

---

---

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

---

---

№ 7 2015  
Часть 1

ISSN 1812-7339

Журнал издается с 2003 г.

Электронная версия: [www.fr.rae.ru](http://www.fr.rae.ru)

Правила для авторов: [www.rae.ru/fs/rules](http://www.rae.ru/fs/rules)

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 33297

**Главный редактор**

*Ледванов Михаил Юрьевич д.м.н., профессор*

**Зам. главного редактора**

*Бичурин Мирза Иммамович д.ф.-м.н., профессор*

**Ответственный секретарь редакции**

*Бизенкова Мария Николаевна*

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

д.т.н. Бошенятов Б.В. (Москва), д.т.н., проф. Важенин А.Н. (Нижний Новгород), д.т.н., проф. Гилёв А.В. (Красноярск), д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир), д.т.н., проф. Грызлов В.С. (Череповец), д.т.н., проф. Захарченко В.Д. (Волгоград), д.т.н. Лубенцов В.Ф. (Ульяновск), д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва), д.п.н., проф. Микерова Г.Ж. (Краснодар), д.т.н., проф. Пачурин Г.В. (Нижний Новгород), д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск), д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск), д.т.н., проф., к.ф.-м.н. Мишин В.М. (Пятигорск), д.э.н., проф. Савон Д.Ю. (Ростов-на-Дону), д.э.н., проф. Макринова Е.И. (Белгород), д.э.н., проф. Роздольская И.В. (Белгород), д.э.н., проф. Коваленко Е.Г. (Саранск), д.э.н., проф. Зарецкий А.Д. (Краснодар), д.э.н., проф. Тяглов С.Г. (Ростов-на-Дону)

---

Журнал «Фундаментальные исследования» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Свидетельство – ПИ № 77-15598.**

Все публикации рецензируются.  
Доступ к журналу бесплатен.

Журнал представлен в **Научной электронной библиотеке (НЭБ)** – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Место в общем рейтинге **SCIENCE INDEX за 2013 год – 207