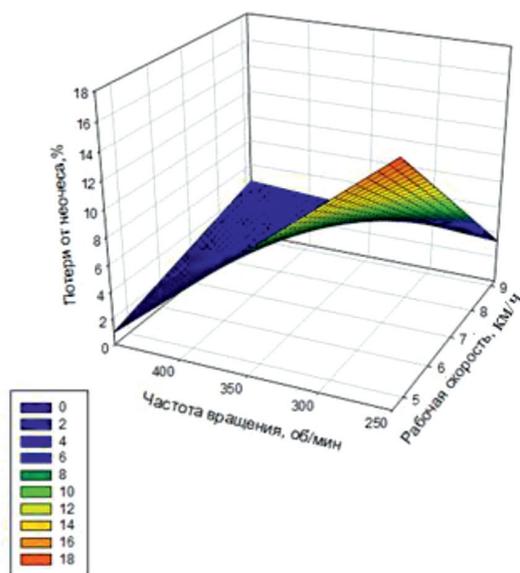
$$P_{III} = -535,145 + 170,165 \cdot v_p + 197,595 \cdot n - 11,805 \cdot v_p^2 - 16,474 \cdot n^2 - 61,016 \cdot v_p \cdot n. (2)$$

При наложении сечений поверхностей отклика (рис. 5), установлены предвари- тельные режимы работы очёсывающей жат- ки: рабочая скорость – 7–7,5 км/ч, обороты очёсывающего барабана – 330–370 об/мин. Показатели потерь от неочёса при этих ре- жимах составляют 5,5–6,5%, потери за экс- периментальной жаткой – 12–12,8%.

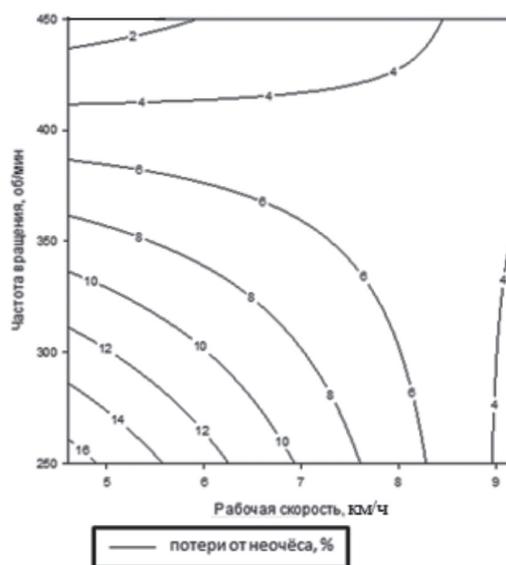
**Таблица 1**

Результаты потерь от неочёса (гребенка 1)

Факторы в натуральном масштабе			Факторы в безразмерной системе				Выход (потери от неочёса, %)			Y <sub>иср</sub>
№ опыта	X <sub>1</sub> , скорость, км/ч (v <sub>p</sub> )	X <sub>2</sub> , обороты, об/мин (n)	x <sub>0</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> ·x <sub>2</sub>	y <sub>i</sub> <sup>1</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>3</sup>	
1	4,6	250	+1	-1	-1	+1	16,74	17,31	15,98	16,74
2	9,2	250	+1	+1	-1	-1	2,38	3,74	2,83	2,98
3	4,6	450	+1	-1	+1	-1	1,07	0,79	0,95	0,94
4	9,2	450	+1	+1	+1	+1	4,29	4,91	4,72	4,64



а)



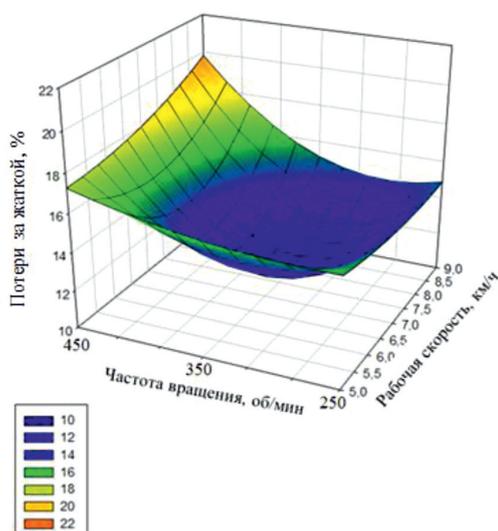
б)

Рис. 3. Графическое описание двухфакторного эксперимента 2<sup>2</sup>: а) поверхность отклика потерь от неочёса, б) сечение поверхности отклика

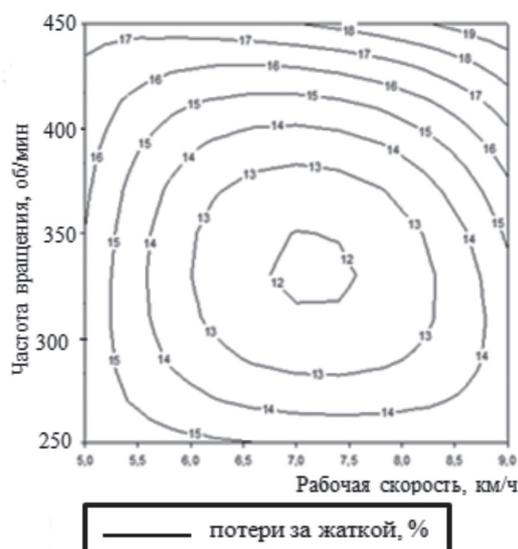
Таблица 2

Результаты потерь за жаткой (гребенка 1)

Факторы в натуральном масштабе			Факторы в безразмерной системе				Выход (общие потери, %)			$Y_{иср}$
№ опыта	$X_1$ , скорость, км/ч ( $v_p$ )	$X_2$ , обороты, об/мин ( $n$ )	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1 \cdot x_2$	$y_1^1$	$y_1^2$	$y_1^3$	
1	4,6	250	+1	-1	-1	+1	15,82	15,43	16,13	15,8
2	9,2	250	+1	+1	-1	-1	16,31	14,44	15,16	15,3
3	4,6	450	+1	-1	+1	-1	16,24	18,54	18,02	17,6
4	9,2	450	+1	+1	+1	+1	20,99	20	21,39	20,79
5	7	350	+1	0	0	0	11,68	11,82	13,72	12,4
6	9,2	350	+1	+1	0	0	17,61	15,88	13,91	15,8
7	7	450	+1	0	+1	0	19,31	17,92	18,95	18,7
8	4,6	350	+1	-1	0	0	14,48	18,83	15,38	16,2
9	7	250	+1	0	-1	0	17,32	14,51	13,92	15,2



а)



б)

Рис. 4. Графическое описание эксперимента  $3^2$ :

а) поверхность отклика потерь за жаткой, б) сечение поверхности отклика

Следующие этапы исследований будут направлены на снижение общих потерь после прохода очёсывающей жатки до норм, установленных агротребованиями на уборку сои.

Разработана конструкция модернизированной экспериментальной очёсывающей жатки, конструктивные особенности которой предусматривают:

- использование битера;
- уменьшение диаметра барабана;
- использование гребенок с изменяемой кинематикой движения;
- изменение формы камеры очёсывающей жатки.

#### Выводы

Проведённые испытания экспериментальной очёсывающей жатки показали, что

уборка сои очёсом на корню возможна. Выбрана форма гребёнки в виде изогнутого по эвольвенте зубчатого гребня с диаметральным пазом 10 мм у основания. Гребенка позволяет наиболее полно и качественно производить очёс сои, практически исключая защемление пучков стеблей и их обрыв. Зубья гребёнки загнуты по эвольвенте, что обеспечивает не только качественный очёс бобов сои, но и придаёт направление движения продуктам очёса. По результатам полевых экспериментов обоснованы режимные параметры очёсывающей жатки: обороты очёсывающего барабана в пределах 330–370 об/мин, рабочая скорость агрегата 7–7,5 км/час. Установка битера, изменение кинематики движения очёсывающей гребенки и уменьшение диаметра

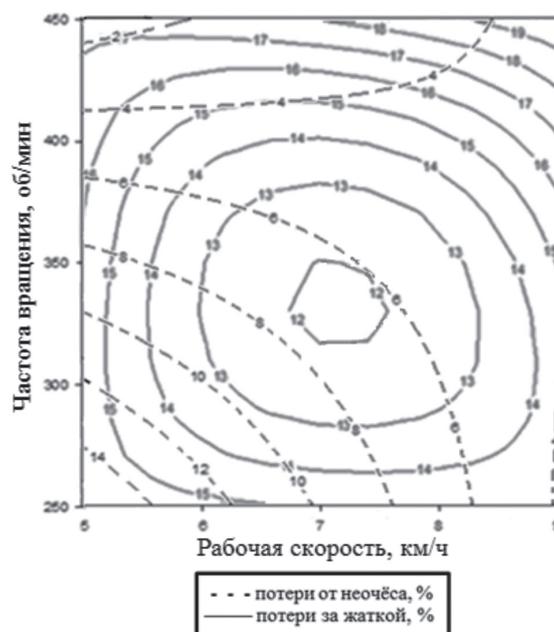


Рис. 5. Наложение сечений поверхностей отклика

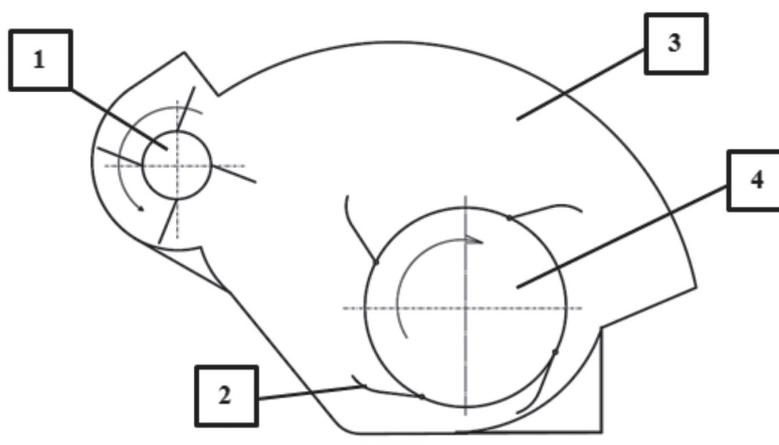


Рис. 6. Общая схема доработанной экспериментальной очёсывающей жатки: 1 – битер; 2 – очёсывающая гребенка; 3 – камера; 4 – очёсывающий барабан

очёсывающего барабана позволят найти оптимальные конструктивно-режимные параметры очёсывающей жатки, отвечающие агротехническим требованиям на механизированную уборку сои.

#### Список литературы

1. Канделя М.В. Жатка для очёса сельскохозяйственных культур на корню / М.В. Канделя, П.А. Шилько, А.Н. Панасюк, В.М. Ширяев, А.В. Липкань // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 7. – С. 10–12.
2. Леженкин А.Н. Технологии уборки зерновых методом очёсывания на корню: состояние и перспективы /

А.Н. Леженкин, В.И. Кравчук, А.С. Кушнарев; М-во аграр. политики Украины, Укр. НИИ прогнозирования и испытания техники и технологий для с.-х. пр-ва им. Леонида Погорелого, Таврич. гос. агротехнол. ун-т. – Белая Церковь (Киев. обл.): Белоцерков. кн. ф-ка, 2010. – 399 с.

3. Мкртчян С.Р. Очёсывающие жатки: состояние и перспективы развития / С.Р. Мкртчян, В.Д. Игнатюк, Э.В. Жалнин, Н.И. Стружкин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 4. – С. 20–21.

4. Жалнин, Э.В. Уборка с очесом на корню: за и против // Сельский механизатор. – 2013. – № 8. – С. 10–12.

5. Бурьянов А.И. Технологии и средства для уборки зерновых культур: настоящее и перспективы / А.И. Бурьянов, М.А. Бурьянов, А.И. Дмитриенко // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 7. – С. 8–11.

УДК 331.1

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА: ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ

<sup>1,2</sup>Козлова О.А., <sup>1</sup>Сычева М.Н.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,  
Екатеринбург, e-mail: sychevarisha@gmail.com;

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт экономики» УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: Olga137@mail.ru

В статье рассматривается проблема, обусловленная, с одной стороны, постоянно возрастающей ролью человеческих ресурсов в деятельности организаций, с другой – усложняющимися технологиями производства, при которых знания, умения и профессиональные компетенции быстро устаревают, требуя постоянного обновления. Оба эти процесса определяют стремительное развитие рынка образовательных услуг. Цель данной статьи заключается в проведении аналитической оценки появившихся новых образовательных технологий на данном рынке и их роли в развитии персонала организаций различной отраслевой принадлежности. На основе аналитического метода исследований выделены основные тенденции в изменении методов обучения персонала, проведен анализ современных методов обучения, применяемых как зарубежными, так и российскими компаниями. Проведен анализ таких методов обучения, как «Shadowing», «Secondment», «Buddying», и ряда других, активно используемых зарубежными компаниями, однако в российской практике развития персонала применяемых пока достаточно редко. Определены принципы их использования в системе развития персонала, рассмотрены преимущества и недостатки. Сделан вывод, что роста эффективности обучения персонала организации можно достичь при условии органического сочетания традиционных, проверенных временем методов обучения с новыми методами, активно внедряемыми в систему развития персонала.

**Ключевые слова:** развитие, персонал, обучение, инновация, эффективные способы обучения персонала

## INNOVATIVE METHODS OF PERSONNEL TRAINING: FOREIGN AND DOMESTIC EXPERIENCE

<sup>1,2</sup>Kozlova O.A., <sup>1</sup>Sycheva M.N.

<sup>1</sup>Ural State Economic University, Ekaterinburg, e-mail: sychevarisha@gmail.com;

<sup>2</sup>Institute of Economics the Ural branch of Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, e-mail: Olga137@mail.ru

The article is devoted to the problem associated with the constantly increasing role of human resources in the activities of organizations, as well as the increasing complexity of production technologies, in which knowledge, skills and professional competences quickly become obsolete and require constant updating. These processes determine the rapid development of educational services market. The purpose of the article is to conduct an analytical evaluation of new educational technologies in this market and their role in the development of personnel in organizations of various industry affiliations. Based on the use of the analytical method, the main changes in staff training have been identified, an analysis of modern teaching methods has been carried out used by foreign and Russian companies. The analysis of training methods as «Shadowing», «Secondment», «Buddying» and others actively used by foreign companies, however in the Russian practice of staff development used rarely. The principles of their use in the personnel development system are determined, advantages and disadvantages are considered. It is concluded that the increase in the efficiency of training the personnel of the organization can be achieved on the condition of an organic combination of time-tested traditional methods with new ones that are actively introduced into the personnel development system.

**Keywords:** development, personnel, training, innovation, effective methods of personnel training

Британское исследование «Study UK: DiscoverYou» сделало вывод, что успех компании лишь на 15% зависит от технического потенциала и на 85% от качества квалификации рабочей силы [1]. Человек является носителем знания, в то же время его производителем и потребителем, а персонал является главным преимуществом компании, его ключевой компетенцией. Развитие персонала – это система взаимосвязанных мероприятий, которые включают: прогнозирование и планирование необходимых специалистов, выработку стратегии развития сотрудников, профессиональное обучение, переподготовка и повышение квалификации, процесс адаптации,

организационная культура и т.д. Чаще всего обучением персонала занимаются отделы профессионального обучения организаций. Так, например, крупные западные компании тратят на цели обучения до 10% фонда заработной платы, к сожалению, в России этот показатель в 3–4 раза ниже [2]. Эти средства рассматриваются как инвестиции, которые в будущем принесут компании прибыль. А развитие и обучение персонала приобретает стратегическое значение.

Одним из наиболее эффективных методов инновационного обучения является, метод case-study, или метод конкретных ситуаций. Ключевым понятием данного метода является ситуация как набор обстоятельств

или условий, создающих ту или иную ситуацию, выбор каких-либо из них будет влиять на конечный результат.

Данный метод представлен двумя классическими школами, американской и европейской. В рамках Гарвардской (американской) школы целью метода является определение единственно верного решения сложившейся ситуации, а Манчестерская (европейская) школа предполагает несколько решений. Размер кейса может варьироваться от одной до множества страниц, составленных на основе реальных фактов. Например, американская модель кейса обычно объемная и составляет 20–30 страниц текста плюс до 10 страниц с иллюстрациями, т.е. европейские кейсы в 2 раза короче [3].

Case-study – метод, при котором происходит активное обсуждение деловых ситуаций, что позволяет сформировать у обучаемого навыки:

- принятия правильных решений в условиях неопределённости;
- разработки эффективного плана действий;
- применения полученных знаний на практике;
- учета мнения других специалистов;
- исследования проблемных ситуаций.

Сегодня метод case-study занимает лидирующие позиции в обучении, особенно в зарубежной бизнес-практике, в России интерес к данному методу появился лишь в конце двадцатого столетия и стал активно применяться для корпоративного обучения сотрудников компаний, а также студентов вузов в области экономических дисциплин, юриспруденции, медицины и др. [4].

Главное преимущество данного метода обучения состоит в использовании принципов проблемного обучения, то есть проблема данная в кейсе имитирует механизм принятия решения в реальной рабочей ситуации, позволяя применить теоретические знания на практике и возможность трудового коллектива работать в одном проблемном поле, совместно заниматься поиском путей решения проблемы. Кроме того, данный метод дает возможность развить навыки презентации, умения аргументировать, работать в команде, отстаивать свое мнение и видеть ситуацию в целом. Каждый участник имеет возможность сравнить свое мнение с другими, а также наблюдать высокую степень активности участников.

Недостатком метода может стать плохо организованное обсуждение, что потребует очень много времени, можно не получить результатов, если участники не располагают достаточным уровнем знаний и опытом. Требуется высококвалифицированный пре-

подаватель, тренер, который будет способен правильно организовать дискуссию и задать верное направление для достижения результата.

В последние годы кроме case-study в российскую бизнес-практику начали активно входить и другие новые методики обучения персонала, активно используемые в зарубежных странах [3]. Статистика распространения различных технологий обучения персонала в России и за рубежом представлена на рисунке.

Из диаграммы видно, что такие методы, как «Shadowing», «Secondment» и «Buddying», в российской практике практически не применяются, хотя активно используются в зарубежном опыте. Обучение по методу «Shadowing» активно используется в Великобритании, метод присутствует в 71% английских компаний (рисунок). Этот метод чаще всего применяется для обучения молодых специалистов без опыта работы, а также студентов вузов и стажеров. Схема обучения максимально проста, стажеру дается возможность день или два «побыть тенью» специалиста, представляющего специальность, по которой обучаемый предполагает работать в будущем в данной организации. Как свидетельствует статистика, после такого обучения 50% выпускников начинают более реально оценивать свою профессиональную пригодность, перестают строить иллюзии о том, какие они ценные специалисты. Отметим, что этот способ относительно недорогой, в то же время значительно повышает вероятность того, что компания получит в лице обучаемого нового мотивированного сотрудника.

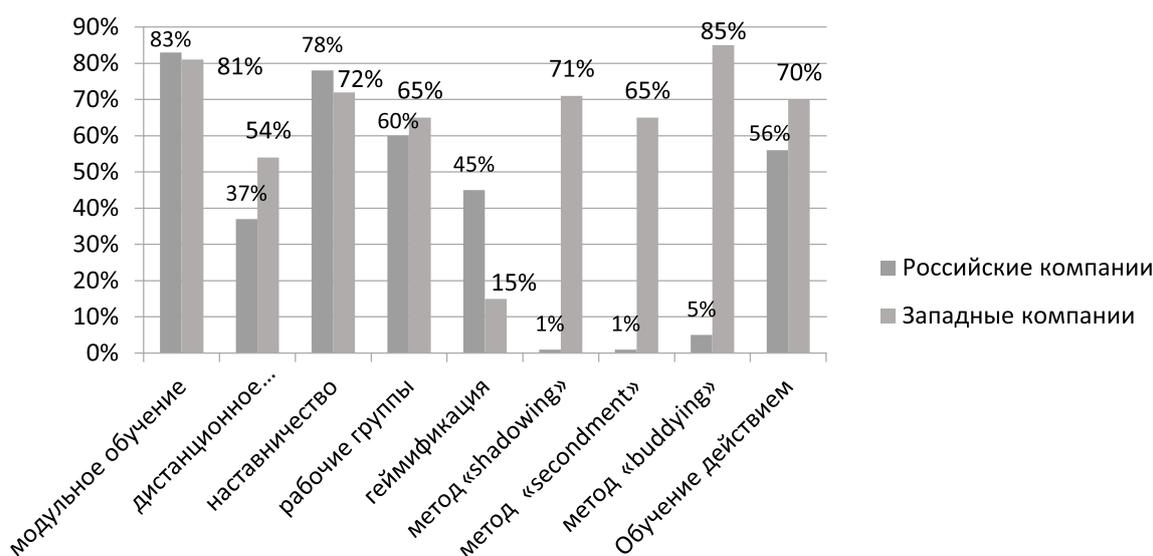
Следующий, достойный внимания метод обучения «Secondment» не имеет точного аналога перевода на русский язык, но в содержательном плане метод можно определить как «прикомандирование», представляет собой обмен сотрудниками как разновидность их ротации. Такой обмен персоналом отличается от обычного перемещения тем, что оно может быть не только внутренним в рамках одной компании, но и внешним, когда сотрудниками обмениваются разные компании, причем относящиеся к различным сферам деятельности. Обмен может быть длительным (до 1 года) или краткосрочным (до 100 рабочих часов). Особенно популярен данный метод с плоской структурой, где ограничен карьерный рост, а такая программа дает возможность сотруднику получить личный рост, разнообразный опыт работы в проектах, повышает его адаптивность и т.д. Обе стороны, принимающая и отдающая, тоже выигрывают, так как улучшаются навыки сотрудни-

ков, происходит освоение новых навыков и технологий, улучшается работа в команде и кросс-функциональное взаимодействие, развивается сеть контактов, улучшается репутация хорошего работодателя. Оплачивает труд работника работодатель, тот, который его командировал, кроме затрат на фонд заработной платы, других статей расхода на обучение нет, благодаря этому, данный вид обучения отличается дешевизной и эффективностью. Эффективность проявляется, в том, что чаще всего новые решения возникают в условиях междисциплинарности и Secondment дает такую возможность. Например, директор по персоналу, работая в департаменте маркетинга другой компании, может открыть для себя возможности практического использования инструментария маркетинга в работе отдела HR.

Обучение по такому методу, как «Buddying», заключается в том, что за специалистом закрепляется «buddy», партнер. Задача партнера предоставлять обратную связь обо всех действиях и решениях того, за кем он прикреплен, но отношения «buddy» и специалиста абсолютно равноправны, хотя метод и похож на наставничество, но по факту здесь нет наставника и подопечного, младшего и старшего, обучаемого и обучающего. Прежде всего «buddying» – это поддержка и помощь одного человека другим для достижения его результатов и целей. Метод основан на предоставлении объективной обратной связи, но прежде, чем давать обратную связь, участников обучают, как корректно и непредвзято это делать, проводятся тренинги, консультации. Иногда метод называют неформальным на-

ставничеством или равноправным коучингом, но система требует регулярного внимания со стороны координаторов обучения. Основные принципы использования метода заключены в доверительном и конфиденциальном отношении друг к другу, обязательной постановке целей, которых в результате требуется достичь, избегание навязывания своего мнения, взаимоуважение, построение заранее алгоритма взаимодействия. В литературе отмечается, что в последнее время в России данная технология набирает обороты и все чаще внедряется в обучении персонала [1].

Дистанционное обучение – еще один достаточно активно внедряемый метод, позволяющий обеспечить, во-первых, экономию времени, территориальную доступность, когда нет необходимости тратить время и деньги на транспорт к месту обучения, во-вторых значительно снижаются затраты, связанные с арендой помещения, есть возможность одновременно обучаться большому количеству людей. Благодаря новым IT-разработкам, повышается качество обучения, в электронный курс можно оперативно вносить изменения и доработки, широкий выбор обучающих программ, быстрый доступ к электронным библиотекам с объемной информационной базой, отсутствие необходимости в большом штате лекторов или тренеров, легкость проведения контроля. Методика дистанционного обучения будет весьма уместной, особенно если компания имеет большой штат сотрудников. В России дистанционное обучение успешно применяется в таких компаниях, как «METRO Cash and Carry», «Альфа-Капитал», «Бинбанк», Дирекция МФЦ и др. [5].



*Российский и зарубежный опыт распространения методов обучения персонала [1]*

Рассмотрим еще один эффективный способ обучения, геймификацию. Исследования психологов свидетельствуют о том, что информация, услышанная человеком, усваивается на 40%, увиденная – на 50%, если одновременно информация воспринимается на слух и визуально, то человек может запомнить до 70%. Если же он вовлечен в процесс и самостоятельно в нем участвует, то может усвоиться до 90% информации, поэтому игровые методики крайне важны в процессе обучения [6].

Геймификация или игрофикация – это системный, искусственно созданный инструмент, благодаря использованию игровых технологий и других вовлекающих в действие элементов, мотивирует и вовлекает участников выполнять действия и принимать решения. Термин «геймификация», впервые прозвучал в 2000-х годах, но широкое распространение получил спустя 10 лет. До этого попытки внедрить в бизнес-процессы игровые технологии были не всегда эффективными и зачастую бессистемными. Суть геймификации основывается на принципе дробления большой цели на множество маленьких, происходит мгновенная обратная связь, и человек замечает свой даже самый незначительный прогресс.

На сегодняшний день в России геймификация применяется в различных сферах деятельности, например, таких как HR, обучение персонала, маркетинг, банковская сфера и т.д. В HR игровые технологии применяются при адаптации персонала, подборе сотрудников, обучении и оценке. Создаются различные тесты, деловые игры, бизнес-кейсы и предлагается кандидатам их пройти онлайн, таким образом можно оценить потенциал и мотивацию человека, его профессиональную пригодность для работы в данной компании. Также в области организационной эффективности применяются различные командообразующие игры, так называемый тимбилдинг. Подобные мероприятия проводятся в неформальной обстановке, это помогает сплотить коллектив, раскрыть скрытые таланты и внутренний потенциал сотрудников, вовлечь их в корпоративную культуру и деятельность компании, а также повышается лояльность и мотивация персонала.

В 2017 г. крупнейшая рекрутинговая компания «Империя кадров» провела опрос, посвященный вопросам эффективности применения игровых технологий, по итогу 80% респондентов дали положительный ответ, в том, что игры на рабочем месте повышают вовлеченность в процесс, а это напрямую влияет на производительность и качество работы персонала, рабочие во-

просы решаются быстрее и эффективнее без дополнительного контроля со стороны руководства. Остальные 20% считают, что геймификация снижает чувство ответственности, расслабляет и отвлекает от основных задач [7].

Подводя итог, выделим основные тенденции в современных методах развития персонала. Во-первых, современные тренды в сфере обучения персонала имеют глобальный характер и проявляют себя во многих странах мира. Социологические исследования свидетельствуют, что 50% профессий, которые будут популярны через 10 лет, на сегодняшний день еще даже не сформировались [8], в то же время люди стремятся изменить свою профессию, соответствуя актуальным тенденциям развития экономики. Вследствие этого система обучения должна постоянно модернизироваться и обеспечивать соответствующую поддержку в отношении карьерных ожиданий.

Во-вторых, программы обучения должны быть все более и более структурированы, составляться не на основе классических моделей, а на основе современных требований. Образование должно быть ориентировано на конкретный результат, методика обучения и усвоение информации важно, но должен быть виден эффект, отдача от обучения и демонстрироваться актуальность, а актуальность постоянно подкрепляется новыми знаниями. Большой поток теоретических знаний должен иначе преподноситься и трансформироваться в практическое применение, исходя из специфики той или иной сферы деятельности. Руководству следует делать акцент на внедрение инновационных методов обучения, ориентированных на результат.

В-третьих, обучение перестает быть привязанным к конкретному месту и времени, обучение очень мобильно и зачастую не требует особых технических условий, иногда достаточно только доступа в интернет. Использование в обучении технических возможностей смартфонов и планшетов позволяет быстро устанавливать обратную связь и обращаться к экспертным мнениям. На примере рассмотренных методов обучения, мы наблюдаем тенденцию к обучению в неформальной обстановке. Сейчас почти каждый социально активный человек пользуется социальными медиа. Такие медиа, как блоги, подкасты, социальные закладки, Youtube, хорошо встраиваются в систему обучения, например, как средства обратной связи.

Таким образом, чтобы быть конкурентоспособной, организации, при разработке программ обучения персонала, необходимо

активно внедрять инновационные методы, использовать все доступные технические возможности и модернизировать свою образовательную базу.

*Статья выполнена при поддержке Программы Президиума РАН № 6 Проект № 18-6-7-39.*

#### Список литературы

1. Полат Е.С. Дистанционное обучение / Е.С. Полат // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2017. – № 1. – С. 28–33.
2. Силовов А. Мифы и реалии дистанционного обучения / А. Силовов // Высшее образование в России. – 2016. – № 3. – С. 116–120.
3. Долженко Р.А. Определение направлений совершенствования системы обучения персонала с помощью краудсорсинга / Р.А. Долженко // Менеджмент в России и за рубежом. – 2014. – № 4. – С. 114–122.
4. Полушин М.В. Человеческий ресурс как основной фактор развития производственного потенциала предприятий российского машиностроения / М.В. Полушин // Кадры предприятия. – 2011. – № 6. – С. 105–112.
5. Есть потенциал для развития равных возможностей / С.Н. Исаев [и др.] // Аккредитация в образовании. – 2013. – № 2 (62). – С. 62–65.
6. Шабанов А.Г. Кто аттестует роботов? / А.Г. Шабанов // Аккредитация в образовании. – 2014. – № 3 (71). – С. 64–65.
7. Об одном методе классификации визуальных моделей / Т.А. Гаврилова [и др.] // Бизнес-информатика. – 2013. – № 4. – С. 21–34.
8. Ассоциация дистанционного обучения Соединённых Штатов (The United States Distance Learning) [Электронный документ]. – URL: <https://www.usdla.org> (дата обращения: 10.05.2018).

УДК 330.11

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТОВ РИСКОВ И СООТНОШЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ РИСКА С ОПАСНОСТЬЮ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ИТ-ПРОЕКТА

**Пучков И.И.**

*ООО «Ай Си Эл Сервисез», Новосибирск, e-mail: puchkov.ivan@yahoo.com*

В данной статье определены основные понятия и термины в рамках рассмотрения темы «Управление рисками» с учетом особенностей ведения проекта в информационных технологиях. И приведен анализ этапа воздействия рисков при планировании ИТ-проекта. Рассмотрены несколько методик анализа рисков и даны им краткие характеристики. Настоящая статья посвящена методике определения приоритетов рисков. Риски имеют разную степень опасности для проекта. Путем распределения рисков на четыре категории опасности можно увидеть, насколько опасным для проекта будет то или иное событие. Также приведена методика соотношения вероятностей риска с категориями опасности. Определив четыре вероятности и отнеся каждый риск в одну из четырех категорий, можно сделать выводы о том, насколько вероятно, что тот или иной риск случится. А соотнеся две категории, была выведена теория о том, что, чем ниже вероятность происшествия, тем выше ее опасность для проекта. На основе данной теории были сделаны выводы того, что именно управлению низко вероятными рисками важно выделить высокий приоритет планирования и реагирования.

**Ключевые слова:** ИТ-проекты, управление рисками, приоритизация рисков, вероятности рисков, блок приоритетов, блок вероятности

## METHODOLOGY OF THE RISK PRIORITIZATION AND THE RISK PROBABILITY RELATION TO A POTENTIAL DANGER WHILE IT-PROJECT IS PLANNING

**Puchkov I.I.**

*ICL-Services, Novosibirsk, e-mail: puchkov.ivan@yahoo.com*

This article describes basic concepts and terms of «Risk management», taking into account the specifics of project management in information technology. And conducting analyze of the risks impact stage while IT project is planning. Considering several methods of risk analysis and giving brief characteristics to them. This article is dedicated to the methodology of the risk prioritization. Risks have different stages of danger for the project. By allocating risks to four hazard categories, you can see how dangerous this particular event is for a project. Also given methodology of the risk probability relation to a potential danger. By defining four probabilities and allocating each risk in one of the four categories, it is possible to conclude how likely it is that a particular risk will occur. After correlating this two categories have been developing next theory: the lower the probability of an accident, the higher its danger to the project. On the basis of this theory, it was concluded that it is more important to manage low-probability risks then low-probability.

**Keywords:** IT-projects, risk management, risks prioritization, risk probability, priority block, probability block

Проекты, реализуемые в сфере информационных технологий (далее – ИТ-проекты), представляют собой сложный комплекс научных, инженерных и технологических дисциплин, требующих длительного обучения, больших инвестиционных затрат, наукоемкой техники, опытных специалистов. Сложность реализации ИТ-проектов создает зоны риска, что приводит к уменьшению количества успешных ИТ-проектов, где фактические результаты должны быть равны запланированным.

Успех ИТ-проекта зависит от очень многих факторов, основные составляющие которого – это время, качество и ресурсы. Главная задача руководителя ИТ-проекта – уложиться в выделенный бюджет и заданные сроки, а также обеспечить требуемое качество имеющимися трудовыми ресурсами. Поэтому основные риски, как правило, характерные для любых ИТ-проектов, заключаются в несоблюдении сроков реализации проекта, превышения стоимости и не-

соблюдения параметров качества. Однако основной причиной возникновения этих рисков является неготовность предприятия к реализации подобных проектов. Особенно остро этот вопрос стоит для ИТ-стартапов – новых бизнес-проектов, так как именно на начальном этапе компания испытывает нехватку всех трех основных составляющих, и именно ей важно понимать, что риски нужно детально оценивать, и продумывать стратегию развития компании с учетом всех возможных неблагоприятных событий [1].

Необходимо определить, что риск – это возможное сочетание событий, которые приведут к неблагоприятным последствиям. А управление рисками – это процесс анализирования и принятия определенных мер до возникновения неблагоприятного результата с максимально возможной минимизацией потерь.

Более подробно отношение к риску в нынешних условиях представляет эксперт Боб Шарет. Он описывает это способом

представления движения компании и конкурентов по эскалатору, движущемуся вниз. Каждому необходимо забраться наверх, и чем быстрее движется эскалатор, тем быстрее должна двигаться каждая компания. Если на мгновение кто-нибудь остановится, то немедленно отстанет от других. А если остановится надолго, то скатится в самый низ. Новые соперники вскакивают на свои эскалаторы на полпути, и тогда отстаивание гарантирует конкурентам возможность оказаться выше. На верхней площадке есть рычаг, добравшись до которого появится возможность управлять скоростью движения. Дойдя до него, возможно показать конкурентам свое преимущество. Также с помощью рычага можно регулировать скорость, тем самым сохраняя свой уровень, а конкурентов лишить такой возможности. Именно риски, на которые идет компания, ускоряют чужие эскалаторы, а отказ от рисков означает, что задавать правила будет кто-то другой. В этих условиях риск вознаграждается, и компании идущие на риск, становятся охотниками, а отказавшиеся – добычей.

Управление рисками заключается в том, что нужно принимать во внимание все те нежелательные события, которые могут произойти, и строить планы с учетом этого. Необходимо определить управление рисками, как процесс обдумывания корректирующих действий для возможных будущих проблем, прежде чем они возникнут.

Начало действий до появления симптомов называется ослаблением рисков. К примеру, в спортивных командах всегда есть запасные игроки, если кто-то из основного состава получит травму, заболит и не сможет играть, то запасной игрок его заменит. Такой спортсмен является частью команды и тренируется вместе с ней, таким образом, он моментально заменяет выбывшего спортсмена. Проводя аналогию с IT-компаниями, большим риском является уход ключевых сотрудников. Превентивная мера, которую можно произвести, схожа с примером про спортсменов. Нужно с самого начала проекта нанять больше сотрудников, таким образом, при увольнении кого-то его обязанности возьмет на себя уже обученный и вовлеченный в проект сотрудник. Конечно, такое ослабление рисков влечет за собой дополнительное время и расходы. Методы снижения рисков могут быть как заблаговременными (предотвращение негативного события), так и оперативными (снижение потерь в результате уже произошедшего события) [2].

Для того чтобы понять, как можно минимизировать риски при запуске нового проекта, нужно понять, каковы составляющие управления рисками:

- 1) идентификация риска;
- 2) анализ воздействия риска;
- 3) планирование реагирования на риски;
- 4) ослабление риска;
- 5) мониторинг и управление рисками [3].

### Материалы и методы исследования

В данной статье будет приведена методика определения приоритетов рисков на втором этапе – анализе воздействия риска. А также приведена методика соотношения вероятностей риска с категориями опасности.

Существует несколько методов анализа воздействия рисков. Одним из распространенных методов является метод анализа иерархий. Метод анализа иерархий (МАИ) позволяет отражать качественные экспертные оценки. Основные положения МАИ были разработаны известным американским математиком Т.Л. Саати и опубликованы в 1977 г. МАИ используется для решения слабо структурированных и неструктурированных проблем. Методология решения таких проблем опирается на системный подход, при котором проблема рассматривается как результат взаимодействия и, более того, взаимозависимости множества разнородных объектов, а не просто как их изолированная и автономная совокупность. Особенностью МАИ является возможность получения ранжированных оценок вариантов на основе субъективных мнений экспертов. Метод предполагает разделение проблемы на более простые составляющие части и обработку суждений рабочей группы, оценивающей риски. В результате определяется относительная значимость исследуемых альтернатив для всех критериев, находящихся в иерархии. Относительная значимость выражается численно в виде векторов приоритетов. Полученные таким образом значения векторов являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам. Результатом применения метода является определение наиболее предпочтительного варианта, а также конкретное обоснование выбора и распределения всех вариантов, что позволяет подробно исследовать задачу в целом [4].

### Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим этапы анализа воздействия рисков. После того как определены объекты воздействия рисков и определены конкретные риски, которым подвергнется объект, нужно определить то, насколько сильно риск будет влиять на объект и какие последствия возникнут. Под воздействием имеется в виду то влияние, которое оказывается на объект, то есть последствия. Они могут быть как положительными, так и отрицательными. Соответственно, оценивать силу воздействия нужно исходя из факторов:

- какое количество финансов будет затрачено;
- какое количество сотрудников будет задействовано;
- какое количество общего времени уйдет;
- какое количество других рисков – это воздействие за собой повлечет.

Далее, сравнив показатели факторов рисков, можно оценить то, насколько позитивные или негативные последствия риска будут для всего проекта.

#### *Приоритизация рисков*

Любая компания должна принимать во внимание все возможные риски и принимать превентивные меры для их минимизации и недопущения. Но прежде чем принимать какие-либо меры, компании необходимы ресурсы, как финансовые, так и трудовые, которые всегда имеют ограничение. Для того чтобы понять, на какие именно превентивные меры нужно тратить ресурсы, нужно определить приоритет рисков, которые с большей долей вероятностей произойдут в ближайшее время, и риски, которые могут случиться с меньшей долей вероятности. Прежде чем начать оценку риска, нужно произвести его идентификацию и выявить все возможно потенциально негативные исходы. Нужно определить, что риски имеют разную степень опасности. Например, потеря инвестора вероятнее всего приведет к закрытию проекта. А скажем, уход рядового сотрудника создаст проблемы, но не будет критическим для проекта. Этап анализа воздействия рисков наиболее важный, так как именно на этом этапе важно определить конкретные последствия для каждого риска. Рассмотрим на примере небольшого IT-проекта приоритизацию рисков.

Определим основные 4 категории, в которые распределим риски по степени опасности, угрожающие проекту.

Блок приоритетов:

##### 1. Критическая опасность

Сюда необходимо отнести все те вероятности, после происшествия которых проект скорее всего не выживет (потеря инвестора, потеря ключевого заказчика).

##### 2. Высокая опасность

Сюда необходимо отнести те опасности, после происшествия которых жизнь проекта будет под большой угрозой (уход ключевых сотрудников, сокращение финансирования, несоблюдение параметров качества).

##### 3. Средняя опасность

Сюда необходимо отнести те опасности, после происшествия которых проект будет переживать кризис (судебные процессы, рост валюты, превышения стоимости).

##### 4. Низкая опасность

Сюда необходимо отнести те опасности, последствия которых не приведут к серьезным потерям (уход рядовых сотрудников, срыв сроков реализации).

Необходимо отметить, что для каждого проекта будут существовать свои опасно-

сти, и определять риски по категориям нужно исходя из оценки конкретного проекта.

Определив риски в свою категорию, можно увидеть, какие риски оказываются в большем приоритете на этапе планирования реагирования на риски. Также при подобном распределении можно увидеть и понять, насколько опасно для проекта будет то или иное событие.

#### *Соотношение вероятностей риска с опасностью*

У каждого риска есть определенная вероятность, с которой то или иное событие может произойти. Вероятность – это степень измерения наступления того или иного события. В теории вероятности событие может быть:

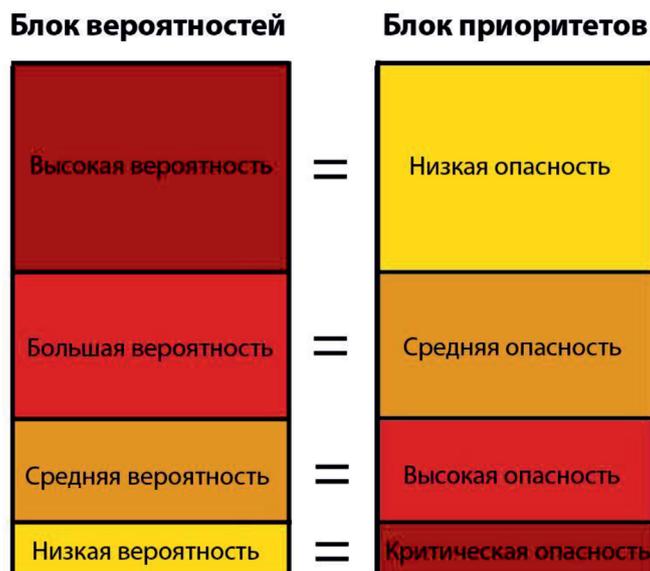
– достоверным (событие, которое неизбежно произойдет, к примеру подброшенная монета всегда упадет вниз);

– невозможным (событие, которое никогда не произойдет, к примеру подброшенная монета из-за гравитации никогда не улетит вверх);

– случайным (событие, которое при определенном стечении обстоятельств может либо произойти, либо не произойти, к примеру подброшенная монета может упасть вверх орлом) [5].

Все риски относятся к случайным событиям. При управлении проектами все те негативные события, которые точно произойдут, заранее анализируются, и если невозможно избежать плохого исхода, то такой проект не будет начинаться. Но как начать проект, если изначально неизвестно, произойдет это негативное событие или нет. Можно определить все возможные риски проекта как 100% вероятности того, что что-нибудь из списка точно произойдет. Далее разделить 100% на четыре неравные доли. Определим эти доли процентов как вероятности происшествия и назовем этот блок «блоком вероятности», где самая большая вероятность того, что событие случится, будет 40%, далее 30%, 20% и самая низкая вероятность 10%. Почему именно такие проценты, почему берем, скажем, не 10% и 90%, где низкая и высокая вероятность. Нужно понимать, что это доли от 100% вероятности риска, и есть возможность средней опасности, близкой к 50/50. В нашем случае средняя вероятность обозначается как 20% от общего количества рисков.

Распределим конкретные риски из общего списка по колонкам, в зависимости от того, насколько большая или низкая вероятность того, что риск случится. Ниже приведен пример распределения.



Соотношение вероятностей риска с опасностью

Блок вероятностей:

– Высокая вероятность происшествия 40%

В этот блок относятся те риски, вероятность происшествия которых очень высокая, например уход рядовых сотрудников, невыполнение сроков.

– Большая вероятность происшествия 30%

В этот блок следует отнести те риски, которые с большой вероятностью могут произойти, например рост валюты, превышение стоимости.

– Средняя вероятность происшествия 20%

В этот блок относятся те риски, вероятность происшествия, которых возможна, например уход ключевых сотрудников, несоблюдения параметров качества.

– Низкая вероятность происшествия 10%

В этот блок относятся риски, вероятность происшествия которых довольно низкая, например, потеря инвестора или потеря ключевого заказчика.

Определив четыре вероятности и отнеся каждый риск в одну из четырех категорий, можно сделать выводы о том, насколько вероятно, что тот или иной риск случится.

Сопоставив блок приоритетов и блок вероятности можно вывести следующую теорию, что чем ниже вероятность происшествия, тем выше ее опасность для проекта (рисунок).

Одна из ошибок, которую допускают компании – это игнорирование или недооценивание рисков с низкой вероятностью происшествия. Если руководству компании кажется, что вероятность неблагоприятного исхода низкая, то эти риски можно проиг-

норировать. Но согласно вышеприведенной теории именно управлению низковероятными рисками важно выделить высокий приоритет планирования и реагирования. И если данный риск наступит, то у компании будет подготовлена концепция по минимизации рисков.

### Заключение

В данной статье были описаны понятия рисков и управление рисками. Приведен пример снижения опасности возникновения рисков на примере IT-проекта. Приведена теория определения приоритетов рисков и соотношения вероятностей риска с опасностью в IT-проекте. Которая показывает, насколько важно правильно оценивать опасность. И почему компаниям особенно важно принимать во внимание в первую очередь те риски, вероятность которых минимальная.

### Список литературы

1. Песоцкая Е.Ю. Необходимость управления рисками в области информационных технологий // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 6–3.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=821> (дата обращения: 23.05.2018).
2. Воробьева Т.В. Управление рисками / Т.В. Воробьева. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. – 45 с.
3. Арутюнова Д.В. Инновационный менеджмент / Д.В. Арутюнова. – Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2014. – 152 с.
4. Перминов А.А. Количественная оценка риска с помощью метода анализа иерархий / А.А. Перминов // Управленческий учет и финансы. – 2011. – № 03 – С. 212–229.
5. Губарь Л.Н. Теория вероятностей и математическая статистика / Л.Н. Губарь, А.В. Ермоленко. – Сыктывкар: Изд-во СГУ имени Питирима Сорокина, 2015. – 6 с.

УДК 378.147:372.8

## РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

Асанова Ж.К.

*Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Бишкек,  
e-mail: zhyldyzasanova73@mail.ru*

В этой статье рассмотрены факультативный курс по теме «Производная и её применение» и предложен ряд задач по межпредметным связям алгебры, геометрии, физики, химии, биологии, географии. При обучении межпредметные связи способствуют систематизации и углублению знаний учащихся, навыков и умений самостоятельной познавательной деятельности, переносу полученных знаний на более высокие ступени. В настоящее время ведутся различные исследования, касающиеся вопросов совершенствования учебного процесса, путей активизации учебно-познавательной деятельности студента, оптимизации самостоятельной работы, улучшения профессиональной ориентации обучения и практического направленности преподавания. В частности, важной проблемой является совершенствование преподавания элементов математического анализа в вузе, так как они имеют большое воспитательное значение и через них студенты могут явно увидеть связь математики с жизнью, с практикой. Именно введение понятия производной и интеграла создает возможность для широкого применения математических методов к изучению реальных процессов, что особенно важно с точки зрения улучшения обучения в вузе. Проблему совершенствования содержания методов обучения математике сегодня нельзя решать достаточно серьезно, обходя межпредметные связи математики, в частности элементов математического анализа. Опыт работы в вузе показывает, что формальное изучение понятий математического анализа не дает особого эффекта в развитии математической грамотности студентов.

**Ключевые слова:** факультатив, межпредметные связи, математический анализ, производный, интеграция, дифференцирование

## REALIZATION OF INTERSUBJECT COMMUNICATIONS IN THE PROCESS OF STUDYING THE ELECTIVE COURSE ON MATHEMATICAL ANALYSIS

Asanova Zh.K.

*University named after I. Arabaev Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: zhyldyzasanova73@mail.ru*

In this article, an optional course on the subject «Derivative and its application» is considered and a number of problems are proposed for interdisciplinary relations such as algebra, geometry, physics, chemistry, biology, geography. When training intersubject communications, it helps to systematize and deepen students' knowledge, skills and abilities of independent cognitive activity, transfer of knowledge obtained to higher levels. Currently, various studies are under way concerning the issues of improving the educational process, ways of activating the student's learning and cognitive activities, optimizing independent work, improving the vocational guidance of instruction and the practical orientation of teaching. In particular, an important problem is improving the teaching of elements of mathematical analysis in the university, since they have great educational value and through them students can clearly see the connection of mathematics about life, with practice. It is the introduction of the concept of derivative and integral that makes it possible to widely apply mathematical methods to the study of real processes, which is especially important from the point of view of improving the education at the university. The problem of improving the content of methods of teaching mathematics today can not be solved seriously enough, bypassing the intersubject connections of mathematics, in particular, elements of mathematical analysis. Experience in the university shows that formal study of the concepts of mathematical analysis does not have a special effect in the development of mathematical literacy of students.

**Keywords:** facultative, intersubject communications, mathematical analysis, derivative, integration, differentiation

Факультатив – предметный курс. Студент посещает его с целью получить дополнительные знания. Каждый студент выбирает для себя понравившийся курс и посещает его в обязательном порядке. Тематику факультативов определяет предметный преподаватель учебного заведения.

Факультативный курс – это курс по выбору, направленный на установление внутрипредметных и межпредметных связей по смежным дисциплинам. Его целью является интеграция знаний студента о различных явлениях, действующих в природе. Данный факультативный курс знакомит

студентов с комплексными задачами, для решения которых необходимо синтезировать знания по различным предметам, формирует общеучебные знания, умения и навыки. На факультативных курсах отдаётся предпочтение поисковым и исследовательским методам обучения, таким как проблемный рассказ, исследовательская лабораторная работа, проблемно-поисковая беседа и другие [1].

При проведении факультативного курса предлагается использовать такие активные методы, как метод проектов, метод реферативно-исследовательской деятель-

ности, метод использования информационных технологий с целью улучшения взаимодействия между учащимися, повышения интереса учащихся к предметам и позволяющие сделать проведение факультативного курса более эффективным.

При организации факультативного курса необходимо учитывать следующие требования:

- избыточность (у студентов должна быть возможность выбора среди нескольких курсов);
- кратковременность;
- межпредметная интеграция;
- активные формы обучения;
- использование учебного пособия.

Внутрипредметная и межпредметная конференция, так же как и семинар, способствует обобщению знаний учащихся по разным предметам вокруг какой-либо проблемы, идеи, темы. Отличительной чертой конференции от традиционного урока являются доклады студентов, которые выступают главным источником знаний. Роль преподавателя заключается в консультации и оценке деятельности студента. Методика проведения конференции заключается в последовательном выступлении студента с сообщениями с целью раскрытия темы, а методика проведения семинара может быть разнообразной, например, включать беседу, дискуссию, опыты и др. При подготовке доклада к межпредметной конференции можно выделить пять этапов:

1 этап. Выбор студентами темы доклада.

2 этап. Определение студентами цели, задач, актуальности доклада, а также составление плана доклада и подбор необходимой литературы.

3 этап. Изучение студентами литературы. Консультация студента с преподавателем по собранному теоретическому материалу.

4 этап. Коррекция преподавателем доклада студента.

5 этап. Оформление доклада, подготовка презентации.

Таким образом, проанализировав формы организации внутрипредметных и межпредметных связей, можно сказать, что наиболее методически разработанной формой является интегрированный урок.

Интегрированный урок предоставляет возможность решать ряд задач, например мотивировать учащихся к активной учебной деятельности с помощью нестандартного урока; организовывать учащихся к работе с операциями мышления, такими как сравнение, анализ, синтез, обобщение, классификация; показать применение межпредметных связей при решении разных задач. Такие формы как интегрированный

факультативный курс, межпредметный факультатив, межпредметная конференция (семинар), редко используются в процессе обучения [2].

В качестве одного из путей эффективной реализации внутрипредметных и межпредметных связей выступает разработка факультативного курса, так как он позволяет устранить причины редкого использования внутрипредметных и межпредметных связей, такие как:

– подготовка к занятиям межпредметного характера требует большего количества времени;

– изучение материала по различным предметам не совпадает по времени, а также одни и те же понятия по-разному трактуются в различных предметах;

– недостаточность методических пособий межпредметного характера для подготовки и проведения занятий.

Именно поэтому нами был разработан факультативный курс «Производная и её применение», который позволяет реализовать взаимосвязь между предметами. Отличительной особенностью данного факультативного курса от других подобной тематики является использование не только традиционных форм организации занятий, но и нетрадиционных, таких как тренинг, интерактивная лекция, интегрированный урок и т.д.; а также то, что факультативный курс направлен не только на обобщение знаний учащихся по теме «Производная и её применение», но и на расширение знаний студента в области применения производной в школьных предметах и в жизни.

Производная – одно из важнейших, фундаментальных понятий математического анализа. Однако студенты, зачастую сталкиваясь с этим понятием в первый раз, не осознают, для чего нужно его изучать, не видят практического применения. Данная разработка отвечает на такие вопросы:

- зачем изучать производную;
- где можно использовать знания, связанные с производной в жизни, при изучении других предметов.

На занятиях курса есть возможность устранить пробелы студента, выявить слабые места, оказать помощь при систематизации материала.

Цель факультативного курса – углубить и систематизировать знания студента по теме «Производная и её применение».

Задачи:

Образовательные:

– повторить и закрепить понятие производной, формулы дифференцирования и правила дифференцирования;

– познакомить студента с применением производной в различных предметах.

Развивающие:

- развитие логического мышления;
- развитие коммуникативных способностей студента.

Воспитательные:

- воспитание интереса к математике;
- воспитание умения работать в группах.

Данный факультативный курс является межпредметным с практической направленностью и предназначен для студентов, обучающихся физико-математического профиля.

Курс «Производная и ее применение» реализует внутрипредметные и межпредметные связи с такими дисциплинами, как алгебра, физика, химия, биология и география.

На примере решения различных физических, химических, биологических и географических задач с помощью первообразной авторы показывают практическую возможность реализации межпредметных связей между математикой и физикой [3, 4].

Материал данного факультативного курса способствует формированию интереса к математике; развитию творческих способностей, навыков самостоятельной работы студента с литературой; позволяет сделать учебный процесс более ярким и интересным.

В курсе «Производная и ее применение» рассматривается:

- история возникновения и развития производной;

- применение производной в школьных предметах;

- решение прикладных задач при помощи производной;

- решение задач при помощи производной.

На протяжении всего факультативного курса проводится текущий контроль успешности выполненных практических работ. Контроль осуществляется по результатам выполнения студентами практических заданий. Итоговый контроль реализуется в форме тестирования.

Изучение данного факультативного курса позволяет студентам:

- повторить и систематизировать материал по теме «Производная и её применение»;

- расширить свои знания в области производной в ходе решения задач;

- научиться распознавать и решать задачи при помощи производной;

- ясно, четко и грамотно излагать свои мысли при решении задач;

- повысить познавательный интерес к математике.

На занятиях факультативного курса используются такие формы организации обучения, как лекция, практикум, урок, урок-экскурсия, урок-викторина, интегрированный урок.

#### *Тематическое планирование*

Предлагаемый факультативный курс специализирован под студентов, стремящихся углубить свои знания по теме «Производная и её применение», а также желающих научиться решать различные задачи на применение производной [5].

№ п/п	Содержание курса	Количество часов	Форма контроля
1	Введение в курс «Производная и ее применение».		–
2	<i>Тема 1.</i> История возникновения производной.		Опрос
3	<i>Тема 2.</i> Понятие производной. Правила дифференцирования.		Викторина
4	<i>Тема 3.</i> Производная и ее применение в алгебре.		Практическая работа
5.	<i>Тема 4.</i> Производная и её применение в физике.		Практическая работа
6	<i>Тема 5.</i> Производная и её применение в биологии и химии.		Опрос
7	<i>Тема 6.</i> Производная и её применение в географии.		Опрос
8	<i>Тема 7.</i> Производная в прикладных задачах.		Практическая работа
9	<i>Тема 8.</i> Производная высших порядков.		Опрос
10	<i>Тема 9.</i> Производная в ОРТ.		Тренинг
11	Итоговое тестирование.		Тестирование
	ВСЕГО:		

*Производная и ее применение в алгебре*

**Задача № 1.** Докажите тождество  $\arcsin x = \frac{\pi}{2} - \arccos x$ .

Решение:

Рассмотрим функцию  $f(x) = \arcsin x + \arccos x = \frac{\pi}{2}$ .

Вычислим производную функции:

$$f'(x) = (\arcsin x)' + (\arccos x)' = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} + \left(-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}\right) = 0.$$

Подставим найденное значение в исходную функцию:

$$f(0) = \arcsin 0 + \arccos 0 = 0 + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2}.$$

Тождество доказано.

*Производная и ее применение в физике*

**Задача № 2.** Материальная точка движется прямолинейно по закону  $S(t) = t^3 + 7t$ . Найдите скорость и ускорение материальной точки в момент времени  $t = 2$ .

Решение:

Для нахождения скорости необходимо вычислить первую производную пути по времени:

$$V(t) = S'(t) = (t^3 + 7t)' = 3t^2 + 7.$$

Найдем  $V(2) = 3 \cdot 2^2 + 7 = 19$ .

Для нахождения ускорения необходимо вычислить вторую производную пути по времени:

$$a = S''(t) = (3t^2 + 7)' = 6t.$$

Найдем  $a(3) = 6 \cdot 2 = 12$ .

*Производная и ее применение в биологии и химии*

**Задача № 3.** Популяция бактерий задается формулой  $x(t) = \ln(t+1) + \frac{t^3}{2t}$ .

Найдите скорость роста популяции в момент времени  $t = 3c$ .

Решение:

Для того чтобы найти скорость роста популяции, нужно вычислить производную от заданной функции:

$$P = x'(t) = \left( \ln(t+1) + \frac{t^3}{2t} \right)' = \frac{1}{t+1} + \frac{3t^2}{2},$$

подставим значение  $t = 3c$  в полученное выражение:

$$P(3) = \frac{1}{3+1} + \frac{3 \cdot 3^2}{2} = \frac{1}{4} + \frac{27}{2} = \frac{1+2 \cdot 27}{4} = \frac{55}{4} = 13,75.$$

**Задача № 4.** Количество вещества, вступившего в химическую реакцию, задается формулой  $p(t) = 3 + 8t^4 - 29t^3$ . Найдите скорость химической реакции через 4с.

Решение:

Для нахождения скорости химической реакции нужно вычислить производную от заданной функции:  $V(t) = p'(t) = (3 + 8t^4 - 29t^3)' = 32t^3 - 87t^2$  и подставить в полученное выражение  $t = 4c$ :  $V(4) = 32 \cdot 4^3 - 87 \cdot 4^2 = 2048 - 1392 = 656$ .

*Производная и ее применение в географии*

**Задача № 5.** Напишите общую формулу для вычисления численности населения в некотором городе в момент времени  $t$ .

Решение:

Пусть численность населения определяется зависимостью  $y = y(t)$ ,  $\Delta t = t - t_0$  – прирост населения. Тогда численность населения выражается формулой

$$\Delta y = k \cdot y \cdot \Delta t,$$

где  $k = k_p - k_c$  ( $k_p$  – коэффициент рождаемости,  $k_c$  – коэффициент смертности).

*Производная и её применение в геометрии*

**Задача № 6.** Прямая  $y = 10x - 9$  параллельна касательной к графику функции  $y = x^2 + 2x - 3$ . Найдите абсциссу точки касания.

Решение:

Так как прямая  $y = 10x - 9$  параллельна касательной, то они будут иметь одинаковый угол наклона к оси абсцисс, т.е. угловой коэффициент касательной, как и у прямой, равен 10. Но согласно геометрическому смыслу производной: угловой коэффициент касательной равен производной функции в точке касания.

Найдем производную:

$$y' = (x^2 + 2x - 3)' = 2x + 2.$$

Подставим в выражение для производной неизвестную абсциссу точки касания  $x_0$  и составим уравнение

$$2x_0 + 2 = 10, \quad 2x_0 = 8, \quad x_0 = 4.$$

*Производная в прикладных задачах*

**Задача № 7.** Лестница, длина которой 7 м поставлена к стене так, что ее верх находится на высоте 6 м. В какой-то момент времени лестница начинает падать и верх притягивается к земле с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$ . Найдите скорость удаления низа лестницы от стены, когда верх находится на высоте 4 м.

Решение:

Пусть  $h(t)$  – высота верха лестницы в момент времени  $t$  и  $h(0) = 12$ ,  $x(t)$  – расстояние от стены до низа лестницы. Тогда используя формулу для нахождения высоты тела:

$$h(t) = h(0) - \frac{gt^2}{2}, \text{ получим, } h(t) = 12 - \frac{gt^2}{2}.$$

По условию задачи известно, что  $g = 4 \text{ м/с}$ , тогда формула примет вид

$$h(t) = 12 - \frac{4t^2}{2}; \quad h(t) = 12 - 2t^2.$$

Чтобы найти время  $t$ , когда  $h(t) = 4$ , составим уравнение

$$12 - 2t^2 = 4; \quad -2t^2 = -8; \quad t^2 = 4; \quad t_1 = 2, \quad t_2 = -2,$$

так как время не может быть отрицательным, то  $t = 2 \text{ с}$ . Найдем расстояние  $x(t)$  по теореме Пифагора:

$$25 = h^2(t) + x^2(t); \quad x(t) = \sqrt{25 - h^2(t)} = \sqrt{25 - (12 - 2t^2)^2} = \sqrt{-119 + 48t^2 - 4t^4}.$$

Найдем скорость, с которой изменяется расстояние:

$$V(t) = x'(t) = \left( \sqrt{-119 + 48t^2 - 4t^4} \right)' = \frac{96t - 16t^3}{2\sqrt{-119 + 48t^2 - 4t^4}} = \frac{48t - 8t^3}{\sqrt{-119 + 48t^2 - 4t^4}},$$

$$V(2) = \frac{48 \cdot 2 - 8 \cdot 2^3}{\sqrt{-119 + 48 \cdot 2^2 - 4 \cdot 2^4}} = \frac{96 - 64}{\sqrt{-119 + 192 - 64}} = \frac{32}{3} \approx 10,7 \text{ м/с}.$$

Ответ: скорость удаления низа лестницы от стены равна  $10,7 \text{ м/с}$ .

*Производная высших порядков*

**Задача № 8.** Найдите  $n$ -ю производную функции  $y = \sqrt{x-2}$ .

Решение:

$$y' = (\sqrt{x-2})' = \frac{1}{2\sqrt{x-2}}; \quad y'' = \frac{1}{2} \left( (x-2)^{-\frac{1}{2}} \right)' = \frac{1}{2} \cdot \left( -\frac{1}{2} \right) \cdot (x-2)^{-\frac{3}{2}} = -\frac{1}{2^3 \cdot \sqrt{(x-2)^3}};$$

$$y''' = -\frac{1}{2^2} \left( (x-2)^{-\frac{3}{2}} \right)' = -\frac{1}{2^2} \cdot \left( -\frac{3}{2} \right) \cdot (x-2)^{-\frac{5}{2}} = \frac{1 \cdot 3}{2^3 \cdot \sqrt{(x-2)^5}};$$

$$y^{(IV)} = \frac{1 \cdot 3}{2^2} \left( (x-2)^{-\frac{5}{2}} \right)' = \frac{1 \cdot 3}{2^3} \cdot \left( -\frac{5}{2} \right) \cdot (x-2)^{-\frac{7}{2}} = -\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2^4 \cdot \sqrt{(x-2)^7}}.$$

Запишем производную  $n$ -го порядка:

$$y^{(n)} = (-1)^{n+1} \cdot \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n-3)}{2^n \cdot \sqrt{(x-2)^{2n-1}}}.$$

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Междисциплинарные связи содействуют формированию у студентов цельного представления о явлениях природы, помогают им использовать свои знания при изучении различных предметов, показывают комплексный подход к обучению. Был разработан элективный курс по теме «Производная и её применение».

**Список литературы**

1. Торогелдиева К.М. Теория и методика обучения математике // К.М. Торогелдиева. – Бишкек, 2008. – С. 220.
2. Торогелдиева К.М. Реализация междисциплинарных связей в процессе обучения математики // К.М. Торогелдиева. – Бишкек, 2013. – С. 219.
3. Бабаев В.С., Евграфова И.В. Реализация междисциплинарных связей курсов общей физики и высшей математики при проведении практических занятий. Актуальные проблемы преподавания физики в вузах России. Тезисы докладов Совещания заведующих кафедрами физики вузов России / Под ред. проф. Спирина Г.Г. – М.: АПР, 2009. – С. 43–45.
4. Масляев В.Н. Методы эколого-географических исследований (конспект лекций) // В.Н. Масляев. – Саранск: копи-центр «Референт», 2009. – С. 134.
5. Кутанов А., Асанова Ж.К. Математикалык анализ // А. Кутанов, Ж.К. Асанова. – Бишкек, 2015. – С. 186.

УДК 378.184:316.3

## СТУДЕНЧЕСТВО КАК ОСОБАЯ СОЦИАЛЬНАЯ ГРУППА В КОНТЕКСТЕ ЭТНОКУЛЬТУРНОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ

<sup>1</sup>Асипова Н.А., <sup>2</sup>Мамырова М.И.

<sup>1</sup>Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, e-mail: n-asipova@mail.ru;

<sup>2</sup>Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, e-mail: mmi\_sofico80@mail.ru

В статье рассматриваются социально-психологические особенности студенческого возраста, отражаются специфические и характерные черты, свойственные студентам, даются определения терминам «молодежь», «студенчество», «студенческий возраст», «этнокультурная социализация», «этническая идентичность». В центре внимания находятся социально-педагогические особенности становления студенческой молодежи, как особой социальной страты, раскрываются сущность и основы этнокультурной социализации студентов. Этнокультурная социализация студентов рассматривается как фактор расширения межэтнических связей и отношений, которая не исключает приверженности к родной культуре, составляет социально-культурную основу формирования этнической идентичности и самосознания представителей разных национальностей в условиях многонациональной среды и глобализации. Особый акцент делается на активность студентов в освоении национально-культурных ценностей и опыта, которое способствует формированию этнокультурной компетентности личности. Освещаются проблемы этнопсихологического и этнопедагогического образования студентов на разных этапах профессионального становления, которые в первую очередь направлены на этнокультурную социализацию и формирование этнокультурной идентичности студентов. Этнокультурное образование студентов представляется как изучение проявлений этнокультурных особенностей в стиле жизни, в совокупности менталитета, отражающиеся в традициях и обычаях, наличии акцента, диалекта, стиля одежды и прически, кухни, правила житейского этикета и др., которые имеются в народном фольклоре, в песнях и напевах, сказаниях и преданиях, в нравственных и эстетических ценностях, трудовых навыках, вероисповедании и др. признаках народной культуры.

**Ключевые слова:** молодежь, профессия, студенчество, социальная группа, студенческий возраст, страта, формирование, этнокультурная социализация, этнокультурное образование, этническая идентичность

## STUDENTS AS A SPECIAL SOCIAL GROUP IN THE CONTEXT OF ETHNOCULTURAL SOCIALIZATION

<sup>1</sup>Asipova N.A., <sup>2</sup>Mamyrova M.I.

<sup>1</sup>Kyrgyz National University. J. Balasagyn, Bishkek, e-mail: n-asipova@mail.ru;

<sup>2</sup>Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, e-mail: mmi\_sofico80@mail.ru

The article examines the socio-psychological characteristics of the student age, reflects the specific and characteristic features inherent in students, defines the terms «youth», «students», «student age», «ethnocultural socialization», «ethnic identity.» The focus is on the socio-pedagogical features of the formation of student youth as a special social stratum, the essence and foundations of the ethno-cultural socialization of students are revealed. Ethnocultural socialization of students is seen as a factor in the expansion of interethnic relations and relations, which does not exclude adherence to one's native culture, is the socio-cultural basis for the formation of ethnic identity and identity of representatives of different nationalities in a multinational environment and globalization. Particular emphasis is placed on the activity of students in the development of national cultural values and experience, which contributes to the formation of ethno-cultural competence of the individual. The problems of ethnopsychological and ethno-pedagogical education of students at different stages of professional development are highlighted, which, first of all, are aimed at ethno-cultural socialization and formation of ethno-cultural identity of students. Ethnocultural education of students is represented as the study of manifestations of ethnocultural features in the style of life, in the totality of mentality, reflected in traditions and customs, the presence of accent, dialect, style of clothing and hairstyle, cuisine, rules of everyday etiquette, etc., which are in folklore, songs and tunes, legends and legends, in moral and aesthetic values, labor skills, religion and other signs of folk culture.

**Keywords:** youth, society, profession, students, social group, student age, strata, formation, ethno-cultural socialization, ethnic identity

Общество состоит из разных социальных групп, которые нуждаются в специальном изучении. Особый научно-педагогический интерес представляют студенты, которые составляют наиболее профессионально ориентированную и перспективную часть общества. С педагогической точки зрения они являются социальной стратой, которая все еще находится на определенной стадии своего социально-

го и профессионального становления. Студенты как часть молодежи, социальное формирование которой все еще продолжается, подвержены различного рода социокультурным, этнокультурным и социально-психологическим влияниям окружающей среды. Данное обстоятельство диктует необходимость исследования факторов социализации современной студенческой молодежи.

Цель статьи: раскрытие социально-психологических особенностей студенческой молодежи в контексте этнокультурной социализации.

Задачи статьи:

– раскрыть научно-теоретические предпосылки исследования студентов как особой социальной категории в современной молодежной страте;

– показать особенности этнокультурной социализации студентов в современных условиях.

В статье использованы материалы исследования по изучению влияния народных традиций на социальное формирование студенческой молодежи в Кыргызском техническом университете им. И. Раззакова. В качестве **методов исследования** опирались на теоретический анализ источников, эмпирические методы изучения социальной ориентации студентов, беседы и интервью и т.д.

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

Студенты в нашем обществе, в частности в молодежной страте, занимают особую социальную группу. Данные обстоятельства диктуют необходимость раскрыть основное содержание понятия «молодежь» и выделить особенности и специфику студенческой молодежи.

Проблема молодежи на протяжении многих лет является объектом изучения различных наук и исследователей.

Одной из первых публикаций, в которых обсуждается широкий набор методологических проблем исследования молодежи, являются работы И.С. Кона. Он дает следующее определение: «Молодежь – социально-демографическая группа, выделяемая на основе совокупности возрастных характеристик, особенностей социального положения и обусловленная теми или другими социально-психологическими свойствами. Молодежь как определенная фаза, этап жизненного цикла биологически универсальна, но ее конкретные возрастные рамки, связанный с ней социальный статус и социально-психологические особенности имеют социально-историческую природу и зависят от общественного строя культуры и свойственных данному обществу закономерностей социализации» [1].

Изучение проблемы молодежи говорит о том, что они являются наиболее динамичной и трудоспособной частью общества с возрастным периодом от 16 до 35 лет. Им свойственна активность, восприимчивость и стремление к самовыражению. На жизненном пути у молодежи стоят особые за-

дачи, одна из них связана с определением и ориентацией на будущую профессию, которая потом требует многолетней профессиональной подготовки в рамках высшей или средней специальной школы. Именно этот отрезок времени, который молодежь посвящает получению знаний и профессиональных умений, навыков, связанных с будущей профессиональной деятельностью, называется студенческим периодом. Особенности студенческого периода заключаются в том, что в эти годы происходит не только познание профессиональных навыков, но и в том, что этот период является важным и решающим в развитии многих этнических признаков, в первую очередь тех, которые фокусируются в этническом самосознании как в центре переосмысления, упрочения и закрепления всей социо и этнокультурной информации о себе. Все последующие стадии формирования к своему «Я» будут естественно связаны с возможной трансформацией социокультурных знаний в зависимости от социально-политических, экономических, демографических, этнокультурных и других условий жизнедеятельности конкретного окружения.

В связи с этим хотелось бы отметить, что в студенческий период развития личности происходит не только познание и получение профессиональных навыков, но и этнокультурная социализация студентов. Поэтому одной из важнейших задач системы образования является этнопсихологическое и этнопедагогическое образование студентов на разных этапах профессионального образования, которая в первую очередь должна быть направлена, на развитие этнокультурной идентичности студентов. Такое этнокультурное образование исходит из того, что у всех и каждого народа имеется своя культура. Они проявляются в стиле жизни, в совокупности менталитета, отражаются в традициях и обычаях, наличии акцента, диалекта, стиля одежды и прически, кухни, правилах житейского этикета и др. Такие различия имеются в народном фольклоре, в песнях и напевах, сказаниях и преданиях, в нравственных и эстетических ценностях, трудовых навыках, вероисповедании и др. признаках культуры. Это значит, что в воспитательной работе мы имеем дело не с абстрактной личностью, находящейся вне времени и пространства, а с растущим человеком, живущим, развивающимся в определенной национально-культурной среде и на конкретном уровне социокультурного развития.

Целенаправленное этнопедагогическое образование должно способствовать осознанию этнических особенностей своей

культуры, оказывать влияние на формирование системы этнопсихологических свойств личности, которые трансформируются во внешнюю действительность и собственный внутренний мир личности. Особенную остроту приобретают вопросы этнического самосознания и этнической идентичности, которые тесно связаны с этнокультурной социализацией личности. Нынешняя ситуация, характеризующаяся интенсификацией миграционных и демографических процессов, расширением межэтнических связей и отношений, вовсе не исключает приверженности к родной культуре, которая составляет социально-культурную основу формирования этнической идентичности и самосознания представителей разных национальностей.

Этнокультурная социализация молодежи обеспечивает включение личности в сферу этнических отношений. Термин «этнокультурная социализация» раскрывается в работах И.В. Кожанова и М.Б. Кожановой, которые рассматривают этнокультурную социализацию как формирование социально активной личности, действия которой регулируются этнокультурными нормами и интересами [2].

В целом этнокультурная социализация личности связана – стремлением личности к сохранению своей этнической идентичности.

Этническая идентичность – это осознание своей принадлежности к определенной этнической общности и обособления от других этносов. А также переживание своего тождества с одной этнической общностью и отделения от других. Этничность определяется по ряду объективных показателей: этнической принадлежности родителей, месту рождения, языку, культуре [3].

Таким образом, этнокультурная социализация – это освоение студентами национально-культурных ценностей, этнокультурного социального опыта, которое способствует формированию этнокультурной компетентности личности.

Исследуя студентов как особую социальную группу в контексте этнокультурной социализации, необходимо для начала определить специфические и характерные черты, свойственные студентам, и рассмотреть сущность понятий студенчество и студент.

Осуществленное с этих позиций изучение студенческой категории молодежи говорит о том, что слово студент (от лат. *studens*, род. падеж *studentis* – усердно работающий, занимающийся) означает учащегося высшего, а в некоторых странах и среднего учебного заведения. В Древнем Риме и в средние века студентами называ-

ли любых лиц, занятых процессом познания. С открытием университетов в XII веке термин «студент» стал употребляться для обозначения обучающихся (первоначально и преподающих) в них лиц; после введения ученых званий для преподавателей (магистр, профессор и др.) – только учащиеся [4].

Студента как человека определенного возраста и как личности можно охарактеризовать с трех сторон:

1. С психологической, которая представляет собой единство психологических процессов, состояний и свойств личности. Главное в психологической характеристике составляют психические свойства (направленность, темперамент, характер, способности), от которых зависит протекание психических процессов, возникновение психических состояний, проявление психических образований, обусловленных профессиональным становлением.

2. С социальной, в которой воплощаются общественные отношения, качества, порождаемые принадлежностью студента к определенной социальной группе, национальности и т.д.

3. С биологической, которая включает тип высшей нервной деятельности, строение анализаторов, безусловные рефлексы, инстинкты, физическую силу, телосложение, черты лица, цвет кожи, глаз, рост и т.д. Эта сторона в основном предопределена наследственностью и врожденными задатками, но в известных пределах изменяется под влиянием условий жизни [5].

Кроме этого, студента можно изучать с культурологической стороны, согласно которой он рассматривается как носитель духовно-нравственной культуры общества, где немаловажное значение имеют этнокультурные особенности среды. Культурологическая сторона обеспечивает развитие общечеловеческих ценностей, овладение способами и приемами культурологического познания, которые трансформируются в социокультурных и в жизненных ситуациях личности.

Исследование культурологического аспекта формирования студентов позволяет понять социально-психологические характеристики личности студента, где наиболее ярко проявляются его национальные, возрастные и личностные особенности. Это связано с тем, что каждый человек реагирует на внешний мир в соответствии с особенностями своей культуры. Эти культурные нормы зачастую не осознаются личностью, поскольку они составляют часть его природы. Осознание особенностей собственной культуры наиболее

ощущается при контакте с людьми, которые в своем поведении руководствуются другими культурными нормами. Сопровождаемые этнодифференцирующими и этноконсолидирующими факторами, такого рода взаимодействия зачастую связаны с определенным дискомфортом, что требует специального исследования.

Из вышесказанного следует, что студенчество как особая группа молодежи отличается свойственными ей условиями жизни, труда и быта, социальным поведением, психологией и системой ценностных ориентаций, где немаловажное значение имеет этнокультурная социализация.

В числе специальных исследований, посвященных проблемам студенчества, следует выделить работы О.А. Абдулина, А.С. Власенко, В.А. Житенева, С.Н. Иконниковой, И.С. Кона, Ю. Колесниковой, Т.В. Ищенко, В.Т. Лисовского, А. Н. Семашко, И.П. Селезневой, Б. Рубина, Е.Л. Рудневой, Е.Б. Шаровой и др. Каждый из перечисленных авторов внес свой вклад в определение студенчества, как особой категории молодежи, отличающейся своей социальной ориентацией.

Кроме этого, особый интерес представляют работы таких ученых, как Б.Г. Анянueva, Н.И. Кузьминой, А.В. Петровского, Н.И. Савотиной, И.П. Селезневой, которые рассматривают студенчество как особую социально-психологическую общность людей, объединенную институтом высшего образования, где в качестве системообразующего фактора выступает овладение социокультурными и профессиональными знаниями, умениями и навыками.

В исследованиях, посвященных студенчеству, можно также выделить труды исследователей Ж. Атаянц, О. Василенко, Д. Константиновского, Ю. Колесникова, А. Котовой, А. Кушак, А. Петрова, В. Подерно, М. Шульги и др., которые рассматривают студенчество как носителя специфической субкультуры.

По мнению Л.В. Мосиенко, именно студенческая субкультура способствует совершенствованию профессиональной подготовки, приобретению умений сотрудничества, приобщению к общечеловеческим ценностям через событие с другими, развитию коммуникативных, креативных умений, самосознания, то есть понимания и осознания себя через других, саморазвитию и самореализации, обогащению жизненного и профессионального опыта [6].

Из вышеизложенных определений следует, что студенчество как социальная группа имеет свои специфические особенности и объединяет молодых людей общими целя-

ми и задачами. И поэтому основной характеристикой студенчества как социальной группы мы считаем активное формирование у них социальной зрелости, которая проявляется в способности молодых людей выполнять различные социальные роли как гражданина, профессионала, семьянина и представителя конкретной нации.

Исследуя проблему, студенчества, следует обратить внимание на такую важную характеристику, как студенческий возраст, так как именно в этот период у студентов активно формируется образ возможного будущего и система взглядов на действительность, воздействующих на становление характера и личности в целом. Это возраст высокого уровня интеллектуального развития, когда обогащается ментальный опыт, впервые масштабно рассматривается свой внутренний мир, своя индивидуальность, формируется целостный Я-образ. Данная особенность объясняется появлением на соответствующем возрастном этапе необходимых к этому предпосылок, таких как овладение понятийным мышлением, накопление достаточного количества жизненного опыта, усвоение определённого социального положения. В качестве стимулов к развитию данных личностных основ выступает также значительное расширение сферы общения, столкновение с многообразием возможных форм поведения, взглядов, идеалов [7].

Итак, изучая студенческий возраст, мы видим, что именно этот возраст совпадает с периодом интенсивного развития личности, молодежь в этом возрасте старается смотреть на жизнь более глубоко, искать поддержку и защиту в стабильных ценностях своих предков. Следовательно, этнокультурные ценности народа в виде традиций и обычаев начинают приобретать существенное значение в жизни современной молодежи. Это обусловлено тем, что они тесно связаны с жизнью и бытом народа, присутствуют в семье и напрямую воздействуют на сознание, чувства и поведение человека с детства. Благодаря народным традициям, существующим в социокультурной среде, происходит формирование социально-ценностных ориентаций молодежи.

### Выводы

В результате проведенного исследования необходимо сделать следующие выводы:

1. Студенчество как социальная группа имеет свои специфические особенности, где в качестве главного объединяющего фактора выступает направленность на профессиональное образование и познание

окружающего мира, как члена определенного социума.

2. Особенности студенческого периода заключаются в том, что в эти годы происходит не только познание профессиональных навыков, но и в том, что этот период является важным и решающим в развитии многих этнических признаков, в первую очередь тех, которые фокусируются в этническом самосознании как в центре переосмысления, упрочения и закрепления всей социо- и этнокультурной информации о себе.

3. Социальное формирование личности студента, сопровождаемое этнокультурным образованием, способствует этнокультурной социализации, т.е. активному усвоению знаний о своей этнической культуре, формирует этническую идентичность, регулирует поведение студенческой молодежи согласно этническим нормам и интересам народа. Воспитание, построенное на основе этнокультурных ценностей, развивает

уважение к своей культуре и повышает этнокультурную компетентность студентов.

#### Список литературы

1. Кон И.С. Молодежь // Вопросы психологии. – 1981. – № 2. – С. 47–45.
2. Кожанов И.В., Кожанова М.Б. Этнокультурная социализация учащихся: теоретические аспекты // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74), ч. 2. – С. 64–70.
3. Султанбаева К.И. Курс лекций по дисциплине этнопедагогика и этнопсихология. – Абакан, 2010. – 200 с.
4. Кон И.С. Молодежь // Философский энциклопедический словарь / ред. колл. С.С. Северинцев и др. 2-е изд. – М.: Просвещение, 2012. – 245 с.
5. Буланова-Топоркова М.В. Педагогика и психология высшей школы: учебное пособие / М.В. Буланова-Топоркова. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 512 с.
6. Моисенко Л.В. Студенческая субкультура в образовательном пространстве вуза // Высшее образование сегодня. – 2011. – № 1. – С. 25–29.
7. Петрова В.Л. Образ будущего и профессиональные планы студентов в условиях реформы образования // Психология обучения. – 2009. – № 10. – С. 75–81.

УДК 378:61

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ РЕЗИДЕНТУРЫ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ ПЕДИАТРИЯ

**Кузгибекова А.Б., Абеуова А.Б., Ерёмичева Г.Г., Кенжебаева К.А., Жумаканова К.С.**  
*Карагандинский государственный медицинский университет, Караганда, e-mail: kamshat\_zh@list.ru*

В статье представлены некоторые аспекты оценки образовательной программы (ОП) по специальности педиатрия в Республике Казахстан. В обеспечении качественной подготовки выпускников резидентуры важным является мониторинг и оценка ОП. В связи с чем в Карагандинском государственном медицинском университете (КГМУ) постоянно проводится мониторинг ОП, определен и внедрен механизм для оценки программы. Оценка ОП по педиатрии проводится с учетом миссии вуза, требуемых конечных результатов обучения, содержания ОП, оценки знаний и навыков, образовательных ресурсов университета. В статье описана организация процесса мониторинга и оценки, представлены структурные и совещательные подразделения, обеспечивающие мониторинг и оценку, а также роль заинтересованных сторон в улучшении ОП по педиатрии. Система мониторинга и оценки ОП проводится на всех уровнях на основании многоуровневого подхода Д. Киркпатрика. В ОП резидентов имеется компонент по выбору – каталог элективных дисциплин (КЭД). Систематический анализ обратной связи стейкхолдеров – широкого круга заинтересованных сторон, проводимый в вузе на регулярной основе, позволяет выявить слабые места, разработку путей улучшения и совершенствования ОП с целью повышения качества подготовки слушателей резидентуры.

**Ключевые слова:** резидентура, образовательная программа резидентуры по специальности педиатрия, профессиональные компетенции, широкий круг заинтересованных сторон, обратная связь

## TO THE QUESTION OF ESTIMATION OF RESIDENCY EDUCATION PROGRAM ON THE SPECIALTY PEDIATRICS

**Kuzgibekova A.B., Abeuova A.B., Eremicheva G.G., Kenzhebaeva K.A., Zhumakanova K.S.**  
*Karaganda State Medical University, Karaganda, e-mail: kamshat\_zh@list.ru*

The article presents some aspects of the assessment of the educational program on specialty Pediatrics in the Republic of Kazakhstan. In ensuring of qualitative training of the residency graduates it is important to monitor and assess the educational program. Therefore, Karaganda State Medical University (KSMU) constantly monitors the educational program, identified and implemented the mechanism for program assessment. Assessment of the educational program (EP) on Pediatrics specialty is conducted with regard to the mission of the university, required final results of the training, the content of the educational program, the assessment of knowledge and skills, the educational resources of the university. The article describes the organization of the monitoring and assessment process, presents the structural and advisory units that provide monitoring and assessment, as well as the role of stakeholders in improving the educational program on pediatrics. The system of monitoring and evaluation of the educational program is conducted at all levels on the basis of the multilevel approach of D. Kirkpatrick. In the educational program of residents there is a component of choice (catalog of elective disciplines). Systematic feedback analysis of stakeholders – a wide range of stakeholders, conducted at the university on a regular basis, allows us to identify weaknesses, develop ways to improve and improve the OP in order to improve the quality of training residents of the residency.

**Keywords:** residency, residency education program on the specialty Pediatrics, professional competencies, a wide range of stakeholders, feedback

Важным аспектом в обеспечении качественной подготовки выпускников резидентуры по специальности педиатрия является мониторинг и оценка соответствующей ОП по специальности – педиатрия. В связи с чем в КГМУ постоянно проводится мониторинг ОП, определен и внедрен механизм для оценки программы. Оценка ОП по педиатрии проводится с учетом миссии и видения КГМУ, требуемых конечных результатов обучения, содержания ОП, оценки знаний и навыков, образовательных ресурсов университета.

Механизмы оценки программы резидентуры в КГМУ включают: мониторинг обеспеченности учебного процесса ресурсами (клинические базы, учебная литература, аудиторный фонд, оборудование,

профессорско-преподавательский состав (ППС): преподаватели, клинические наставники, кураторы); мониторинг соответствия учебных планов требованиям государственных стандартов образования; мониторинг обратной связи от заинтересованных сторон о качестве содержания ОП [1–2].

Цель исследования: описать только некоторые механизмы оценки, детализируя роль структурных и совещательных органов в процессе мониторинга и оценки ОП, значимость обратной связи от широкого круга заинтересованных сторон.

В работе описаны некоторые аспекты современной модели организации процесса мониторинга и оценки ОП по специальности педиатрия в КГМУ.

В ОП резидентуры по специальности педиатрия четко определено общее содержание, структура и продолжительность подготовки. Конечные результаты ОП по педиатрии идентифицированы с учетом базового медицинского образования и потребности практического здравоохранения. Установлены обязательные компоненты и компоненты по выбору, при этом в процессе подготовки предусмотрена интеграция практики и теоретического обучения [3–4]. В ОП отражена преемственность с базовым медицинским образованием и непрерывным профессиональным развитием. Следует подчеркнуть важность использования в процессе обучения электронно-технических продуктов как в учебное, так и во внеучебное время, включая элементы дистанционного обучения.

За организацию образовательного процесса по резидентуре педиатрия ответственны ряд структурных подразделений КГМУ, деятельность которых построена по типу иерархии. Ответственность за формирование компетенций резидента по преподаваемым дисциплинам, за качество преподавания, актуализацию содержания учебно-методического комплекса дисциплины (УМКД), в соответствии с тенденциями развития современной системы здравоохранения, достижениями науки, возлагаются на профильную педиатрическую кафедру. Основными обязанностями кафедры в рамках оценки ОП по Педиатрии является мониторинг портфолио: анализ результатов текущего, рубежного, итогового контроля; организация промежуточной аттестации; мини-клинического экзамена; анализ полугодовых и годовых отчетов слушателей резидентуры; итоговая аттестация слушателей резидентуры; анализ результатов независимого комплексного тестирования [5]. Следующим структурным подразделением, обеспечивающим ОП по педиатрии, является деканат резидентуры и дополнительного образования, который, отвечая за формирование рабочего учебного плана и академического календаря, составление расписания, формирование учебных групп и академических потоков, анализирует на основании экзаменационных ведомостей учебные достижения резидентов. Немаловажная роль в организации ОП по педиатрии принадлежит департаменту учебно-методической работы (ДУМР), который, формируя КЭД, проводит проверку качества УМКД и мониторинг учебно-методической документации кафедр резидентуры [6].

Важные решения по улучшению организации ОП по педиатрии принимаются

путем обсуждения на заседаниях совещательных органов, к которым относятся: комитет образовательных программ (КОП), академический совет (АС), клинический совет (КС). Особенностью деятельности КОП по резидентуре является формирование рабочих групп по экспертизе и оценке ОП, методов обучения и оценки знаний и навыков, по экспертизе КЭД, планированию мероприятий по улучшению содержания и процесса реализации ОП. Вместе с этим КОП разрабатывает образовательные траектории, отслеживает преемственность уровней образования и проводит мониторинг реализации потребностей практического здравоохранения в рамках подготовки в резидентуре. В состав КОП входят заведующие кафедрами, профессора, доценты, преподаватели кафедр, представители практического здравоохранения, представители контингента обучающихся – резиденты. Значимость АС заключается в разработке основных направлений методической работы в целях повышения уровня подготовки специалистов, в координации взаимодействия структурных подразделений университета, обеспечивающих ОП в резидентуре. Деятельность КС заключается в управлении и совершенствовании клинической подготовки резидентов, осуществляемой на разных уровнях оказания медицинской помощи, начиная с районных, городских, областных, республиканских организаций здравоохранения [7].

В совещательных органах КГМУ соблюдается должное представительство резидентов, как заинтересованных сторон в конечных результатах программ.

Важно отметить работу других структурных подразделений в обеспечении реализации ОП. Прежде всего, департамента кадровой политики и человеческих ресурсов, который совместно с деканатом ответственен за подбор ППС, их соответствие квалификационным требованиям, профилю специальности; обеспечение контроля за совершенствованием и развитием компетенций педагогов. Отдел клинической работы и трудоустройства выпускников ответственен за мониторинг и отбор клинических баз, заключение договоров и координацию работы с клиническими базами, сбор и анализ обратной связи об удовлетворенности ППС и обучающихся клиническими базами, удовлетворенности работодателей качеством подготовки выпускников, организацией медицинского обслуживания обучающихся.

Оценка содержания ОП резидентуры, методов обучения и оценки учебных достижений обучающегося осуществляется на

основе данных обратной связи от обучающихся (анкетирование резидентов), специалистов практического здравоохранения, ППС, работодателей, КС КГМУ [8–9].

Основными методами оценки уровня освоения компетенций слушателями резидентуры по специальности педиатрия являются: содержание портфолио резидента; анализ результатов текущего, рубежного, итогового контроля по дисциплине, промежуточной аттестации; мини-клинического экзамена; анализ полугодовых и годовых отчетов слушателей резидентуры; итоговая аттестация слушателей резидентуры; анализ результатов независимого комплексного тестирования (НКТ).

НКТ выпускников резидентуры проводится с 2015 г. по приказу Министерства здравоохранения Республики Казахстан. Проведение НКТ *выпускников* резидентуры направлено в первую очередь на повышение качества образовательных услуг медицинских вузов Казахстана. Тестовые задания разработаны в соответствии с Типовой профессиональной учебной программой по специальностям резидентуры. Все тестовые задания готовит ППС с большим опытом педагогической работы, имеющие сертификаты тестологов. Тесты готовятся в большой секретности, анонимно и проходят экспертизу. В нашем вузе, согласно «Положение о резидентуре КГМУ» обучающийся, не согласный с результатом комплексного экзамена, подает апелляцию не позднее следующего рабочего дня после его проведения. При получении неудовлетворительной оценки обучающиеся (даже с учетом апелляции) отчисляются из вуза приказом ректора с выдачей Справки, выдаваемой гражданам, не завершившим образование. Передача комплексного экзамена лицам, получившим оценку «неудовлетворительно», в текущем учебном году итоговой аттестации не разрешается, а возможна только в следующем году [10–11].

В 2015–2016 гг. треть резидентов-педиатров не смогли пройти КНТ. В 2017 году все резиденты-педиатры сдали КНТ на удовлетворительные оценки.

Ежегодно отчет председателя итоговой государственной аттестации (ИГА) по результатам итоговой аттестации выпускников резидентуры заслушивается на ученом совете КГМУ.

В оценке ОП и конечных результатов программ подготовки слушателей резидентуры участвуют заинтересованные стороны – стейкхолдеры. Прежде всего – организации практического здравоохранения: районные, городские, областные, республиканские медицинские организации детско-

го профиля. Работодатели и специалисты педиатрических специальностей привлекаются к обсуждению предполагаемых результатов обучения; к оценке учебных достижений обучающихся и удовлетворенности подготовкой выпускников резидентуры по специальности Педиатрия. Регулярно проводятся анализ анкет работодателей, вносятся изменения в ОП на основании их рекомендаций и предложений с целью повышения удовлетворенности потребностей практического здравоохранения в качестве подготовки резидента и улучшения ОП, совершенствования ключевых и конечных компетенций выпускников резидентуры по специальности педиатрия.

Процесс оценки ОП в вузе предполагает привлечение обучающихся резидентов. По окончании каждой дисциплины проводится изучение их удовлетворенности результатами обучения по дисциплине и удовлетворенности качеством организации учебного процесса путём анкетирования. Регулярно в течение 3 лет (2014–2015; 2015–2016; 2016–2017) на профильной кафедре резиденты анкетировались согласно анкетам: «Преподаватель глазами резидентов», состоящей из 18 вопросов и «Удовлетворенность резидентов образовательной программой», включающей 11 вопросов.

Анализ результатов анкетирования по вопросу: «Преподаватель заинтересован в успехах резидентов» показал, что, по мнению резидентов, в 2014–2015 гг. преподаватели были заинтересованы в успехах резидентов в 82,8%; в 2015–2016 гг. процент заинтересованности со стороны ППС был выше и соответствовал 87,7%; в 2016–2017 – этот показатель имел наивысшее значение – 94,4%.

Анализ вопроса анкеты: «Преподаватель ориентирует на использование изучаемого материала в будущей профессиональной и общественной деятельности» показал, что по сравнению с 2014–2015 гг. (78,5%) в 2016–2017 гг. (92,5%) резиденты чаще отмечают использование изучаемого теоретического материала в практической деятельности, а также больше удовлетворены возможностью применения получаемых знаний как в процессе учебного времени, так и в условиях самостоятельной работы резидента. При этом резиденты отмечают важность ориентации преподавателя на ключевые моменты теоретического обучения, которые затем закрепляются у «постели большого ребенка» или в процессе лабораторно-инструментального обследования с целью верификации диагноза и/или назначения рационального этио-патогенетического лечения.

Изучение полученных результатов анкетирования резидентов по вопросу «Преподаватель способствует развитию уровня знаний, умений и навыков у резидентов» установил, что в течение анализируемых 3 лет (2014–2015 – 92,8%, 2015–2016 – 93,7%, 2016–2017 – 94,5%) резиденты отмечали в большинстве случаев удовлетворенность и согласие с тем, что преподаватели способствуют развитию уровня знаний, умений и навыков, которые в последующем самостоятельно применяются резидентами их в практической деятельности.

По результатам анализа вопроса «Преподаватель проявляет уважительное отношение к резидентам» установлено, что, по мнению резидентов, как правило, преподаватель проявляет доброжелательность, такт и уважительное отношение к резидентам соответственно в 2014–2015 – 92,8%; в 2015–2016 – 93,7%; в 2016–2017 – 94,4%.

Регулярно на профильной кафедре проводится анкетирование резидентов с целью изучения уровня удовлетворенности ОП.

Нами проведен сравнительный анализ результатов анкетирования резидентов за 3 года (2014–2015; 2015–2016; 2016–2017). Результаты анкетирования свидетельствуют о повышении удовлетворенности содержанием ОП – с 76,2% в 2014–2015 гг.; 83,2% в 2015–2016 гг.; 92,8% в 2016–2017 гг. Изучение удовлетворенности резидентов методами обучения установило положительную динамику за анализируемый период с 82,5% (2014–2015 гг.) до 87,5% (2015–2016 гг.) и повышение этого показателя до 92,8% в 2016–2017 гг. Важно отметить, что в течение 3 лет увеличилась удовлетворенность резидентов организацией учебного процесса (с 85,7% в 2014–2015 гг. до 94,2% в 2016–2017 гг.). При этом резиденты отмечали большую возможность доступа и работы у «постели больного», проведения диагностических, лечебных манипуляций для освоения практических навыков и др. Удовлетворенность резидентов выбором элективных дисциплин была высокой в течение всего анализируемого периода и соответствовала в 2014–2015 гг. – 92,8%, в 2015–2016 гг. – 93,8%, в 2016–2017 гг. – 95,9%. По результатам анкетирования установлено, что удовлетворенность резидентов уровнем освоения ОП по специальности педиатрия имела высокие показатели на протяжении всех 3-х лет (2014–2015 гг. – 91,8%; 2015–2016 гг. – 93,7%; 2016–2017 гг. – 95,4%).

Вместе с этим, согласно результатам анкетирования резидентов за анализируемый период, было выявлено следующее: повышение удовлетворенности материаль-

но-технической базой с 88,5% до 93,3%; удовлетворенность качеством информационного обслуживания повысилась с 85,2% до 97,5%; повысилась удовлетворенность материально-технической обеспеченностью клинических баз (с 78,5% до 92,8%); также отмечается положительная тенденция в организации научно-исследовательской работы резидентов (91,4% в 2016–2017 гг. против 78,5% в 2014–2015 гг.). Итоги опроса резидентов по анкете «Удовлетворенность резидентов ОП» показали, что в течение изучаемого периода с 2014–2015 гг. до 2016–2017 гг. резиденты были удовлетворены качеством образовательного процесса в университете.

Анализируя данные анкетирования согласно опросникам «Преподаватель глазами резидентов» и «Удовлетворенность резидентов ОП», можно сделать заключение о конструктивном и резидент-ориентированном обучении в университете. Вместе с тем полученные данные анализа обратной связи и результаты мониторинга позволяют разрабатывать мероприятия с целью улучшения программы подготовки резидентов, при необходимости проводится внесение изменений и дополнений в ОП, тем самым улучшая качество подготовки выпускников резидентуры.

ППС, являясь заинтересованной стороной и обеспечивающей образовательный процесс в резидентуре, регулярно привлекается к разработке и обсуждению предполагаемых результатов обучения; к оценке фактических результатов обучения резидентов. Результаты обратной связи учитываются при планировании работы на улучшение образовательного процесса. В целом использование обратной связи способствует лучшему пониманию потребностей широкого круга заинтересованных сторон (работодателей, ППС, резидентов и др.) и носит системный характер при внесении изменений в ОП [11].

Представители практического здравоохранения, имеющие большой опыт работы, являются клиническими наставниками на кафедрах и осуществляют клиническую подготовку резидентов, обеспечивают преемственность между медицинским образованием и практическим обучением «у постели больного» в условиях реальной практики, способствуя совершенствованию профессиональных компетенций, коммуникативных навыков. Показателями эффективности работы клинического наставника являются: получение обучающимися врачебных навыков и компетенций по специальности, достижение качественной подготовки и эффективного распределения

в соответствии с потребностями практического здравоохранения и прохождения независимой экзаменации.

Также представители практического здравоохранения принимают участие в формировании ОП в качестве рецензентов рабочих программ и тестовых заданий по дисциплинам полугодовой аттестации (промежуточная аттестация).

Обсуждение результатов обратной связи, эффективность проведенных мероприятий осуществляется на заседаниях кафедр, КОП, АС, КС, Ученого совета КГМУ, в состав которых входят представители всех заинтересованных сторон, в том числе и резиденты. Помимо этого, доступ заинтересованных сторон к результатам оценки ОП обеспечивается информированием на сайте, публикациями в журнале «Медик». Для обратной связи с преподавателями и резидентами используется блог ректора, на котором обучающиеся и сотрудники университета получают ответы на интересующие их вопросы по условиям реализации ОП.

Система мониторинга и оценки ОП проводится на всех уровнях, с использованием многоуровневого подхода Д. Киркпатрика, и включает профилирующую, смежные кафедры, КОП, АС, деканат резидентуры и дополнительного образования.

В соответствии с моделью Д. Киркпатрика и с целью оценки ОП по специальности педиатрия на факультете ведется постоянный мониторинг обратной связи от обучающихся резидентов (Reaction – первый уровень оценки). Анкетирование резидентов проводится по завершению каждой дисциплины кафедрами и по завершению учебного года, анкеты содержат вопросы об удовлетворенности учебным процессом. Анализ анкет позволяет получить сведения по удовлетворенности процессом обучения, уровнем мотивации резидента к освоению новых знаний, навыков и умений и в целом к обучению [12].

Два раза в год в рамках промежуточной аттестации профильная кафедра и деканат резидентуры проводят анализ успеваемости слушателей резидентуры с обсуждением отчета на заседании КОП (Learning – второй уровень оценки). Важным моментом анализа является: освоили ли резиденты необходимые навыки, уровень и качество их освоения. При выявлении «слабых» мест проводится соответствующая корректирующая работа по повышению уровня освоения и обучения по соответствующим дисциплинам.

Оценка портфолио слушателя резидентуры по специальности педиатрия позволя-

ет оценить способность применять приобретенные в учебе знания и навыки в работе и соответственно достижения резидентов по всем видам деятельности, достигнутые ими в процессе обучения (Behavior – третий уровень оценки). Результаты оценки портфолио обсуждаются на заседании кафедр, деканата и КОП. При этом обращается внимание на те виды деятельности обучающихся, которые недостаточно освещены и, возможно, не позволяют им достичь конечных результатов обучения. Важным моментом является подтверждение применения полученных навыков в работе у «постели больного».

Результаты Итоговой аттестации и независимой оценки знаний выпускников, результаты трудоустройства демонстрируют результаты обучения, принятые в качестве индикаторов качества, и то насколько реализация ОП приближается к выполнению миссии ОП. Результаты итоговой аттестации и независимой оценки знаний выпускников обсуждаются на заседании учебно-методического совета, Ученого совета КГМУ (Results – четвертый уровень оценки). При недостаточном уровне знаний, демонстрируемых при независимой оценке знаний выпускников, разрабатываются соответствующие мероприятия на уровне кафедры, деканата.

По завершении резидентуры по специальности педиатрия отмечается высокий процент трудоустройства выпускников (100%).

Таким образом, в оценке ОП по специальности Педиатрия участвуют различные структурные подразделения вуза, каждая из которых имеет свою ответственность в процессе оценки ОП. При этом в оценке ОП участвуют и совещательные органы вуза. Система мониторинга и оценки ОП проводится на всех уровнях на основании многоуровневого подхода Д. Киркпатрика. В ОП резидентов имеется компонент по выбору – КЭД. Систематический анализ обратной связи стейкхолдеров – широкого круга заинтересованных сторон, проводимый в вузе на регулярной основе, позволяет выявить слабые места, разработку путей улучшения и совершенствования ОП с целью повышения качества подготовки слушателей резидентуры.

#### Список литературы

1. Стратегический план развития РК до 2020 года: Указ Президента РК от 1 февраля 2010 г., № 922. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30559730](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30559730) (дата обращения: 10.06.2018).

2. Государственная программа развития образования Республики Казахстан на 2011–2020 годы: Указ Президента РК от 7 декабря 2011 г., № 1118. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30906915](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30906915) (дата обращения: 10.06.2018).

3. План мероприятий на 2011–2015 годы по реализации Государственной программы развития образования Республики Казахстан на 2011–2020 годы: Постановление Правительства РК от 11 февраля 2011 г., № 130. URL: [https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo\\_respubliki\\_kazahstan\\_premier\\_ministr\\_rk/hozyaystvennaya\\_deyatelnost/id-P1100000130](https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo_respubliki_kazahstan_premier_ministr_rk/hozyaystvennaya_deyatelnost/id-P1100000130) (дата обращения: 10.06.2018).
4. Об образовании: Закон Республики Казахстан от 27 июля 2007 г., № 319-III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.12.2017 г.). URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30118747#pos=0;0](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30118747#pos=0;0) (дата обращения: 10.06.2018).
5. Об утверждении Типовых правил проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся: Приказ Министра образования и науки РК от 18 марта 2008 г., № 125. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30180256#pos=0;100](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30180256#pos=0;100) (дата обращения: 10.06.2018).
6. Об утверждении Положения о резидентуре: Приказ МЗ РК от 30 января 2008 г., № 28. URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V080005142> (дата обращения: 10.06.2018).
7. Тургунова Л.Г., Кошерава Б.Н., Умбеталина Н.С., Бачева И.В., Шилина Ю.С. Результаты анкетирования резидентов по оценке сформированности базовых практических навыков // Медицинское образование – новые горизонты: материалы III Центрально-Азиатской международной научно-практической конференции. – Караганда, 2015. – С. 360–363.
8. Кузгибекова А.Б., Абеуова А.Б., Кенжебаева Г.А., Еремичева Г.Г., Бабенко М.Б., Жумаханова К.С. Современные аспекты подготовки резидентов по специальности педиатрия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 3. – С. 277–280.
9. Алпысова А.Р., Суббота Ю.В., Матаева Л.М., Бочарова Л.И., Телембетов Н.Т. Опыт внедрения инновационных методов оценки знаний // Медицинское образование – новые горизонты: материалы III Центрально-Азиатской международной научно-практической конференции. – Караганда, 2015. – С. 63–66.
10. Стандарты специализированной (программной) аккредитации по послевузовскому образованию (подготовки врачей в резидентуре). (Утверждены и введены в действие приказом Независимого Казахстанского агентства по обеспечению качества в образовании от 01.08.2012 г. № 4. Частичные изменения и дополнения внесены приказом НКАОКО-IQAA от 25.08.2014 г. № 7 и от 24.08.2015 г. № 8). 2015. – 32 с. URL: [http://iqaa.kz/images/doc/%D0%9E%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%A7\\_%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82\\_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%86\\_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B.pdf](http://iqaa.kz/images/doc/%D0%9E%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%A7_%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%86_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B.pdf) (дата обращения: 10.06.2018).
11. Стандарты и руководства для обеспечения качества в европейском пространстве высшего образования (ESG) (новая редакция) (Утверждена на Ереванской конференции министров образования в 14–15 мая 2015 г.). – 2015. – 32 с. URL: [http://ec.europa.eu/dgs/education\\_culture/repository/education/library/publications/2015/ects-users-guide\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/repository/education/library/publications/2015/ects-users-guide_en.pdf) (дата обращения: 10.06.2018).
12. Стандарты институциональной аккредитации медицинских организаций образования (последипломное образование) (утвержден и введен в действие приказом от 8.09.2015 г. № 21-15-ОД). – 2015. – 34 с. URL: [http://www.iaar.kz/docstation/com\\_docstation/107/standartyinstpmo.pdf](http://www.iaar.kz/docstation/com_docstation/107/standartyinstpmo.pdf) (дата обращения: 10.06.2018).

УДК 378:372.8

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОБУЧАЮЩИХСЯ****<sup>1</sup>Сарсекеева Ж.Е., <sup>1</sup>Акильбекова А.С., <sup>2</sup>Сарсекеева Н.Е.**<sup>1</sup>*Казахстанский государственный университет им. Е.А. Букетова, Караганда,  
e-mail: anaritta\_1995@mail.ru;*<sup>2</sup>*Казахстанский государственный медицинский университет, Караганда,  
e-mail: sarsekeeva.04@mail.ru*

В статье проанализированы средства информационных технологий, направленных на развитие интеллектуального потенциала обучающихся. Значимость статьи определена тем, что современное общество нуждается в компетентной, креативно мыслящей личности, управляющей собственной интеллектуальной деятельностью во взаимодействии с членами общества. Вопрос ее развития причислен к приоритетным сферам в политике Казахстана. В силу этого увеличиваются условия стратегии формирования и управления интеллектуальным потенциалом нации. При этом особое значение приобретает применение информационных технологий в учебном процессе. Результативность средств информационных технологий находится в зависимости от способов и форм их использования в обучении. Из всего разнообразия педагогических применений средств информационных технологий отдельно стоит выделить использование программных средств, в связи с их популярностью в практике отечественного и зарубежного образования. В статье представлена типология программных средств, рассматриваемая с точки зрения их многофункционального и методического назначения. Методическое предназначение любого вида программных средств отображает методическую задачу его применения в процессе обучения и те возможности программных средств, осуществление которых интенсифицирует учебный процесс, переводит его на качественно более значительный уровень. В статье раскрыты основные аспекты разработки электронных учебных изданий, указанные в Государственном стандарте Республики Казахстан. В результате исследования выявлено, что необходимо учитывать возможности информационных технологий, способствующих развитию интеллектуального потенциала обучающихся.

**Ключевые слова:** информационные технологии, интеллектуальный потенциал, программные средства**INFORMATION TECHNOLOGIES AS CONDITION OF STUDENTS INTELLECTUAL  
POTENTIAL DEVELOPMENT****<sup>1</sup>Sarsekeeva Zh.E., <sup>1</sup>Akilbekova A.S., <sup>2</sup>Sarsekeeva N.E.**<sup>1</sup>*Karaganda State University of E.A. Buketov, Karaganda, e-mail: anaritta\_1995@mail.ru;*<sup>2</sup>*Karaganda State Medical University, Karaganda, e-mail: sarsekeeva.04@mail.ru*

The article analyzes means of information technologies aimed at students intellectual potential development. Relevance of the article is due to the fact that modern society needs a competent, creative thinking person who manages its own intellectual activity in interaction with society members. Problem of its development is assigned to priority areas in the policy of Kazakhstan. Therefore, requirements to the strategy of forming and managing the nation intellectual potential are increasing. Herewith, the use of information technologies is of particular importance in educational process. Effectiveness of means of information technology depends determinative on the ways and forms of their use in learning. Of all pedagogical applications diversity of means of information technology, it is especially worth highlighting the software use, in connection with their popularity in practice of domestic and foreign education. The article presents a software typology, considered from the point of view of their functional and methodical purpose. Methodical purpose of each type of software reflects methodological aim of its use in learning process and software tools possibilities, implementation of which intensifies the learning process and transfers it to a qualitatively higher level. The article reveals main aspects of electronic educational publications development, specified in the State Standard of the Republic of Kazakhstan. As a result the research reveals that it is necessary to take into account the possibilities of information technologies that contribute to the students intellectual potential development.

**Keywords:** information technologies, intellectual potential, software

Стратегическим ресурсом постиндустриального общества на современном этапе становится человеческий капитал, содержащий в себе оценку его интеллектуального потенциала. Формирование интеллектуальной нации – это одна из стратегических целей развития Казахстана, важнейший акцент при этом делается на формирование индустриально-инновационной экономики государства. В разрешение данной системной проблемы ориентирован

национальный проект «Интеллектуальная нация – 2020», в котором важными векторами формирования интеллектуально-нравственной личности установлены: высококачественное образование, инновационная революция, духовное воспитание молодого поколения. Цель развития интеллектуального потенциала нации потребует наиболее углубленного ее осмысления, так как является главным ориентиром в концепции конкурентоспособной экономики Казахстана.

Современное общество нуждается в компетентной, креативно думающей личности, распоряжающейся собственной умственной деятельностью во взаимодействии с членами общества. Вопрос ее формирования причислен к приоритетным сферам в политической деятельности Казахстана. В силу этого увеличиваются условия стратегии развития и управления интеллектуальным потенциалом нации [1].

Цель исследования: выявление возможностей информационных технологий, способствующих развитию интеллектуального потенциала обучающихся.

#### **Материалы и методы исследования**

Изучение особенностей применения информационных технологий в рамках развития интеллектуального потенциала обучающихся является предметом нашего исследования. Методом исследования выступил анализ нормативных документов, труды психологов, педагогов по теме исследования.

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

Вопросы использования информационных технологий в образовании исследованы многими учеными и представлены в трудах В.Н. Волковой, И.Н. Глухих, И.Г. Захаровой, Е.В. Михеевой, С.В. Панюковой, С.В. Симоновича, А.В. Смирнова, В.Ф. Шолохович, В.А. Юрьева и других. Структуру и содержание информационных технологий в образовании исследовали казахстанские ученые, среди которых Ш.А. Абдраман, Б. Абдыкаримов, Ж.М. Абилов, Г.З. Адильгазинов, В.М. Амирбаев, В.В. Егоров, Н.А. Минжанов, А. Аймухамбетов, С. Боранбаев, С.А. Жданов, А.К. Мынбаева, М.Р. Нургужин, Е.А. Спирина, Г.О. Тажигулова, Б.К. Тульбасова, Л.А. Шкутина и другие.

В контексте образования под информационной технологией подразумевается комплекс знаний о разных методах, средствах работы с данными и информационными ресурсами; метод и инструментарий отбора, обработки и передачи информации с целью извлечения абсолютно новейших данных об исследуемом предмете [2, с. 22]. И.Г. Захарова отмечает, что информационную технологию обучения необходимо осознавать как дополнение информационных технологий с целью формирования новейших возможностей передачи знаний (деятельности преподавателя), восприятия знаний (деятельности обучающегося), оценки качества преподавания и, бесспорно, многостороннего формирования личности обучающегося в педагогическом процессе [2, с. 22]. В.Ф. Шолохович причисляет «информационные технологии» к отрасли дидактики,

занимающейся изучением планомерного и сознательно организованного процесса обучения и усвоения знаний, в котором находят применение средства информатизации образования» [3, с. 112]. Е.В. Михеева под «информационными технологиями обучения» понимает комплекс методов, а также программно-технических средств, которые объединены в технологическую последовательность и обеспечивают сбор, переработку, сохранение, распределение и демонстрацию информации для уменьшения степени трудоемкости процесса применения информационных ресурсов [4, с. 10]. Актуальность вопроса новых информационных технологий обусловлена быстрым темпом информатизации общества. Потенциал данных технологий многопланово реализуется и в сфере образования, тем самым открывая большие возможности: улучшение методологии и способов отбора содержания образования; увеличение эффективности обучения, его персонализации и осуществления дифференцированного подхода, создание и применение новых форм работы в процессе обучения и корректировка содержания и характера деятельности как обучающего, так и обучаемого; модернизация управления образовательным процессом [5, с. 18].

Важно использовать многообразие современных информационных технологий не стихийно, а с учетом специфических дидактических принципов: принципа адаптивности, подразумевающего адаптацию к индивидуальным возможностям обучающихся; принципа интерактивности преподавания, понимающего под собой использование обучающимися различных средств информационных технологий, обеспечивающих интерактивный диалог, а также эффективную обратную связь; принципа реализации всех возможностей компьютерной визуализации учебного материала, предполагающего диагностику возможностей имеющихся современных средств демонстрации информации в сравнении с качеством представления учебного материала; принципа развития интеллектуального потенциала обучающихся, который предполагает формирование алгоритмического, наглядно-образного, рефлексивного стилей мышления, умений осуществлять практически либо вариативные решения в сформировавшихся трудных моментах, навыков в работе с данными в базе использования большого количества систем обработки информации, кроме того, справочно-поисковых систем, баз информации; под принципом обеспечения полноты, а также непрерывности циклов обучения понимается наличие целостности средств ин-

формационных технологий и всех звеньев процесса обучения [5, с. 42]. Современная система образования достаточно открыта относительно внедрения в учебно-воспитательную деятельность информационных технологий, которые основываются на множестве программных продуктов широкого назначения. В настоящее время во всех учебных заведениях довольно успешно применяются разнообразные программные комплексы – как сравнительно доступные (различные текстовые и графические ресурсы, инструментарий с целью работы с таблицами, графиками и создание компьютерных демонстраций), так и сложные, чаще всего узкоспециализированные (системы, связанные с программированием и работой с базами информации, а также программы символьной математики и статистической обработки) [2, с. 23].

Классификацию информационных систем выделяют по ряду признаков: согласно предназначению (информационно-управляющие, информационно-справочные, системы поддержки принятия решений, обработки информации), согласно структуре аппаратного инструментария (однопроцессорные, многопроцессорные), согласно порядку деятельности (однопрограммный и мультипрограммный режимы вычислительной системы) и по характеру взаимодействия с пользователями (системы, работающие в диалоговом и интерактивном режимах) [4, с. 11]. В настоящий момент практически все программы наделены способностью решать практические задачи, что еще до недавнего времени было исключительной прерогативой человека. Именно данные возможности и дают возможность говорить о формировании информационных систем, относящихся к интеллектуальным. Интеллектуальная информационная система – это компьютеризированная система сбора, хранения, обработки, представления информации, основывающаяся на воспроизведении интеллектуальных возможностей человека [6, с. 14]. В.Н. Волкова и В.А. Юрьев представляют интеллектуальные информационные системы в виде класса информационных систем, необходимость разработки которых появилась в связи с высоким уровнем сложности задач, решаемых человечеством в современном мире. Это, в свою очередь, требует создания таких информационных технологий, которые позволяют при использовании программному обеспечению компьютера не только брать на себя аналогичные операции обработки данных, но и применять имеющийся опыт профессионалов в интересующих его областях [7, с. 203].

В научно-педагогической литературе имеется классификация программных средств, которые были проанализированы с различных точек зрения: функции программных средств, их методическое назначение. С точки зрения своего функционального назначения все без исключения программные ресурсы можно разделить на последующие типы: прикладные программы, предназначением которых является создание и поддержка учебного диалога между пользователями и персональным компьютером; диагностические, тестовые программы, суть которых заключается в определении конкретных причин неправильных действий обучаемых, констатации и анализе их знаний, умений, способностей, кроме того, определении степени их обученности, а также степени интеллектуального развития; в качестве цели инструментальных программных ресурсов можно выделить создание программных средств с обучающим назначением, разработку либо создание учебно-методических, организационных материалов, подготовку графических включений, различных сервисных «надстроек» программы; предметно-направленные программные сферы, позволяющие моделировать все изучаемые объекты или совокупности большого количества предметов в конкретных программных сферах; при использовании данных программных средств обычно организуется учебный процесс с моделями, отображающими объекты или закономерности конкретных предметных областей; программные средства, которые создаются для развития общей культуры деятельности обучаемых, информационной культуры в результате использования системы создания текстов, различных электронных таблиц, графических редакторов или объединенных систем их совместного применения; программные средства, назначением которых является автоматизация процессов сбора и обработки полученных результатов проведенных учебных исследований, к ним относятся измеряющие, а также контролирующие программы; управляющие программные средства, которые управляют действиями объектов, существующих в реальности; учебные средства программирования, целью которых является обучение основным умениям программирования, создание базовых компонентов алгоритмического и программистского стили мышления; программные средства, обеспечивающие осуществление определенных функций педагога [8].

В научно-педагогической литературе наиболее полной является следующая типология программных средств обучения с точ-

ки зрения их методического назначения: прежде всего к ним следует отнести различные обучающие программные средства, методическим назначением которых является передача комплекса знаний, формирование разных умений и навыков, которые подразумевают осуществление учебной и практической деятельности, а также обеспечение необходимого уровня усвоения, устанавливаемого обратной связью и реализуемого средствами компьютерных программ: к программным средствам можно отнести различные тренажеры, основным назначением которых является автоматизация умений и навыков различных видов деятельности; программы, назначением которых является контроль уровня усвоения учебного материала, называют контролирующим программным инструментарием; методическим назначением данных программных систем, а также информационно-справочных программных средств можно обозначить формирование комплекса знаний, умений и навыков по отбору и систематизации различных блоков информации, подобные программные средства дают возможность обучающимся самостоятельно отобрать и вывести нужную информацию; имитационные программные средства своим назначением имеют выделение определенного аспекта действительности с целью подробного изучения его основных структурных и функциональных характеристик путем выбора определенного количества критериев; назначением моделирующего программного инструментария свободной композиции, направленных на использование обучающимися ключевых компонентов, а также типы функций с целью моделирования конкретной реальности, является создание моделей объектов, явлений, процессов или ситуаций для их дальнейшего изучения, исследования и т.д. Мы придерживаемся классификации программных средств, разработанной В.В. Кручининим: программа управления процессом обучения применяется в качестве администратора индивидуальной траектории обучения; компьютерные учебные программы – программы, которые предназначены для непосредственного использования в учебно-воспитательном процессе [9].

В настоящее время продолжается процесс разработки и использования в учебном процессе электронных и мультимедийных обучающих программ. Проблемы создания электронных учебников рассматривали Б.И. Глазов, О.А. Козлов, Д.А. Ловцов, О.П. Околелов, Е.В. Пастухова, Е.А. Солодова, Е.Н. Холодов, среди казахстанских ученых – Д.М. Джусубалиева, М.А. Вин-

ницкая, Г.К. Нургалиева и другие. Как показывает опыт, в большинстве случаев электронными учебниками называют электронные версии учебных разработок, чего не должно быть. Однако в 2005 г. был принят Стандарт Республики Казахстан, который четко обозначил следующие основные понятия: электронное издание – совокупность цифровых, текстовых, графических и иных использованных материалов, которые имеют инструментарий программного управления, кроме того, могут быть размещены на разных электронных носителях данных; под электронным учебным изданием подразумевается электронное издание, специализированное для автоматизированного обучения и контроля знаний, оно также должно соответствовать учебной дисциплине или отдельным ее частям, а также данное издание позволяет выбрать собственную траекторию обучения и обеспечить многообразие видов учебных работ; электронный учебник – это электронное учебное издание, которое содержит последовательное изложение учебной дисциплины и имеет официальный статус этого вида издания, присвоение которого обеспечивается государственными органами; электронное учебное пособие – электронное учебное издание, которое содержит наиболее существенные разделы учебной дисциплины, а также может иметь вид сборников задач, справочников, энциклопедий, указаний к практикуму, данное издание обладает официальным статусом в соответствии с данным видом издания, который может присваивать лишь государственный орган. В стандарте оговорены требования, которым должны соответствовать все виды электронных учебных изданий. Различные электронные учебные издания должны предусматривать наличие возможности работать в сетевой среде и с помощью современных средств просмотра. Поэтому в простейшем варианте электронные учебные издания в большинстве случаев создаются в виде гипертекстовых документов [10].

В результате можно сформулировать следующие положения, отражающие возможности информационных технологий, которые обеспечивают развитие интеллектуального потенциала учащихся:

1. Применение информационных технологий способствует формированию психологических моментов, способствующих восприятию, осмыслению и запоминанию учебного материала. При этом обучение является психофизиологически ориентированным, предполагающим повышение качества обучения путем создания лучшего функционального состояния, увеличиваю-

щего способность обучающихся к усвоению различной информации. Информационные технологии позволяют обеспечить многообразие путей подачи различной информации, а также способствуют созданию условий, при осуществлении которых все среды будут взаимодействовать друг с другом.

2. Информационные технологии способны в наглядной форме демонстрировать разного вида процессы, последовательности, явления, события, зависимости, факты, числовые соотношения и т.п. Применение в обучении наглядно-образных компонентов мышления играет важную роль в жизни людей, так как они оказываются чрезвычайно эффективными при рассмотрении многих теоретических понятий. Конструирование при помощи информационных технологий различных моделей позволяет изучить объекты или явления в различных ситуациях, с разных сторон. Использование данных технологий позволяет привлечь все органы чувств человека, а также создать объемные образы исследуемых объектов, явлений, ассоциативных связей, способствующих усвоению учебного материала. С целью актуализации ранее полученных знаний возможно применение технологии гипертекста, она способствует усилению творческой составляющей интеллектуального потенциала учащихся.

3. Информационные технологии способствуют индивидуализации обучения в условиях учебно-воспитательного процесса. Индивидуализация обучения позволяет каждому обучающемуся быть вовлеченным в активную работу, которая будет ориентирована только на него. В данном случае также будет побуждаться и мыслительная деятельность, которая, в свою очередь, позволит более полно реализовать познавательные потребности, стимулировать и развивать интеллектуальный потенциал. Применение информационных технологий дает возможность осуществлять мониторинг и корректировку хода усвоения учебной информации. Использование медиа средств в образовательном процессе способствует реализации на практике модели обучения, ориентированной на личность, в силу того, что создает условия для большего уровня, чем в традиционной системе обучения, индивидуализации и степени дифференциации обучения, а также подразумевает субъективную активность, которая дает возможность учащимся найти различные пути самореализации, способствующие формированию навыка самосовершенствования, самовоспитания, самообучения,

самооценки, самообразования, творческого мышления.

4. Использование информационных технологий позволяет ориентироваться на познавательные мотивы обучающихся. Познавательные мотивы позволяют формировать устойчивую активность обучаемых и повышать результативность процесса обучения. Формирование познавательных мотивов проходит через осуществление специфических и неспецифических воздействий на мотивационную сферу обучаемых. Это происходит благодаря методической помощи, различным указаниям, а также возможности выбора скорости и своего собственного варианта учебной деятельности, который будет зависеть от индивидуального уровня подготовленности. Таким образом, комплекс средств информационных, коммуникационных технологий способствует усилению психологического фактора мотивации обучения [11].

#### Заключение

Опираясь на материалы психолого-педагогических исследований (В.Н. Волковой, И.Н. Глухих, И.Г. Захаровой, Е.В. Михеевой, С.В. Панюковой, С.В. Симоновича, А.В. Смирнова, В.Ф. Шолохович, В.А. Юрьева), возможно сформулировать вывод, что информационные технологии, применяемые в обучении, являются комплексом научных знаний о значении и роли вычислительной техники в образовательном процессе, формах, а также методах их применения с целью совершенствования учебно-воспитательного процесса, развития интеллектуального потенциала обучающихся в соответствии с особенностями процесса обучения [12]. Эффективность применения средств информационных технологий в большей степени зависит от формы и способа их применения. Из всего многообразия педагогических применений средств информационных технологий отдельно стоит выделить использование программных средств, в связи с их популярностью в практике отечественного и зарубежного образования.

#### Список литературы

1. Пралиев С. Интеллектуальная нация – залог инновационного развития // Республиканский общественно-политический журнал «Мысль». – 2013. – 24 марта. – С. 2.
2. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: учеб. пос. для студ. высш. учеб. заведений. – 6-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 192 с.
3. Шолохович В.Ф. Информационные технологии обучения: дидактические основы, проблемы разработки и использования. – Уралск: Изд-во УГПУ, 1995. – 230 с.
4. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности: учеб. пособие для сред.

проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384 с.

5. Смирнов А.В. Методика применения информационных технологий в обучении физике: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 240 с.

6. Глухих И.Н. Интеллектуальные информационные системы: учеб. пособие для высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 112 с.

7. Прикладная информатика: справочник: учеб. пособие / Под ред. В.Н. Волковой и В.А. Юрьева. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. – 768 с.

8. Информатика. Базовый курс: учебник для вузов / ред. С.В. Симонович. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2015. – 640 с.

9. Кручинин В.В. Комбинаторика композиций и ее приложения: монография. – Томск: Изд-во «В-Спектр», 2010. – 156 с.

10. Государственный стандарт Республики Казахстан. СТ РК 34. 017-2005. Информационные технологии. Электронное издание. Электронное учебное издание. Издание официальное. – Астана, 2005. – 22 с.

11. Панюкова С.В. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании: учебное пособие для студ. вузов. – М.: Академия, 2010. – 224 с.

12. Sarsekeyeva Zh.Y., Akilbekova A.S., Sarsekeyeva N.Y. Intellectual development of learners as a result of educational activities // Education and science without borders. 2017. Vol. 8. № 16 (2). P. 45–49.

УДК 376.42

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАТИВНЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПО УЧЕБНЫМ ПРЕДМЕТАМ В КОРРЕКЦИОННОЙ ШКОЛЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С УМСТВЕННОЙ ОТСТАЛОСТЬЮ

<sup>1</sup>Уромова С.Е., <sup>2</sup>Расторпов А.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,  
Ниžний Новгород, e-mail: somur76@mail.ru;

<sup>2</sup>МКОУ «Школа-интернат VIII вида № 71», Ниžний Новгород, e-mail: ysher3@yandex.ru

В статье представлен практический опыт решения проблемы совместного обучения детей с легкой и умеренной умственной отсталостью в тех условиях, когда создание отдельных классов для обучающихся с умеренной умственной отсталостью по объективным причинам невозможно. Данная практика имеет место широкого распространения в коррекционных образовательных учреждениях из-за отсутствия единых методических подходов к реализации требований Федеральных государственных стандартов для обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями). Материал статьи содержит основные положения, касающиеся системы оценивания, выделены критерии уровней учебных достижений, проиллюстрирован возможный вариант определения содержания индивидуальной деятельности обучающихся в контексте общей для всего класса логики предмета. Приведены примеры возможного варианта учебно-методического обеспечения образовательного процесса в классах смешанного состава с учетом единой тематики, но различных уровней предметных результатов. Новизна представленной в статье экспериментальной деятельности заключается в самом подходе к форме предъявления разработанных учебно-методических комплексов в виде единой электронной структурированной базы данных ограниченного доступа, во внутришкольной сети. В структуру базы данных входят система диагностики, методический материал для педагогов, разноуровневые задания, которые можно мобильно использовать, комбинировать в зависимости от смены условий обучения и возможностей обучающихся.

**Ключевые слова:** обучающиеся с умственной отсталостью, учебно-методическое обеспечение, оценка учебных достижений

## DESIGNING VARIATIVE EDUCATIONAL SYSTEMS ON BOTH ACADEMIC SUBJECTS TO A SPECIAL SCHOOL FOR STUDENTS WITH MENTAL RETARDATION

<sup>1</sup>Uromova S.E., <sup>2</sup>Rastorпов A.V.

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod Minin University, Nizhny Novgorod, e-mail: somur76@mail.ru;

<sup>2</sup>Correctional boarding school № 71, Nizhny Novgorod, e-mail: ysher3@yandex.ru

The article presents the practical experience of solving the problem of coeducation of children with mild and moderate mental retardation in those conditions when the creation of separate classes for students with moderate mental retardation for objective reasons is impossible. This practice is widespread in correctional educational institutions due to the lack of unified methodological approaches to the implementation of the requirements of Federal state standards for students with mental retardation (intellectual disabilities). The material of the article contains the main provisions concerning the system of evaluation, the criteria of the levels of educational achievements are highlighted, the possible option of determining the content of individual activity of students in the context of the General logic of the subject for the whole class is illustrated. Examples of possible variants of educational and methodological support of the educational process in the classes of mixed composition, taking into account a single subject, but different levels of subject results. The novelty of the experimental activity presented in the article is the approach to the form of presentation of the developed educational and methodical complexes in the form of a single electronic structured database of limited access, in the intra-school network. The structure of the database includes a diagnostic system, teaching material for teachers, multi-level tasks that can be used mobile, combined depending on the change of learning conditions and opportunities of students.

**Keywords:** students with mental retardation, educational and methodical support, evaluation of educational achievements

Данная статья посвящена проблеме внедрения вариативных технологий совместного обучения детей с легкой и умеренной умственной отсталостью в условиях одного класса. Проблема совместного обучения приобрела особую актуальность именно с введением стандарта образования нового поколения, согласно которому все дети с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями) имеют право на образование [1]. Однако при

реализации на практике всех условий, в том числе раздельного обучения детей с легкой и умеренной умственной отсталостью, образовательные учреждения столкнулись с целым рядом проблем, не позволяющих в полной мере выполнить условия организации отдельных классов для каждой из перечисленных категорий обучающихся (исключение составляют обучающиеся с тяжелой умственной отсталостью и ТМНР) [2]. В качестве ключевых

чевых можно назвать, с одной стороны, отсутствие минимального количества обучающихся, необходимого для открытия класса, с другой категоричное несогласие родителей (законных представителей) на качественную смену образовательного маршрута. Данные обстоятельства легли в основу эксперимента, проведенного на базе МКОУ «Школа-интернат VIII вида № 71» на тему «Проектирование вариативных учебно-методических комплексов по учебным предметам в коррекционной школе для обучающихся с нарушениями интеллектуального развития».

Цель исследования: на основе анализа научно-методической и нормативно-правовой литературы разработать и внедрить в практику образовательного процесса вариативные учебно-методические комплексы по учебным предметам для учащихся с разной умственной отсталостью, обучающихся в классе смешанного состава.

Объект исследования: вариативные учебно-методические комплексы по учебным предметам в коррекционной школе для обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями).

Предмет исследования: создание условий для повышения качества обучения детей с различной степенью умственной отсталости в классах смешанного состава посредством вариативных учебно-методических комплексов по учебным предметам.

Гипотеза: мы предполагаем, что добиться качественного обучения детей с различной степенью умственной отсталости в классе смешанного состава можно, если будут разработаны вариативные учебно-методические комплексы, учитывающие интеллектуальный потенциал и степень самостоятельности учебной деятельности.

В соответствии с методологическими позициями научно-экспериментальной деятельности и исследовательской гипотезы поставлены следующие задачи:

1. Провести теоретический анализ по проблеме исследования.

2. Экспериментально обосновать необходимость включения в образовательный процесс учебно-методических комплексов по учебным предметам, учитывающих вариативные возможности обучающихся с различной степенью умственной отсталости в классе смешанного состава.

3. Разработать и уточнить вариативное содержание программ, дидактических материалов и рабочих тетрадей по учебным предметам для обучающихся с различной степенью умственной отсталости, получающих образовательные услуги в условиях класса смешанного состава.

4. Создать единую базу данных методического сопровождения учебного процесса, доступную для педагогического состава и обеспечивающую мобильность их использования в практике обучения.

В качестве концептуальной основы экспериментальной деятельности выступили положения ФГОС для обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями). В тексте ФГОС четко прослеживаются основные позиции, которые могут лечь в основу нормативно-правового обеспечения инклюзивной практики: организация обеспечивает создание условий для эффективной реализации и освоения обучающимися с умственной отсталостью АООП, в том числе условий для индивидуального развития всех обучающихся с максимальным расширением доступа их к образованию (п. 1.9 ФГОС) [1].

В основе обучения лежит деятельностный и дифференцированный подход, предполагающий вариативность содержания, технологий, способов и организационных форм образовательного процесса с учетом образовательных потребностей, способностей и состояния здоровья обучающихся (п. 1.10 ФГОС).

О возможности вариативного обеспечения качества образования в условиях инклюзивного класса (класса смешанного состава) говорит п. 2.2 ФГОС о программном обеспечении и определении содержания АООП с учетом индивидуальных особенностей, в том числе предусматривающих создание специальной индивидуальной программы развития (СИПР), в которую могут быть включены те или иные предметы.

Несмотря на наличие указаний о существенных различиях содержания обучения для детей с легкой и умеренной умственной отсталостью (п. 1.7 ФГОС), перевод на вариант 2 АООП возможен только с согласия родителей (законных) представителей. Опрос среди родителей (законных представителей) выявил явное предпочтение нахождения ребенка с умеренной умственной отсталостью в условиях обучения класса смешанного состава (58%). Данные обстоятельства заставляют педагогический коллектив искать гибкие формы обучения детей с легкой и умеренной умственной отсталостью на основе разработки вариативных учебно-методических комплексов разноразноуровневого обучения и создание условий для их реализации.

Разработку и реализацию индивидуального учебного плана для обучающихся с умеренной умственной отсталостью, получающих образовательные услуги совместно с обучающимися с легкой умствен-

ной отсталостью, в настоящее время можно отнести к инновационным технологиям профессиональной деятельности педагогов, реализующих практику совместного обучения данных категорий обучающихся.

В рамках проведения комплексной оценки образовательного потенциала обучающихся проводилось консультирование педагогов, родителей по возникающим вопросам. В ходе совещаний рабочей группы были определены уровни результатов усвоения программного материала с учетом психологических, поведенческих и иных причин возникающих трудностей. Учитывая специфику деятельности детей с нарушением интеллектуального развития, для оценки жизненных компетенций используются следующие оценочные критерии:

1. Академический компонент включает следующие критерии: полнота усвоения программного материала; самостоятельность переноса знаний, в том числе по аналогии; осознанность учебных действий. Каждый из критериев оценивается в интервале от 1 до 5 баллов. Максимальное количество баллов по каждому из оцениваемых разделов – 15.

2. Жизненные компетенции: самостоятельность действий; осознанность поведения и действий; результативность поведения и действий. Оценка аналогична предыдущему разделу.

Такой подход наглядно демонстрирует алгоритм определения уровней сформированности жизненных компетенций, касающихся прежде всего мотивационного компонента, границы информационного поля по разделу или теме и способности переносить полученные знания в реальные ситуации или максимально приближенные к таковым. Особое значение в этом разделе приобретает самостоятельность как одно из ключевых условий для организации совместного обучения детей с разной степенью умственной отсталости без потери качества образования. Выделение таких критериев позволяет учителю сравнить уровень осознания (прочности знаний) и практического применения (умений и навыков), составляющих в совокупности уровень сформированности жизненных компетенций. Разница познавательного-мотивационного и деятельностного компонентов дает возможность учителю выявить так называемое слабое звено и учесть его при проектировании учебного процесса для создания наиболее благоприятных условий формирования жизненной компетентности для каждого отдельного учащегося в зависимости от его индивидуальных интеллектуальных, психологических, социальных и коммуникативных возможностей.

В результате такого подхода:

1. Представлен новый формат рабочих программ с учетом индивидуальных образовательных траекторий обучающихся с умеренной умственной отсталостью. Разработана модель проектирования образовательных программ в качестве методического сопровождения образовательного процесса. Приведем в качестве примера небольшой фрагмент рабочей программы по чтению в классе смешанного состава:

*И.Т., 10 лет, с. Дауна, умеренная умственная отсталость, обучается в классе смешанного состава, владеет технической стороной чтения, но оно носит неосознанный характер. Учащийся не видит и не осознает границ предложения, не может повторить слова, которые только что прочитал. Не может ответить на вопрос по прочитанному предложению. При чтении теряет строку, перескакивая на любую из текста, при этом не видит своих ошибок, продолжая читать дальше. Вследствие этого нецелесообразно в качестве основных использовать тексты учебника 4 класса: только с целью формирования навыка слежения.*

*Методы и приемы, используемые на уроках чтения для учащихся данной категории в рамках индивидуального коррекционно-образовательного маршрута:*

– Хоровое прочтение с учителем (другими учащимися класса) слогов из слоговой таблицы с образованием слов по заданной теме урока.

– Подбор картинок и иллюстраций к каждому предложению текста.

– Составление картинного плана по ходу чтения текста учителем, учащимися.

– Выделение с помощью учителя основной идеи текста: различие плохого и хорошего в поступках.

– Слежение за читаемым текстом с помощью специального трафарета.

– Развитие связной речи на основе упражнений в пересказе с опорой серию картин, предметный план, с целью передачи последовательности событий, описываемых в сюжете.

– Формирование диалогической и монологической речи.

– Развитие лексико-грамматического строя речи на основе использования различных логико-грамматических предложных конструкций, их распространения.

– Чтение коротких предложений доступным способом (слоговое чтение, чтение условно-графических текстов, глобальное чтение).

– Анализ, обобщение, группировка, систематизация элементарного языкового и лексического материала.

– Работа, направленная на формирование умения слушать и повторять рассуждения учителя.

– Ответы на последовательно поставленные вопросы (комментирование действий доступными способами коммуникации, для учащихся, владеющих речью – словесное комментирование).

Более подробно мы представили данный материал на сайте образовательной организации в разделе «образование – рабочие программы» [3].

2. Разработаны мобильные рабочие тетради от 3 уровней сложности в зависимости от вида деятельности. В качестве иллюстрации приведем пример использования таких тетрадей на уроке письма и развития речи в контексте общей темы урока:

*Тема: Составление текста по серии сюжетных картинок.*

1. Актуализация знаний о предложении как законченной мысли.

Упр. 6. Найди начало и конец предложения. Исправь ошибки.

*В лес пришла осень листья облетают испугался пятнистый олененок неужели его жёлтые пятнышки тоже облетят?*

*Варианты заданий:*

а) для основного состава класса (4 уровень): *Посчитай, сколько предложений в тексте. Укажи цифрой.*

б) для учащихся, испытывающих трудности письма даны опоры в виде отдельных изображений олененка, дерева с опадающими листьями, осеннего пейзажа (3 уровень):

в) Задания для обучающихся с умеренной умственной отсталостью (2 уровень):

*Задание 1. Обведи только те картинки, в которых говорится о приметах осени.*

*Задание 2. Соедини линией подходящие по смыслу слова.*

3. Создана единая система критериев учебных достижений, учитывающая потенциальные возможности овладения программами учебных предметов обучающимися с различной степенью умственной отсталости, которая закреплена в Локальном акте учреждения. Данная система включает 4 уровня: 1 уровень – абилитационный, предполагающий максимальное редуцирование академического компонента и смещение содержания деятельности в сторону навыков жизненной компетенции. 2 и 3 уровень – частичное усвоение предметов, требующее индивидуальной образовательной траектории, начиная от количества и качества заданий, предъявляемых на уроке, и заканчивая системой условного мониторинга достижений обучающихся. Наконец, 4 уровень характеризуется наличием отдельных, точечных трудностей с сохранением общего содержания программного материала по предмету и выделением уровней в соответствии с ФГОС. Данный материал также подробно представлен на сайте школы в рубрике «наши достижения» в рамках отчета по экспериментальной деятельности и проведенного семинара [4].

Разработана новая структура таблиц мониторинга с учетом критериев оценки качества усвоения материала учащимися в зависимости от степени снижения интеллекта и представленная в более удобном для пользователя формате *xlsx* (рис. 2).

В качестве базовой модели проектирования вариативных индивидуальных образовательных траекторий выступила упрощенная модель проектирования модульных основных профессиональных образовательных программ Мининского университета, описанных Э.К. Самерхановой и З.У. Имжаровой [5].



Рис. 1. Пример варианта организации выполнения общего для всего класса задания для обучающегося с умеренной умственной отсталостью, не владеющего навыками письма

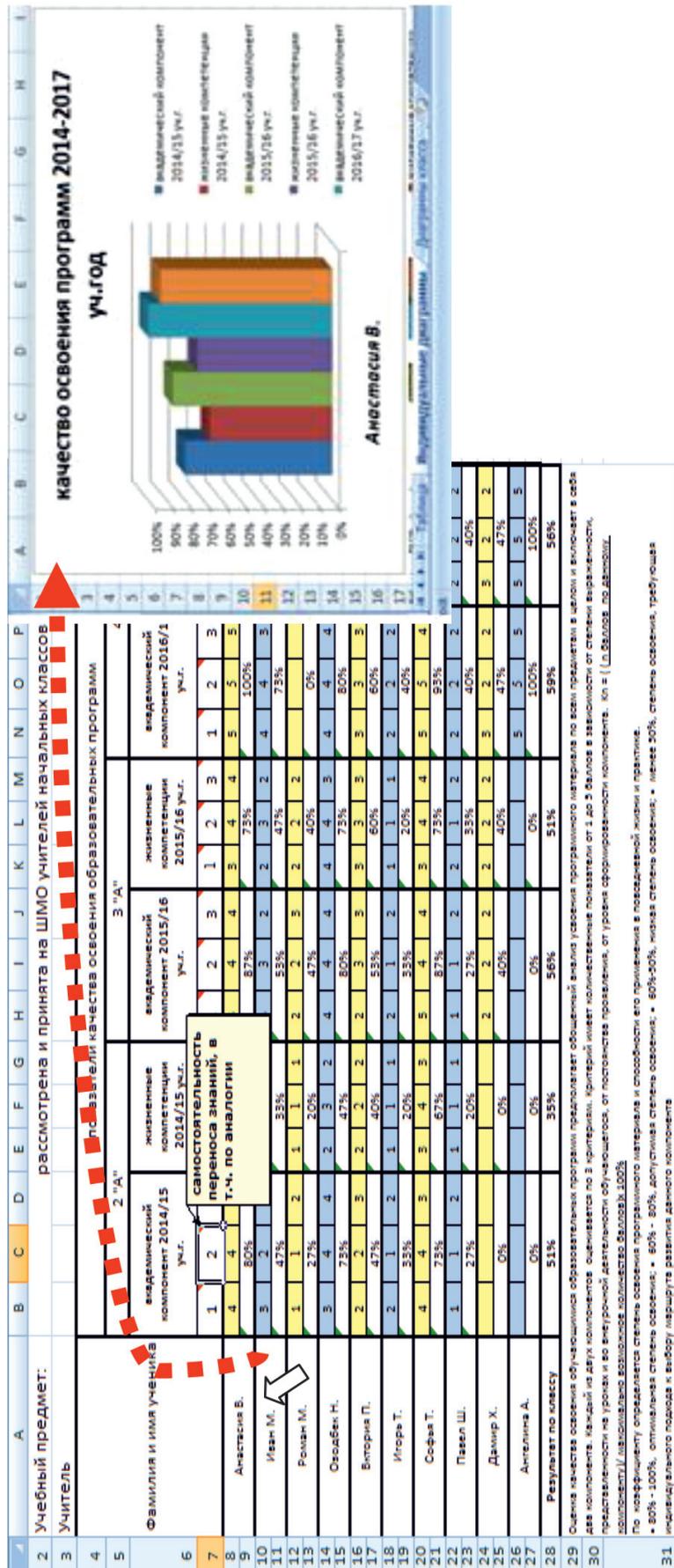


Рис. 2. Пример работы электронной таблицы мониторинга достижений с учетом нахождения в классе обучающихся с легкой и умеренной умственной отсталостью

**Выбор индивидуального учебно-методического сопровождения обучающихся**



Рис. 3. Модель работы с базой данных при выборе учебно-методического комплекса в рамках индивидуального образовательного маршрута

Для удобства пользования учебно-методическими материалами была создана единая база данных в электронном формате, доступная для педагогического состава учреждения.

Принцип построения – вложения, так как данный вариант наиболее доступен для педагогов, владеющих навыками работы с компьютером на минимальном уровне (рис. 3).

Данный вариант удобен в информативном отношении, так как обращение к каждому из компонентов позволяет выводить на экран описание критерия, что значительно упрощает процедуру оценивания. Кроме того, кликнув на ячейку с данными конкретного обучающегося, можно увидеть на экране диаграмму динамики учебных достижений за весь период диагностики. Такая форма предоставления информации позволяет экономить время, необходимое для мониторинга. Обращение к варианту таблиц *xlsx* и вложений не случайно, несмотря на кажущуюся простоту и отсутствие высокой технологичности с точки зрения достижений информационно-коммуникационных технологий. Однако, на наш взгляд, именно такая форма подачи материала уравнивает возможности и энергозатраты всего педагогического коллектива вне зависимости от степени компьютерной грамотности каждого из учителей. А сама по себе попытка привести информацию в электронный формат на уровне отдельно взятой организации является своеобразным техническим прорывом при наличии минимальных условий обеспечения соответствующей техникой и отсутствии

возможности управлять информацией вне рабочего (школьного) пространства.

Таким образом, система вложенных файлов позволит любому педагогу в условиях внутришкольной сети как познакомиться с информацией об обучающемся, так и получить методическую поддержку для построения и организации индивидуального образовательного маршрута обучающегося в случае необходимости. Кроме того, такой формат информационного поля позволяет не только мобильно пользоваться сведениями, но и активно изменять, расширять банк данных, тем самым способствуя совершенствованию учебно-методического обеспечения образовательного права ребенка вне зависимости от его потенциала, условий получения образовательных услуг.

**Список литературы**

1. Федеральный государственный образовательный стандарт образования обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями): приказ М-ва образования и науки Рос. Федерации № 1599 от 19 дек. 2014 г. – М., 2014. – 83 с.
2. Уромова С.Е. Проблемы внедрения специальных федеральных образовательных стандартов / С.Е. Уромова, Е.Ю. Медведева // Проблемы современной науки и образования. – 2016. – № 39 (86). – С. 98–100.
3. Рабочая программа по учебному предмету «Чтение и развитие речи» в классе смешанного состава. 4 класс / Образование [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.shkola71nn.ru/> (дата обращения: 15.05.2018).
4. Отчет по проведенному семинару / Наши достижения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.shkola71nn.ru/> (дата обращения: 15.05.2018).
5. Самарханова Э.К. Вариативность основных профессиональных образовательных программ как механизм обеспечения реализации индивидуальных образовательных траекторий обучающихся / Э.К. Самарханова, З.У. Имжарова // Вестник Мининского университета. – 2016. – № 1. URL: <http://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/147> (дата обращения: 15.05.2018).

УДК 159.923:[378.124+614.253.1]

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИЧНОСТИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАЖА ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Богданова Т.М., Синькеев М.С., Занкин М.А., Демин А.С., Занкина А.Ю.**  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: bogtanmih@mail.ru

В настоящее время при динамически меняющейся экономической и политической обстановке в нашей стране одной из ключевых позиций является подготовка высокопрофессиональных медицинских кадров. Ведущая роль в этом процессе возлагается на профессорско-преподавательский состав медицинских вузов. Работа профессорско-преподавательского состава подразумевает не только качественную теоретическую подготовку, но и передачу профессиональных навыков общения с пациентом. Профессия врача подразумевает полную отдачу в первую очередь в эмоциональном и нравственном плане, что влечет за собой профессиональную деформацию личности. Помимо работы с пациентами, профессорско-преподавательский состав клинических кафедр возлагает на себя ответственность по воспитанию будущих медицинских кадров, что в свою очередь отражается на психоэмоциональном статусе самих преподавателей. Профессиональная деятельность профессорско-преподавательского состава клинических кафедр медицинских вузов предполагает эмоциональную насыщенность, психофизическое напряжение, которое приводит к быстрому физиологическому и психологическому истощению, что в последующем выражается в снижении личностных достижений, развитии конфликтных ситуаций в коллективе и семье, появлении агрессии и повышении уровня тревоги. Малоизученным остается зависимость развития эмоционального выгорания у работников медицины и, в частности, у профессорско-преподавательского состава клинических кафедр медицинских вузов, зависящего от психологического статуса работника, стажа работы и возраста. Вышесказанное обуславливает актуальность данной работы.

**Ключевые слова:** психологический статус, стаж трудовой деятельности, преподаватели медицинского вуза, клиническая дисциплина

## PSYCHOLOGICAL PERSONAL CHARACTERISTICS OF THE FACULTY DEPENDING ON EMPLOYMENT PERIOD

**Bogdanova T.M., Sinkeev M.S., Zankin M.A., Demin A.S., Zankina A.Yu.**  
*Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovskiy, Saratov, e-mail: bogtanmih@mail.ru*

At present, with the dynamically changing economic and political situation in our country, one of the key positions is the preparation of highly professional medical personnel. The leading role in this process is assigned to the teaching staff of medical universities. The work of the faculty includes not only high-quality theoretical training, but also the transfer of professional communication skills with the patient. The profession of the doctor implies a full return primarily in the emotional and moral sense, which entails professional deformation of the individual. In addition to working with patients, the teaching staff of the clinical departments imposes responsibility for the education of future medical personnel, which in turn affects the psycho-emotional status of the teachers themselves. The professional activity of the teaching staff of the clinical departments of medical institutes presupposes emotional saturation, psychophysical tension, which leads to rapid physiological and psychological exhaustion, which is subsequently expressed in the reduction of personal achievements, the development of conflict situations in the team and family, the emergence of aggression and an increase in the level of anxiety. A little studied dependence of the development of emotional burnout on medical workers, and in particular on the faculty of clinical departments of medical universities, depending on the psychological status of the worker, work experience and age. The foregoing explains the relevance of this work.

**Keywords:** psychological status, work experience, teachers of medical high school, clinical discipline

В настоящее время при динамически меняющейся экономической и политической обстановке в нашей стране одной из ключевых позиций является подготовка высокопрофессиональных медицинских кадров. Как сказал президент Российской Федерации: «Нам нужна Россия, где каждый может реализовать себя, свой талант, свои возможности». По мнению В.В. Путина, сила нынешнего молодого поколения в незашоренности, способности мыслить свободно, предлагая нестандартные решения. Он напомнил, что кардинальные перемены после распада СССР коснулись всех сфер жизни. Эти изменения надо было воспринять, най-

ти волю, силу, чтобы активно включиться в строительство новой жизни. Будущее страны по-прежнему зависит от молодого поколения и от того, как оно проживет эти годы. «Ставки в этом историческом матче очень высоки. Будем ли мы сами производить уникальные технологии, делиться с миром прорывными знаниями, сможем ли мы сделать окружающую среду безопаснее и комфортнее для жизни, будем ли гордиться достижениями...» – В.В. Путин [1].

В медицинской сфере ведущая роль в этом процессе возлагается на профессорско-преподавательский (ППС) состав медицинских вузов. Работа ППС подразу-

мекает не только качественную теоретическую подготовку, но и передачу профессиональных навыков общения с пациентом. Профессия врача подразумевает полную отдачу в первую очередь в эмоциональном и нравственном плане, что влечет за собой профессиональную деформацию личности. Помимо работы с пациентами, ППС клинических кафедр возлагает на себя ответственность за воспитание будущих медицинских кадров, что в свою очередь отражается на психо-эмоциональном статусе самих преподавателей. Профессиональная деятельность ППС клинических кафедр медицинских вузов предполагает эмоциональное и психофизическое напряжение, которое приводит к быстрому физиологическому и психологическому истощению, что в последующем выражается в снижении личностных достижений, развитии конфликтных ситуаций в коллективе и семье, появлении агрессии и повышении уровня тревоги [2–4].

Малоизученным остается зависимость влияния стажа трудовой деятельности на психофизиологические особенности личности профессорско-преподавательского состава клинических кафедр медицинских вузов. Вышесказанное обуславливает актуальность данной работы [5–7].

Цель исследования: выявление психологических особенностей личности профессорско-преподавательского состава клинических кафедр медицинских вузов в зависимости от стажа работы и возраста.

### Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в медицинских вузах России. В исследовании приняли участие 63 сотрудника ППС клинических кафедр вузов.

Среди обследованных лиц – 41 человек женского пола (65,1%) и 22 человека мужского пола (34,9%) со стажем работы в сфере медицинского образования от 2 до 51 года.

Респонденты были разделены на 3 группы в зависимости от стажа работы.

1 группа со стажем от 25 до 51 года: средний стаж работы – 41,5 года (максимальный стаж работы – 51 год, минимальный – 25 лет). Первую группу составили 31 человек (средний возраст 63,2 года) – 49,2% от общего числа опрошенных; из них 26 женщин – 83,9% и 5 мужчин – 16,1% от группы.

2 группа со стажем от 10 до 25 лет: средний стаж работы – 14,5 лет (максимальный стаж работы – 20 лет, минимальный – 10 лет). Вторую группу составили 17 человек (средний возраст 36,8 лет) – 27% от общего числа опрошенных; из них 9 женщин – 52,9% от группы и 8 мужчин – 47,1%.

3 группа со стажем от 0 до 10 лет: средний стаж работы – 5,3 года (максимальный стаж работы – 8 лет, минимальный – 2 года). Третью группу составили 15 человек (средний возраст 28,1 лет) – 23,8% от общего числа опрошенных; из них 5 женщин – 33,3% от группы и 10 мужчин – 66,7%.

Определение психологического статуса в группах ППС клинических кафедр медицинских вузов проводилось с помощью анкеты СМОЛ [8, 9].

Накопление, корректировка, обработка и анализ информации проводились с использованием стандартного пакета прикладных программ Microsoft Office 2007.

### Результаты исследования и их обсуждение

При психологическом обследовании респондентов по методике СМОЛ полученные следующие результаты. Во всех трех группах исследуемых определились низкие показатели по шкале L, что свидетельствует об искренних ответах на поставленные вопросы.

В ходе анализа графика по шкале K мы видим среднее значение во всех трех группах с небольшим подъемом показателей во второй и третьей группах, что говорит об хорошей самооценке и наличия критики к себе. Эти люди психологически хорошо приспособлены, эмоционально стабильны. Учитывая, что в первой группе имеется небольшое снижение по шкале K, можно предположить, что для данной группы характерна склонность к преувеличению проблем; у них прослеживается некоторая неудовлетворенность собой, а порой и окружающими, что способствует критическому отношению к себе и другим.

Оценивая график СМОЛ по шкале 1 (ипохондрия) в 3 группе обращает на себя внимание снижение показателей, что свидетельствует об отсутствии озабоченности своим здоровьем, представители данной группы оптимистичные, жизнерадостные, быстро идут к своей цели. В 1 группе показатели по шкале ипохондрия увеличиваются и становятся максимальными во 2 группе. Это говорит о том, что для лиц 2 группы характерна озабоченность своим здоровьем: они предъявляют неспецифические жалобы, появляются признаки хронической усталости. Кроме того, они становятся более требовательными к другим и критичными к их поступкам. Данные лица обычно не проявляют слишком выраженной тревожности и не показывают каким-либо образом неприиспособленность, хотя начинают выполнять свои профессиональные функции с некоторой сниженной эффективностью. Вероятнее всего, это связано с «кризисом среднего возраста», который подразумевает под собой постоянно тянущий груз нереализованных возможностей, большую социальную ответственность – несовершеннолетние дети, пожилые родители, требующие дополнительного внимания и ухода и, как следствие, усиливающееся психоэмоциональное напряжение. Эти факторы приводят к небольшому снижению эффективности в повседневной жизни и профессиональном ракурсе.

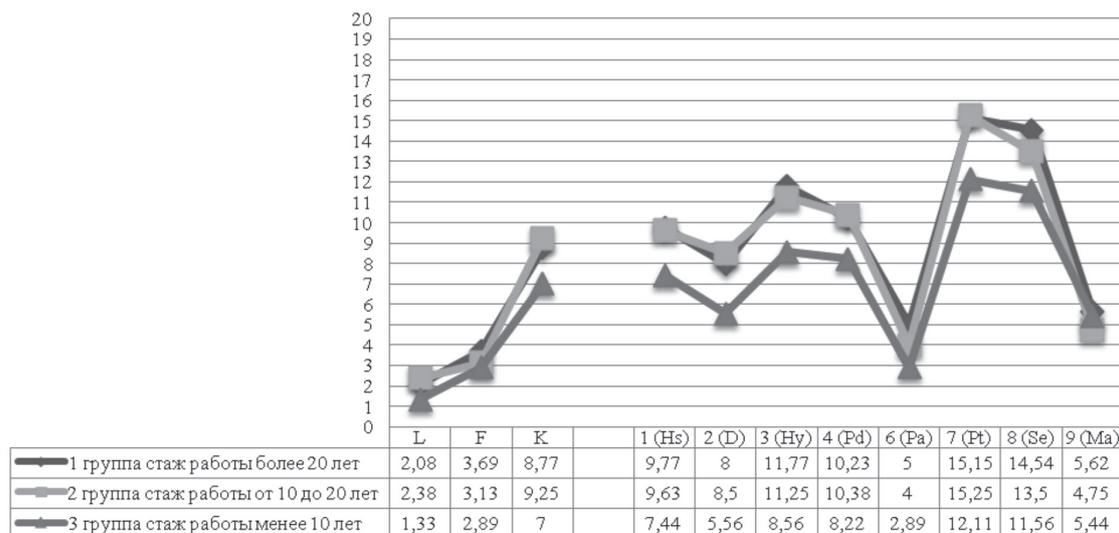


График СМОЛ

Самый низкий показатель по трем группам по шкале «Депрессия» отмечается в 3 группе, что свидетельствует о том, что ее представители не испытывают чувства тревоги, вины и депрессивных настроений, они свободно выполняют свои обязанности, легко перестраиваются в меняющихся условиях деятельности, могут с удовольствием взять на себя роль лидера. Более высокие значения по шкале «Депрессия» были в 1 и 2 группах, что свидетельствует о появлении у них тенденции к депрессивным симптомам: они чувствуют себя подавленными, несчастными и дискомфортными, в их жизни преобладают пессимистичные нотки, они тяжело решают свои проблемы. Таким индивидуумам свойственны множественные жалобы, слабость, утомляемость; они, как правило, становятся интровертами, стараются сохранять дистанцию с сотрудниками и пациентами, четко придерживаясь определенных правил и норм поведения, дабы избежать любых неприятностей и столкновений с окружающими их людьми.

По шкале 3 (Истерия) максимальные значения были в 2 и 1 группах, что характеризует их как личностей, избегающих какой-либо ответственности, имеющих склонность к повышенному уровню тревожности и депрессивным настроениям, ожидающих к себе повышенного внимания и любви.

Прослеживаемые тенденции у 1 и 2 групп исследуемых лиц по шкалам депрессии и истерии несколько выше, чем у 3 группы, что возможно связано с более высоким социальным и профессиональным статусом: имеются к этому возрасту определенные заслуги и академические степени,

высокий профессиональный опыт и стаж работы по данной специальности.

Низкие показатели по Шкале 4 (психопатические отклонения) в 3 группе опрошенных, говорят о том, что они четко выполняют приказы начальства, конформные, однако порой могут проявлять пассивность и безразличие. Практически одинаковые максимальные значения по данной шкале отмечались в 1 и 2 группах. Что характеризует их как личностей, у которых могут возникать натянутые отношения с членами своей семьи и в профессиональной сфере. Они любят много разговаривать, проявляют неумную активность при выполнении своей работы, умны и самоуверенны, часто вовлекают себя и сотрудников в разные виды деятельности, не имея при этом определенных целей и четко сформулированного направления профессиональной деятельности.

Шкала 6 «паранойя» имела по графику самые низкие показатели во всех группах. Это умеренное понижение показателей характеризует данных индивидуумов с положительной стороны. Основными чертами являются: уравновешенность, серьезность, аккуратность. Они быстро принимают решения, особенно в профессиональном плане, к проблемам проявляют осторожность, четко придерживаются правил, обладают высоким самоконтролем.

Данные графика по шкале 7 «психастения» показали самые высокие значения во всех группах опрошенных. Склонность к завышению показателей наблюдалась у 3 группы. Данные лица очень способны, они свободны от каких-либо страхов и тре-

вог, достаточно самоуверенны, ответственные. Успех, статус и признание имеют для них важную роль. Во 2 и 1 группах показатели несколько снижены, что может быть показателем психологического смятения и дискомфорта, склонности к тревожности, беспокойству даже по незначительным поводам. Они испытывают некоторое угнетение при невозможности достижения поставленных целей, могут колебаться, быть нерешительными.

По шкале 8 (шизофрения) были средние значения у 3 группы, что говорит о том, что эти люди веселые, добродушные и доверчивые, уравновешенные, ответственные. Тем не менее эти лица сдержанны во взаимоотношениях, стараются избегать глубокого эмоционального вовлечения в отношения с другими людьми. Тенденция к повышению значений по шкале 8 во 2 и особенно в 1 группах говорит, о том, что они находились в состоянии стресса, чувствуя себя изолированными, отчужденными, непонятыми и непринятыми. Респонденты этих двух групп пытаются избежать взаимодействия с новыми людьми и ситуациями, испытывая при этом повышение тревожности. Для них типичная реакция на стресс – это уход в мечты и фантазии, при этом их одолевают постоянные сомнения в себе, в эффективности своей деятельности и правильности принятых решений. Могут появиться в связи с этим и физические жалобы, характеризующиеся неопределенностью и устойчивостью. Хотя такие люди и могут творчески и с воображением подходить к решению проблем, но их цели являются абстрактными, неопределенными, им не хватает новой информации, необходимой для решения этих проблем. Вероятнее всего, это обусловлено достаточно быстрыми темпами технологического процесса в мире. Более молодое поколение легче адаптируется к меняющимся условиям социального и профессионального мира, живут сегодняшним днем, стремясь претворить в жизнь новые веяния научного прогресса, не беспокоясь о последствиях и возможных неудачах.

По шкале 9 «гипомания» во всех группах одинаковые средние значения. Иногда у данных лиц могут возникать хроническая усталость и физическое истощение, депрессия, сопровождаемые тревогой. Наряду с этим, такие люди остаются надежными при выполнении своих обязанностей, ответственными и в то же время зависимыми от субординации и морально-этических норм общества; они подходят к решению проблем традиционно, практично и рассудительно, периодически им не хватает самоуверенности; они чрезмерно контролируют

себя и не выражают свои чувства прямо и открыто. Заниженные показатели по данной шкале свойственны для педагогических и врачебных профессий. А в данном случае преподаватели клинических кафедр медицинских вузов совмещают в себе обе эти направленности, что вдвойне оказывает влияние на психологическую составляющую личности, степень эмоционального напряжения, уровень тревоги и депрессивных настроений [10–12].

Хочется подвести итог вышесказанному словами президента Российской Федерации Владимира Владимировича Путина: «Никогда не сдавайтесь. Главный фактор успеха – вера в собственные силы, вера в себя. За вашими плечами ваши родители, учителя, наставники, ваша Родина, Россия... Вы можете, обязаны и будете побеждать,» – резюмировал президент.

«Россия всегда гордилась молодежью – талантливой, смелой, инициативной. Молодые были там, куда звало их время, где было особенно трудно. И сегодня, на рубеже веков, в ваших руках будущее страны. Важнейшая общегосударственная задача – дать возможность молодым людям полностью реализовать себя, найти место в жизни, свое призвание. А успехи каждого из нас, ваши победы и достижения станут успехом России, укрепят его национальное достоинство и авторитет» [1].

### Выводы

Преподаватели клинических кафедр медицинских вузов в своей деятельности выполняют функции как педагогов, так и врачей. Такое положение вещей приводит к двойной нагрузке на психологическую составляющую личности ППС, усиливают степень эмоционального напряжения, уровень тревоги, депрессии. Таким образом, проведенное исследование показало, что прослеживается тенденция для лиц с трудовым стажем в качестве ППС клинических кафедр более 10 лет к появлению у них повышенного напряжения, усиления тревожности. Данные личности начинают работать с пониженной эффективностью, зачастую предъявляют во время стресса соматические жалобы (избегая с помощью них ответственности), теряют уверенность в себе, у них усиливается потребность во внимании к своей личности и симпатии. В то же время находясь в постоянных психо-эмоциональных, моральных и этических рамках взаимодействия как с больными, так и с обучающимися, ППС в связи с этим испытывают внутренний конфликт, который при определенных ситуациях может привести к развитию патологии внутренних органов. В течение

ние рабочего дня преподаватели постоянно контролируют себя, сдерживая проявление любых отрицательных эмоций и высказываний в адрес студентов и пациентов. Даже если ППС в редких случаях и позволяют себе выразить негативные настроения, то делают это в очень мягкой и неагрессивной форме, так как для этой социальной группы очень важно вести себя соответствующим образом, подавая молодому поколению достойный пример.

В отличие от предыдущих групп, лица со стажем трудовой деятельности до 10 лет несколько отличаются по своим жизненным приоритетам. А именно: не испытывают особой тревоги, чувства вины, депрессии; они ведут себя и чувствуют легко, оптимистично, прямо и четко формулируют свои цели и мысли. Данные лица не испытывают каких-либо тревожных эмоций, свободны от страхов; они уверены в себе, так как успех, статус и признание играют для них важную роль.

#### Список литературы

1. Петров В. «Сириус» – одна команда // Российская газета. – Федеральный выпуск. – № 6766 (195) [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2015/09/01/putin-deti-site.html> (дата обращения: 02.06.2018).
2. Береги здоровье смолоду или: почему врачи тоже болеют / Т.М. Богданова [и др.] // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2011. – Т. 1, № 7. – С. 81–82.
3. Профиль вуза – психосоциальный предиктор развития артериальной гипертензии / Т.М. Демина [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2008. – № 3 (21). – С. 73–77.
4. Психологические особенности и типология личности студента медицинского вуза / А.Н. Калягин [и др.] // Сибирский медицинский журнал. – 2015. – № 5. – С. 132–135.
5. Взаимосвязь и взаимообусловленность профессионально-психологической дизадаптации и соматических нарушений у медицинских работников / А.Д. Гольменко [и др.] // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 75–90.
6. Сафонова А.О. Профессиональная деформация педагогов / А.О. Сафонова, И.И. Какадий // Научный журнал «Дискурс». – 2017. – № 11 (13). – С. 89–93.
7. Черлунчакевич А.И. Профессиональная деформация в деятельности педагога и способы ее профилактики / Р.В. Ершова, А.И. Черлунчакевич // Психология обучения. – 2016. – № 12. – С. 72–79.
8. Березин Ф.Б., Мирошников М.П., Соколова Е.Д. Методика многостороннего исследования личности. Структура, основы интерпретации, некоторые области применения / Предисл. Т. Барлас. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство «БЕРЕЗИН ФЕЛИКС БОРИСОВИЧ», 2011. – 320 с.
9. Российский стандарт тестирования персонала (временная версия, созданная для широкого обсуждения в 2015 г.) (рус.) / Н.А. Батулин [и др.] // Организационная психология. – 2015. – Июнь (т. 5, вып. 2). – С. 67–138.
10. Болотникова О.П. О синдроме эмоционального выгорания педагогов / О.П. Болотникова, А.С. Порох // Научное отражение. – 2016. – № 1 (1). – С. 5–7.
11. Петрова О.А. Многогранность проявлений и систематизация важных психологических феноменов, описывающих демонстративную личность // Проблемы современного педагогического образования. Сер.: Педагогика и психология. – 2016. – № 50–4. – С. 341–349.
12. Концептуальные подходы к профилактике эмоционального выгорания медицинских работников / А.Д. Гольменко [и др.]. – Иркутск: Изд-во Иркут, 2014. – 163 с.

УДК 94:930.23

**РЕФОРМЫ ПАВЛА I И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ  
РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВА****Михневич А.В., Позднякова Е.Ю.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,  
Краснодар, e-mail: esse99@mail.ru*

Представленная на всеобщее обозрение научная статья посвящена реформам Павла I. Им были проведены: реформа престолонаследия через издание Указа о престолонаследии, благодаря которому на многие десятилетия закрепилось законное право представителей династии Романовых править Российской империей, военные реформы, занимавшие главное место среди всех остальных реформ помазанника Божьего. Им был издан Манифест «О трехдневной барщине» и многие другие. Целью статьи является выяснение и анализ причин, которые повлекли за собой введение новых устоев в стране, и что было до того, как эти реформы ввели. Одной из главных причин было исправление положения, которое сложилось в последний период правления его матери, императрицы Екатерины II. В статье приводятся комментарии и оценка современников-публицистов того времени, а также ведущих ученых России. В конце делается вывод, что многие реформы заложили основу дальнейшего функционирования и развития страны, доказывается, что правитель не был безумен, как считали некоторые сановники и посланники того времени, а также ученые последующих столетий, так как многие преобразования Павла Петровича носили прогрессивный характер.

**Ключевые слова:** Павел I, Манифест «О трехдневной барщине», военные реформы 1796–1800 гг., Указ о престолонаследии, дворяне, Гатчина, военная и гражданская системы Павла I, крестьянство, солдаты

**THE REFORM OF PAUL I, AND THEIR IMPORTANCE FOR THE DEVELOPMENT  
OF THE RUSSIAN STATE****Mikhnevich A.V., Pozdnyakova E.Yu.***Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar; e-mail: esse99@mail.ru*

Presented to the public scientific article is devoted to the reforms of Paul I. It was carried out: the reform of the succession through the publication Of the decree on succession, through which for many decades the legitimate right of representatives of the Romanov dynasty to rule the Russian Empire, military reforms, which occupied the main place among all other reforms of the anointed of God. They had issued a Manifesto «On three-day corvee» and many others. The purpose of the article is to clarify and analyze the reasons that led to the introduction of new foundations in the country, and that was before these reforms introduced. One of the main reasons was the correction of the situation that had developed in the last period of his mother's reign of Empress Catherine II. The article provides comments and evaluation of contemporary publicists of the time, as well as leading scientists of Russia. At the end, it is concluded that many reforms laid the Foundation for the further functioning and development of the country, it is proved that the ruler was not insane, as some dignitaries and envoys of that time believed, as well as scientists of the following centuries, as many transformations of Pavel Petrovich were progressive.

**Keywords:** Paul I, Manifesto «On a three-day corvee», military reforms of 1796-1800, Decree on succession to the throne, noblemen, Gatchina, military and civil systems of Paul I, peasantry, soldiers

*«... характер, особенно политический, Павла I был благородный, рыцарский характер. Я нашел своего исторического героя. И ежели бы Бог дал жизни, досуга и сил, я бы попробовал написать его историю».*

Л.Н. Толстой о Павле I [1]

Российский император Павел I является неоднозначной личностью в истории нашей страны. Существует много споров у историков насчет того, был ли император сумасшедшим или нет. Некоторые современники утверждают о безумии императора и о несостоятельности созданной им новой гражданской и военной системы (В.О. Ключевский, Н.К. Шильдер, А.Г. Брикнер). Другие историки (А.С. Суворина, Е.С. Шумигор-

ский, Д.А. Милютин, П.Н. Буцинский), наоборот, считают, что правитель обладал острым умом и способностями к управлению страной. Они утверждают, что его реформы были направлены на устранение проблем, возникших в последние годы правления его матери и великой императрицы Екатерины II: расстроенная экономика и сельское хозяйство, пустая государственная казна с огромным долгом и плохо работающие государственные службы.

Павел I проводил политику укрепления страны, поднятия боеспособности и организации армии, облегчения положения крестьян и солдат. Главными тормозами преобразований являлись коррупция, казнокрадство, фаворитизм и неисполнительность чиновников. Многие из его реформ были задуманы им в Гатчинском дворце,

задолго до того, как он взошел на престол, а некоторые военные реформы он разработал в возрасте 25 лет. С первых дней своего правления Павел I, так же, как и его прадед – Петр I, начал реформировать все сферы жизни Российской империи.

Одним из самых серьезных законов Павла Петровича стал *Указ о престолонаследии*, который укрепил право представителей династии Романовых на царский престол и пресек в будущем возможность дворцовых переворотов. Он был подготовлен им еще в положении великого князя и обнародован в день его коронации в Кремле 5 (16) апреля 1797 года. Суть Указа состояла в том, что впредь престол мог переходить только по мужской линии – от отца к старшему сыну, а если у императора не было детей, то к его брату, следующему по очередности рождения за ним. Только при пресечении мужской линии женщина имела право наследовать трон и передавать его своим наследникам. Эта система существовала вплоть до 1917 г., то есть до свержения монархии в России.

Следующий этап государственных преобразований связан с военными реформами Павла I, которые занимают главное место среди других его реформ. С детства будущий император интересовался всем, что связано с армией. При правлении Екатерины II пороками армии являлись произвол командиров, который вел к казнокрадству, притеснению обывателей, жестокому обращению с нижними чинами, к неисполнению строевых уставов. Современник того времени граф Ланжерон отрицательно отзывался о российской армии, в особенности, о гвардии и кавалерии во времена правления Екатерины II. Целью Павла Петровича было создание прочно организованной армии.

После восшествия на престол, в ноябре 1796 г., он подписал Указ об издании новых воинских уставов, составленных им еще в Гатчине: Воинский Устав о полевой кавалерийской службе, Правила о службе кавалерийской («Воинский Устав о полевой гусарской службе») и Воинский Устав о полевой пехотной службе. Они закрепляли принципы военной организации и системы подготовки войск. Император придавал большое значение точному знанию и строгому исполнению каждым военнослужащим обязанностей, возложенных на него уставом и должностными инструкциями. Впоследствии им был издан Устав военного флота.

Создаваемая государем военная система была подсмотрена им с Запада, точнее скопирована с прусского устава 1759 г., где в те времена он являлся одним из совершенных

в Европе. Но Павел Петрович критично изучал прусские источники, переделывая их под российские традиции. Произошли изменения в организационной структуре армии, наиболее важные в артиллерии и кавалерии. Павлом I были введены инспекции, которые во многом соответствовали по функциям современным военным округам, вследствие чего впервые было четко организовано снабжение, управление и обучение войск в мирное время. В 1797 г. был сформирован Пионерный полк, являвшийся первым крупным военно-инженерным подразделением в русской армии.

Император восстановил гусарские полки, существовавшие при Петре I. Павел Петрович взял под свое личное покровительство кадетские корпуса, а также требовал, чтобы директора по всем делам, касающимся этих заведений, обращались непосредственно к нему. При императоре в них снова была введена военная организация с разделением кадет на роты. Павлом I впервые были определены точные указания по обучению рекрутов, закрепленные в Воинском уставе 1796 г. Он закрепил одиночное строевое обучение солдат. До него оно «не было подчинено никаким определенным правилам и совершенно зависело от произвола частных начальников» [2, с. 344]. Воинский устав требовал гуманного, без излишней жестокости, отношения к солдатам: «Офицерам и унтер-офицерам всегда замечать солдат, которые под ружьем или в должности ошибались, и таковых после парада или учения, или когда с караула сменяются, учить; а если солдат то, что надлежит, точно знает, а ошибся, такового наказать...»

Император был строг и придирчив к высшим чинам, но он всегда с теплотой и заботой относился к солдатам. При государе было улучшено солдатское довольствие, увеличены размеры жалованья, серьезное внимание уделялось медицинскому обеспечению нижних чинов, запрещалось офицерам использовать их для личных нужд. Солдаты Петербургского гарнизона, в первую очередь гвардейцы, щедро награждались за удачно проведенные разводы и учения.

Важно подчеркнуть, что, вопреки сложившемуся у большинства представлению, солдат при Павле I наказывали гораздо менее жестоко, нежели при Екатерине II или в последующие царствования, и наказание строго регламентировалось Уставом. За неподобающее обращение с нижними чинами офицеры подвергались суровым взысканиям. Император откорректировал Уставы и сделал менее жестокими, чем в прошлые и последующие времена, теле-

сные наказания – «гонения сквозь строй» и «экзерцирмейстерства». Граф Ланжерон писал: «Солдаты гвардии любили Павла, первый батальон Преображенского полка в особенности был очень к нему привязан» [3, с. 133]. При Екатерине II многие гвардейцы вели свободный, избалованный образ жизни, «даже самые гвардейские секретари были превеликие люди и жаловали, кого хотели за деньги» [4, с. 65]. При императрице многие не служили, а «записывались» на службу. Около 70% офицерского состава были лишь на бумаге. В то время даже записывали в списки еще не родившихся детей. Большая часть взрослого дворянства не служила и с помощью связей и денег легко добывала себе «чины поручика и капитана». Но в период правления Павла Петровича закончился бесконечный отдых дворян. Вскоре после восшествия на престол Павлом I было велено немедленно явиться в строй всем, кто находился в длительном многолетнем отпуске. После данного созыва от полков были отчислены «камергеры, камер-юнкеры и другие придворные чины до этого числившихся при полках и получавших военные чины, фактически не неся военной службы» [5, с. 55].

Эта реформа вызвала огромное недовольство дворян к Павлу Петровичу. Во время последних лет правления Екатерины II дворянами расхищались целые рекрутские наборы. Был даже разворован целый рекрутский набор с женами. Их отправляли в деревни высших офицерских чинов, где обращали в крепостных. Павел I, вступив на престол, припомнил об этом тем, кому следовало. Государь произвел в армии преобразования в обмундировании, скопировав его с прусской модели. Он приказал опять использовать военным пудру, пуклю и штіблеты. Многие из его современников негативно оценивают данное нововведение. А.В. Суворов писал, что пудра и головной убор вызывали головную боль и обмороки, а «штиблеты – гной ногам». Положительным в данной реформе является то, что Павел I вёл борьбу с роскошью офицеров, которая завелась у них при его матери, так как она вела многих дворян к неоплатным долгам и разорению.

Многие историки критикуют императора за его любовь к муштре, строевой подготовке, но в те времена она была необходима, так как стрелковое оружие было несовершенным, из-за чего было важно умение владеть штыковой атакой в строю. Например, если один солдат сделает неправильный шаг, то неприятель может этим воспользоваться и одолеть наше войско в бою.

Тем не менее справедливости ради следует отметить, что по отношению к дворянству в политике Павла I сталкивались противоречивые тенденции. Император заботился об укреплении экономического положения дворянства, а именно, дворянам оказывалась материальная помощь через кредитно-банковскую систему (Вспомогательный банк); создавался максимально благоприятный режим службы дворян (предписывалось отбывать военную службу в звании рядового не более трех месяцев).

Павлом I был основан впервые фельдъегерский корпус в России – воинское подразделение связи. В период его правления были созданы инспекции, то есть все вооруженные силы для удобства управления делились на 11 округов и 7 инспекций. Следствием этого стала четкая организация управления, снабжения, обучения войск в мирное время. Павловская система инспекций во многом сходна по функциям с современными военными округами.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что многие военные реформы Павла I продолжали существовать и после его гибели, например, одиночное обучение строю солдат. И в наши дни существуют многие правила службы, введенные уставами Павла Петровича. Известный Павловский вахтпарад существует и в наши дни, только теперь он называется развод караула. Его армия была наиболее мощной в то время, что доказывает предложение Наполеона Бонапарта, лучшего полководца, войти России в союз с Францией, а ведь в союзники выбирают равных себе. В результате его реформ появились новые роды войск, строились казармы по всей стране, для того, чтобы облегчить положение горожан, которые обязаны были выделять помещения в своих домах на постой. Именно при нем лучшее стало положение солдат.

Не осталась без внимания российско-го императора финансовая политика Российской империи. Проводится очередная реформа, на этот раз финансовая. После вступления на престол Павел I попытался погасить задолженность страны, появившуюся в последние годы из-за постоянных рекрутских наборов, которые к тому же расхищались из-за коррупции среди высших чиновников и разграбления ими казенных средств. В казне с каждым годом возрастал дефицит. Огромное количество выпущенных ранее ассигнаций обесценилось. Злоупотребления происходили как в гражданской администрации, так и в судах. Император попытался повысить курс рубля и уменьшить дефицит казны. Он полагал, что доходы страны принадлежат

не ему, а государству, из-за чего требовал согласовывать расходы с их надобностью империи.

Государь решил обуздать «тунеядцев дворян», приказал всем чиновникам приходиться рано утром на работу и уходить поздно вечером с нее. «Сановники Екатерины, причастные к «крадствам», то есть почти все подверглись немилости императора» [6, с. 21]. Павлом Петровичем было приказано сжечь ассигнации перед Зимним дворцом на пять миллионов рублей, а также пустить пуды придворных серебряных сервизов на переплавку в монету. Был прекращен выпуск бумажных денег. К сожалению, ряд предпринятых им мер не смогли уменьшить денежный дефицит страны, но все равно положение в стране улучшилось.

Павел I стремился помочь крестьянам облегчить их тяготы, «с их добрых и полезных членов государства». Например, из-за оскудения государственной казны возросли цены на хлеб. Император приказал продавать хлеб из казенных запасных магазинов. Итогом стало понижение его цены до двух рублей на четверть. Е.С. Шумигорский писал: «масса простого народа в несколько месяцев, получившая большее облегчение в тягостной своей доле, чем за всё царствование Екатерины, и солдаты, освободившиеся от гнёта произвольной командирской власти и почуствовавшие себя на «государственной службе», с надеждой смотрели на будущее: их мало трогали «господские» и «командирские» тревоги» [7, с. 104–105].

Одной из прогрессивных реформ для крестьян стал *Манифест о трехдневной барщине (5 апреля 1797 г.)*, который заключался в сокращении барщины для крепостных крестьян до трех дней в неделю (3 дня на помещика, 3 дня на себя) и запрещения заставлять работать крестьян в воскресенье. Этот закон был подписан Павлом Петровичем в день своего восшествия на престол. Ранее он настаивал на введении законодательного урегулирования положения крестьян. Император не видел в крестьянстве самостоятельной политической силы и социальной опоры самодержавия. Данный Манифест имел много неоднозначностей и не были разработаны механизмы его реализации, что привело к несогласованности действий центральных, губернских и местных структур, выполнявших контроль над исполнением этого закона. Большинство чиновников просто проигнорировали Манифест из-за отсутствия жесткого контроля над ним.

К сожалению, многие чиновники решили, что данный акт носит рекомендательный характер, и в большинстве регионов он не

исполнялся. Многие дворяне-помещики отрицательно отнеслись к Манифесту, считая его вредным и опасным законом. Крестьяне увидели в Манифесте надежду на дальнейшее улучшение их положения, считали, что он поможет защищать их интересы. Многие крепостные пытались жаловаться государю, если помещики не исполняли нормы и принципы данного закона. Павел I дал право крестьянам лично ему подавать жалобы на своих помещиков. Он сам читал каждую жалобу и прошение, которые приходили в «жёлтый ящик» у ворот Зимнего дворца.

Государь при вступлении на престол дал право крестьянам присягать ему вместе с другими сословиями. Современник императора Август Коцебу писал: «Строгости Павла не касались людей низшего сословия и редко касались частных лиц, не занимавших никакой должности». Вельможи в то время боялись притеснять крестьян и среднее сословие, так как они знали, что «всякий мог написать письмо прямо государю, и что государь читал каждое письмо».

После гибели Императора народ «начал страшиться высокомерия вельмож, которое должно было снова пробудиться, и почти все говорили: «Павел наш отец»» [6, с. 299, с. 360]. Павел Петрович дал право раскольникам публично отправлять свои богослужения и разрешил им иметь свои церкви и общины. Старообрядцы были очень благодарными ему за это, ведь до него их только притесняли. Дворянству он, наоборот, сократил права. Были отменены многие статьи изданной Екатериной II жалованной грамоты дворянству: оно обязывалось платить налоги в пользу местных судебных-административных учреждений, было запрещено помещикам жаловаться лично императору на своих крепостных. Дворянство крайне негативно восприняло эти реформы, что явилось одной из предпосылок свержения Павла I.

При императоре было создано высшее медицинское училище, которое впоследствии было преобразовано в военно-медицинскую академию. Происходило реформирование в государственных органах управления, судопроизводства, образования, в гражданском праве. Государь провел реформу деления страны, главной целью которой являлось укрупнение губерний (с 51 до 42). Он пытался сменить коллегиальную систему отраслевого управления на министерства, так как считал, что единоличное министерское управление лучше для страны. Для этого он восстановил Мануфактур-, Берг- и другие коллегии, созданные Петром I, поставив во главе их директоров с широким кругом прав (например, правом

личного доклада императору) и независимостью деятельности от членов коллегий. Но он не успел закончить данную реформу. Ее продолжил его сын Александр I, создав в стране министерства в 1802 г. Павел Петрович пытался создать первый свод законов. Хотя император и пробовал дрессировать бюрократов, но законопроизводство всё равно тормозилось бюрократическими проволочками чиновников и их крайней неисполнительностью.

Таким образом, следует вывод о том, что за небольшой период, а именно, с 1796 по 1801 гг., своего правления Павел I издал большое количество значимых для нашего государства указов и провел важные реформы, изменившие привычный уклад социальной жизни всех сословий Российской империи. Многие реформы заложили основу дальнейшего функционирования и развития страны: Указ о престолонаследии, множество из военных реформ. Фактически именно павловская военная система помогла одержать русским победу над французами в 1812 г. До наших дней сохранились такие его нововведения, как военные инспекции (округа), вахтпарад (развод караула), одиночное обучения строю солдат, высшее медицинское училище (военно-медицинская академия). Александр I продолжил реформаторскую деятельность своего отца. Он ввел министерства, которые планировал создать Павел Петрович. При Александре I и Николае I страна все еще продолжала управляться «по-гатчински». При этом «выяснились и все темные стороны этого управления – экзерцирмейстерство, жестокая муштра в военном; бюрократизм и излишняя регламентация всех проявлений народной жизни в гражданском» [6, с. 23].

В этом проявились недостатки павловских преобразований. Плюсами его реформ является то, что он смог: в значительной мере преодолеть злоупотребления властью, внести порядок в гвардию и армию, сократив в ней роскошь и безделье, улучшить правосудие, привести в порядок финансы страны, облегчить тягости народа. Это указывает на то, что душевнобольной человек не смог бы спланировать данные преобразования, определив развитие страны на полстолетия вперед. В целом о правлении Павла I можно сделать вывод, что оно дало российскому государству больше положительных реформ, чем отрицательных.

### Список литературы

1. Оболенский Г.Л. Император Павел I / Электронная библиотека книг – libtxt.ru [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.libtxt.ru/chitat/obolenskiy\\_genadiy/20227-Imperator\\_pavel\\_1.html](https://www.libtxt.ru/chitat/obolenskiy_genadiy/20227-Imperator_pavel_1.html) (дата обращения: 01.04.2018).
2. Дирин П.Н. История лейб-гвардии Семеновского полка. Том 1. Тип. Эдуарда Гоппе / П.Н. Дирин. – СПб., 1883 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.runivers.ru/lib/book6029/> (дата обращения: 20.03.2018).
3. Хорватова Е.В. Русский Гамлет. Павел I, отвергнутый император / Е.В. Хорватова. – М., 2011. – Сер. Сюрпризы истории. – 333 с.
4. Болотов А. Т. Памятник претекших времен, или Краткие исторические записки о бывших происшествиях и новившихся в народе слухах // Записки очевидца: Воспоминания, дневники, письма / А.Т. Болотов. – М.: Современник, 1990. – 276 с.
5. Гавриленко Е.В. Военная реформа Павла Первого / Е.В. Гавриленко // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2008. – № 12 (85). – С. 53–56.
6. Царевубийство 11 марта 1801 года: Записки участников и современников / (Саблукова, гр. Бенигсена, гр. Ланжерона, Фонвизина, княгини Ливен, кн. Чарторыйского, бар. Гейкинга, Коцебу) / изд. А.С. Суворина. – СПб.: Изд. А.С. Суворина, 1908. – 458 с.
7. Шумигорский Е.С. Император Павел I. Жизнь и царствование / Е.С. Шумигорский. – М., 1907. – 264 с.

## ТЕМАТИЧЕСКИЕ И СТИЛЕВЫЕ ИСКАНИЯ КЫРГЫЗСКИХ БАСНОПИСЦЕВ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА

Исаков К.А.

*Ошский государственный университет, Ош, e-mail: kanybek.isakov@gmail.com*

Статья посвящена исследованию тематических и стилевых исканий творчества кыргызских баснописцев второй половины XX века. Данный период характеризуется поднятием кыргызского басенного творчества на профессиональный уровень, появлением в басенном жанре новых имён. Баснописцы М. Борбугулов, М. Турсуналиев, Ж. Алыбаев и Э. Ибраев внесли огромный вклад в становление и развитие басенного жанра. Их творчество отличается от предшественников стремлением к применению традиций классического басенного жанра и накопленного опыта в мировой литературе. Свою задачу в басенном творчестве они видели в поиске приемов и способов отражения национального колорита, что невозможно без глубокого усвоения жизненных условий, национальных особенностей, психологии, этнографии, обычаев и традиций народа. Поэты-сатирики, усвоившие все это заранее, написали басни в полном смысле этого слова. Сатирические произведения Мухтара Борбугулова направлены на высмеивание бюрократов, холопов, взяточников, отставших от жизни, не любящих критику. Творчество Мукамбеткалы Турсуналиева отличается стремлением к отражению гнилого периода социализма посредством аллегорических образов. Реалистическая основа творчества Жапаркула Алыбаева убедительна, влияние и жизненность его басен заключается в том, что идеи взяты не из повседневной политики, а из вечного потока самой жизни. Эсенгул Ибраев умело использовал в своих произведениях народный язык, который является средством экспрессивного раскрытия образов.

**Ключевые слова:** аллегория, аллегорический образ, басня, басенный жанр, басенные традиции, восприятие, высмеивание, классическая басня, народный язык, национальный колорит, подражание, сатира, сатирический образ, стиль

## THEMATIC AND STYLE SEARCH OF THE KYRGYZ BASINS OF THE SECOND HALF OF THE 20TH CENTURY

Isakov K.A.

*Osh State University, Osh, e-mail: kanybek.isakov@gmail.com*

The article is devoted to the research of thematic and style searches of creativity of Kyrgyz fabulists of the second half of the 20th century. This period is characterized by the rise of the Kyrgyz fable creativity to a professional level, the appearance in the fable genre of new names. The fabulists M. Borbugulov, M. Tursunaliyev, J. Alybaev and E. Ibrayev made a great contribution to the formation and development of the fable genre. Their work differs from its predecessors in the desire to apply the traditions of the classical fable genre and the accumulated experience in world literature. They saw their task in fable creativity in the search for techniques and ways of reflecting the national color, which is impossible without a profound assimilation of living conditions, national characteristics, psychology, ethnography, customs and traditions of the people. Poets-satirists, who had mastered all this in advance, wrote fables in the full sense of the word. The satirical works of Mukhtar Borbugulov are aimed at ridiculing bureaucrats, serfs, bribe-takers, who are stragglers from life, who do not like criticism. Creativity Mukambetkaly Tursunaliyev differs desire to repel the rotten period of socialism through allegorical images. The realistic basis of Japarkul Alybaev's creative work is convincing, the influence and vitality of his fables lies in the fact that ideas are not taken from everyday politics, but from the eternal flow of life itself. Esengul Ibrayev skillfully used in his works a national language, which is a means of expressive disclosure of images.

**Keywords:** allegory, allegorical image, fable, fable genre, fable traditions, perception, ridicule, classical fable, folk language, national coloring, imitation, satire, satirical image, style

Басенный жанр в кыргызской литературе поднялся на профессиональный уровень в 50-х годах XX века, и его дальнейший эволюционный процесс непосредственно связан с именами М. Турсуналиева, Ж. Алыбаева, Э. Ибраева, Э. Чопиева, С. Кадырова и других.

Огромный вклад в развитие национальной культуры внес Мухтар Борбугулов, в том числе в развитие литературоведения, литературной критики, прозы, драматургии, переводческого дела, в подготовку научных работников и учителей.

Первая книга М. Борбугулова «Басни и стихи» («Тамсилдер жана ырлар») вышла

в 1955 г., она сразу отразила ориентир автора на усвоение требований классического басенного жанра. Затем были изданы книги «Басни» («Тамсилдер») – в 1960 г., «Керегем, сага айтам...» (название содержит первую часть кыргызской пословицы «Керегем, сага айтам – келиним, сен ук» – букв. «Тебе говорю, кереге моё – услышь, ты, сноха моя» /, здесь «кереге» – деревянная решетка цилиндрической части юрты) – в 1963 г., которые принесли ему известность. В 70–80-е годы литературная деятельность М. Борбугулова обогащается новыми произведениями – баснями, опубликованными в его книгах «Избранные басни» («Тандал-

ган тамсилдер», 1973), «Басни» («Тамсилдер», 1978), «Свадьба мыши» («Чычкандын тою», 1987). Избранные басни из изданных его книг вошли в вышедшую в 1990 г. книгу «Ташкене» («Клещ»). Этот сборник М. Борбугулова стал книгой, которая и по содержанию, и по объёму не уступает до сих пор ни одной подобной книге (сборник содержит 152 басни, объём – 12,05 п/л.).

Об особенностях истоков творчества баснописца М. Борбугулова Х. Бапаев пишет следующее: «На самом деле невозможно придать произведению национальный колорит без глубокого усвоения жизненных условий, национальных особенностей, психологии, этнографии, обычаев и традиций народа. М. Борбугулов, усвоивший все это заранее, написал басни в полном смысле этого слова. Его сатира направлена на бюрократов, холопов, взяточников, отставших от жизни, не любящих критику» [1, 49]. Следовательно, М. Борбугулов стал баснописцем, когда на должном уровне усвоил ряд литературных направлений:

- кыргызское устное народное творчество, в том числе сказки о животных;
- басни, бытовавшие в народе в устном варианте;
- басни-сказки, широко распространенные у восточных народов («Тоту-нааме», «Калила и Димна», «Ходжа Насреддин», «Алдар-Косе» и др.);
- риваяты и рассказы аллегорического значения, имеющие место в нравоучениях религиозных служителей юга Кыргызстана;
- классическая басня Запада;
- переводы басен;
- литература по исследованию теории басни;
- творчество баснописцев в кыргызской письменной литературе;
- жизнь, являющаяся источником материалов для басни;
- другие литературные жанры, послужившие основой басни (фельетон, эпиграмма, шарж, комедия, сатирический рассказ и т.д.);
- язык басни и др.

М. Борбугулов является автором, умело и уместно использовавшим в своих баснях бытовавшие испокон веков кыргызские пословицы и поговорки, крылатые выражения. Например, на основе пословицы «Тайны девушки известны её родне» («Кыздын сыры төркүнүнө маалым») написана басня «Тайны девушки известны телефону» («Кыздын сыры телефонго маалым»), а также основой для произведения «Чей ребёнок чист» («Кимдин баласы апакай») послужила пословица «Карга баласын аппагым дейт» («И ворон считает своего птенца белым»). Некоторые пословичные выражения послужили

полностью названиями его басен («Кой терисин жамынган карышкыр» – «Волк в овечьей шкуре», «Алма быш, оозума түш» – «Яблоко, созревай и падай мне в рот» и др.

Еще одной особенностью мастерства М. Борбугулова как баснописца можно считать его умение выражать мысль через противопоставление контрастных героев, что является одной из поэтических форм еще со времён Эзопа и широко распространенной в классической басне Запада. Подавляющее большинство басен русского баснописца И.А. Крылова написано именно в этой форме («Ворона и Лисица», «Дуб и Трость», «Волк и ягнёнок», «Стрекоза и Муравей», «Слон и Моська» и др.).

В сборнике «Клещ» («Ташкене») М. Борбугулова подобное свойственно 47 басням из 152: «Поэт и мышь», «Мышь и моль», «Писатель и Апенди», «Лиса и собака», «Смерть и Бюрократ», «Канат и Слово» и др. Используя данный способ выражения мысли, автор пытается еще раз подтвердить древнюю мысль о противоположности добра и зла, положительного и отрицательного, красоты и безобразия, а также старается показать, что сама жизнь состоит из противоположностей. Автор-баснописец, убеждая читателей в том, что разговор героев басни, стоящих на двух берегах, является одним из путей познания действительности, высмеивает одного из них.

М. Борбугулов через диалог животных умело раскрывает характер отдельных людей, показывает, как они разговаривают в состоянии опьянения, что говорят и как поступают льстецы. Все это автор убедительно доводит до читателя с помощью свободного стиха. Так как ритмика и строфика басни, в соответствии с её жанровой особенностью, организуются по принципу свободного стихосложения, то баснописец плодотворно использует эту его особенность – прозаизм в стихах или стихотворную форму в прозе. Он не обращает внимания на количество слогов, куплетные стандарты, количество строк, одинаковый порядок рифм. Понимая, что в басне самым главным являются не внешняя форма и каноническая конструкция, больше уделяет внимание движениям героев, тону их разговора, паузе в их речи, мимике, на первый план выдвигает основную выражаемую мысль. Поэтому баснописца не зря сравнивают с охранником зоопарка или дрессировщиком в цирке.

Когда речь идёт о деятельности баснописца М. Борбугулова, нельзя не считаться с мнением литературоведа С. Байгазиева: «Вообще, Мухтара-учёного, образно говоря, можно сравнить с быстрым иноходцем.

Только о его находках и достижениях в басенном жанре можно говорить очень долго. Например, возьмём и прочтём его любую басню. Вот его сатирическая миниатюра «Смерть и Бюрократ»:

Как всегда, не оповестив заранее,  
Явилась Смерть к бюрократу:  
– Будь готов, забери твою душу!  
И ответил бюрократ:  
– Иди к секретарю!

Как видно, эта басня не нуждается в комментариях. Тут настоящая сила художественного слова! Стрела басни попала в десятку. Баснописец в четырёх неожиданных строках умело и удачно нарисовал «портрет» бюрократа, являющегося испокон веков бельмом на глазу для общества. Такой художественный портрет, который, без сомнения, можно назвать классическим, может нарисовать не каждый...» [1, с. 50–51].

Таким образом, М. Борбугулов – главная фигура в басенном жанре, ведущий автор кыргызской басни XX века. Без баснописца М. Борбугулова теряет свой полный смысл не только кыргызский басенный жанр, но и вся национальная литература. М. Борбугулов нашел себя в басне, а басня нашла себя в М. Борбугулове.

В кыргызской басенной литературе занимает своё место еще один автор – Мукамбеткалы Турсуналиев. Его произведения публиковались на русском языке во всесоюзном журнале «Крокодил». Он перевёл ряд произведений русских сатириков и баснописцев (И.А. Крылова, С.Я. Маршака, С.В. Михалкова и др.).

Басни М. Турсуналиева вошли в его сатирические сборники «Одна из тысячи» – «Миндин бири» (1966), «Сумсайма» (1968), «Кот-притворщик» – «Мышык сопу» (1970), «Чапанбай» (1973), «Сваты» – «Кудалар» (1984), «Спор» – «Талаш» (1985), «Путешествие» – «Саякат» (1986), «Два сапога пара» – «Окшошконго мушташкан» (1991).

Если баснописцы старшего поколения пришли в басенный жанр через сочинение лирических произведений, то М. Турсуналиев начал писать именно в этом жанре. Более того, он пришел в жанр басни в то время, когда национальное басенное творчество достаточно сформировалось, и им были усвоены традиции мировой классической басни. В 1969 г. вышла его книга «Сумсайма», особенности басен в которой заключаются в том, что автор «повествует экономно, применяет сатирические намёки, вводит эпиграмматические приемы» [2, с. 37–38]. Значит, М. Турсуналиев вошёл в литературу как профессиональный баснописец и создал свои произведения как баснописец-профессионал.

Его сборник «Поэмы и басни», вышедший в честь его 50-летия, более широко раскрывает его портрет как баснописца. Сборник содержит 76 басен. Поэт-сатирик, работая в республиканском сатирическом журнале «Чалкан», непрерывно публиковал созданные произведения и нашел эффективный путь аллегорического выражения жизни народа, часто бывая среди населения. Некоторые басни из этой книги позже вошли в сборник «Путешествие», в котором 49 басен.

Как и в баснях других авторов (как русских, так и кыргызских), «...основным элементом иносказания, занимающим центральное положение в построении басни, является аллегория (выражение чего-нибудь отвлеченного, какой-нибудь мысли, идеи в конкретном образе). При аллегории предмет изображается таким образом, что за ним скрывается другой предмет (человек) или некое качество (хитрость, лень, коварство)» [3].

В основе морали, выраженной в басне «Вол-спортсмен», бывшей в свое время популярной и известной, лежит идея народной пословицы «Не давай разжигать огонь тому, кто не собирал хворост» («Отун албаганга от жактырба»). В некоем учреждении состоялось собрание, на котором обсуждалось состояние спорта, и тогда поднялся на трибуну Вол и выступил с предложением:

«Надо, чтобы выступили по боксу  
Баран и Козёл...»

«И пусть пробежит стометровку Конь...»

«В прыжке в высоту пусть выступит Петух...», – и также предложил поставить Верблюда вратарём в футболе, в гимнастику – Козу, а в судьи – Быка. А себя – главарём всех. В этой басне автор высмеивает назначение на служебные должности людей с учетом только внешних данных, несмотря на внутренние возможности. Здесь к месту анекдот, который давно бытует в Кыргызстане: «Когда-то одного партократа, не разбирающегося в спорте, назначили руководителем данной отрасли. На собрании обсуждалось состояние футбольной команды «Алга», и один из выступивших пожаловался на плохого вратаря. Тогда тот чиновник-начальник предложил поставить двух вратарей». Точно так же Вол М. Турсуналиева, не разбираясь в нюансах данной отрасли, делает всё в своих интересах.

В басне «Лист» автор высмеивает тех людей, которых лишили должности на работе. Лист достаточно пожелтел, но изо всех сил старается, чтобы ветер не сорвал его с ветки. Но все равно осень есть осень, ветер усилился, и лист упал. А он все равно, приняв скромный вид, говорит: «Да я и сам хотел уже спуститься...»

В советское время существовало такое явление, как «анонимное заявление», когда некто, не указывая ни своей фамилии, ни имени, жаловался на кого-либо, направляя это заявление в вышестоящие инстанции. После получения письма сразу же приезжала ревизия или комиссия. А автор письма находился там, работал, потихоньку наблюдая за процессом. В басне «Кумайык» (Кумайык – кличка собаки) высмеивается один из таких случаев. Однажды Кумайык, лежа на своем месте, подумал о том, как пожаловаться на Коня. И Кумайык написал анонимное письмо: «Конь съел овёс, продал траву, надо привлечь его к ответственности...». Приехал проверяющий, работа остановилась, все возненавидели Коня. Но проверяющий его оправдал, ни в чём он не виноват. Тогда народ вспомнил поговорку «Лучше собака лающая, чем собака, покусавшая без лая» («Үрүп чыккан иттен, үрбөй капкан ит жаман»).

Кумайык – тип людей, которые были в советское время почти в каждом селе, в каждом коллективе.

Таким образом, М. Турсуналиев, автор известных в народе басен, внёс огромный вклад в достижение новых профессиональных высот в басенном жанре кыргызской литературы. Его творчество отличается отражением гнилого периода социализма посредством аллегорических образов.

Еще один кыргызский баснописец – Жапаркул Алыбаев, который посвятил всю свою жизнь литературе, большую часть ее – сатире. Перу Ж. Алыбаева принадлежит ряд прозаических произведений – рассказы, очерки, фельетоны, статьи, поэмы лирического и эпического рода. Но как главный ориентир его творчества выделяется сатира. Как отмечает литературовед Б. Баймурзаев в своей книге о Ж. Алыбаеве, «из всех поэтов-сатириков-шестидесятников он выделяется особым сатирическим мастерством» [4, с. 8].

Стихотворение Ж. Алыбаева «Басня баснописцам» представляет всю картину басенного жанра в кыргызской литературе. Хотя басня является произведением, показывающим животных посредством аллегорического изображения или описания, за этими животными стоят люди. Через восприятие автора и его сообщение публике умело выражается мысль о том, что судьба баснописца сложна.

Первый сборник Ж. Алыбаева называется «Цветок и колючка» (1963). Затем вышли в свет сатирические книги «Пришли – ушли» (1967), «Мечта и щекотка» (1970), «Тот самый Бекиш» (1974), «Свидетель» (1979), «Язвительный смех» (1982),

«Самое главное...» (1984), «Чего-то не хватало» (1988). В 1993 г. был издан сборник «Избранное».

В басне «Гостеприимный Лев» рассказывается, как «всемогущий хозяин Лев» стоял как-то в лесу и повстречался ему Тигр. Они поздоровались в обнимку, и Лев пригласил Тигра домой погостить. Пришли к нему домой, а женой Льва оказалась Пантера, которая в ту минуту ругала детей, и она косо посмотрела на Льва. А Тигр подумал: «Какой ветер пригнал меня сюда?!». В тот же момент Пантера приказала Льву присмотреть за домом и вышла, хлопнув дверью. И тогда Лев, который слыл героем, сидел перед Тигром смиренный, обхватив голову. Мораль басни:

Верно, что такое бывает в жизни.

Есть же такие, которые на улице – Лев,  
А дома – Кошка.

В этой басне высмеивается жизнь отдельных людей, которых мы как бы знаем, как пять пальцев, но есть у них «внутренняя тайна». Показана двуличная жизнь таких людей – жизнь на улице и жизнь дома.

Жизненный фундамент сатирических произведений Ж. Алыбаева крепок, реалистическая основа убедительна, точнее говоря, влияние и жизненность заключаются в том, что идеи взяты не из повседневной политики, а из вечного потока самой жизни. Во-вторых, сатирические стихи автора богаты остроумием, язвительными выражениями. В этом отношении его находки пестрят изобилием. «Они воспитывают скромность, взаимовыручку, уважение к труду и высмеивают лень, глупость, лесть и др. Для автора важным является то, чтобы басня работала на исправление человека. И для воспитания человека она предлагает поведение животных» [5].

Таким образом, Ж. Алыбаев является автором ряда интересных басен. Но он не достиг переднего рубежа в этом жанре, причиной чего является то, что он мало писал басни. Писал мало, но содержательно.

На творчество баснописца Эсенгула Ибраева повлияла его многолетняя работа в сатирическом журнале «Чалкан» в качестве главного редактора. Его басни отличаются точностью, содержательностью и образностью. В его сборник стихов «Дабан» («Перевал») вошли и басни. Книга вышла в 1993 г., после обретения Кыргызстаном суверенитета, но эти произведения в основном были написаны в советское время. Он является автором многих сатирических миниатюр, которые подтверждают то, что для творчества имеющего опыт поэта-юмориста Э. Ибраева характерен своеобразный стиль:

Говорит нос с сопением:  
 – Без меня Лёгкие  
 Давно бы задохнулись! («Слово Носа»)  
 Замок критикует Ключа:  
 – Кто такой Ключ без меня,  
 Он же бедный, никчемный! («Критика  
 Замка»)  
 Села Муха на ухо Льва  
 И говорит, важничая:  
 – Да вот, бедной птице  
 Откуда знать, что я  
 Катаюсь на Льве?! («Хвастается Муха»)  
 Большеглазый тот самый  
 Пробежал мимо,  
 А Черепаха говорит:  
 – Ох, старость не радость,  
 В молодости мы тоже  
 Бежали же, мчались только так! («Че-  
 репаха»).

Главная тема миниатюрных сатирических басен Э. Ибраева – высмеивание таких отрицательных качеств людей, как хвастовство, многословие, заносчивость, недалёковидность и др. Для раскрытия подобных характеров людей поэт образно использует части тела человека (Нос), образы животных (Черепаха, Муха), вещи (Замок). То, что взято для создания образности, точно соответствует этим образам. Например, хотя в жизни роль Ключа или Лёгких намного важнее, чем роль Замка или Носа, они не хвастаются. А Нос и Замок возвышают себя, унижая тех, как будто мир держится только на них.

Литератор Х. Бапаев [6, с. 24] в своей книге «Тайны басни» указал на один недостаток в творчестве Э. Ибраева: поэт-сатирик уже в названии басни характеризует своих героев эпитетами, например, «Подхалимка Коза», «Телец-хвастун» и др. Это снижает интерес читателя, который сразу может догадаться, о каких качествах и о чем пойдёт речь.

Следует отметить, что Э. Ибраев умело использовал в своих произведениях народный язык, который, во-первых, является средством экспрессивного раскрытия образов, во-вторых, он помогает современному читателю, особенно молодежи, использо-

вать лексику, находящуюся на грани исчезновения. В его произведениях использованы не только народная устная лексика, но и просторечия, употребляющиеся в народе. Это способствует обогащению стиля художественной литературы. Творчество Эсенгула Ибраева внесло огромный вклад в развитие кыргызской профессиональной басни.

Таким образом, басенный жанр кыргызской литературы 2-ой половины XX века, в отличие от 1-ой половины, которой характерен выход из «детской эпохи», ознаменовал формирование самостоятельного жанра с усвоением басенных традиций как русской, так и мировой литературы. Этот период дал кыргызской литературе новые имена, т.е. таких молодых поэтов-сатириков, как Эсенгул Чопиев, Сатыбалды Кадыров, Джолоочу Рысбаев, и других, которые пришли в басенный жанр, усвоив накопленный их предшественниками опыт. Развитие кыргызской басни 2-ой половины XX века, таким образом, как отмечает литературовед Г. Орозова, представляет период «успешного перехода из сферы ораторства в сферу художественной поэзии» [7].

#### Список литературы

1. Исаков К.А. Кыргызские баснописцы: литературные портреты (на кырг. языке) / К.А. Исаков. – Бишкек, 2008. – 128 с.
2. Исаков К.А. Басенный жанр и аллегорические образы в кыргызской литературе (на кырг. языке) / К.А. Исаков. – Бишкек, 2016. – 140 с.
3. Микова С.С. Общая характеристика языковых средств передачи культурной информации в текстах русских басен / С.С. Микова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Русский и иностранные языки и методика их преподавания. – 2011. – № 4. – С. 35–40.
4. Баймурзаев Б. Творчество Жапаркула Алыбаева: учебное пособие (на кырг. языке) / Б. Баймурзаев. – Бишкек, 2003. – 78 с.
5. Щербина С.Ю. Дидактическая направленность басни / С.Ю. Щербина // Вестник Московского университета. Серия 19: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2012. – № 2. – С. 138–146.
6. Бапаев Х. Тайна басни (на кырг. языке) / Х. Бапаев. – Фрунзе, 1974. – 122 с.
7. Орозова Г. Жанровые особенности кыргызских народных басен (на кырг. языке) // Г. Орозова // Литературные портреты и проблемы. – Бишкек, 2009. – С. 5–38.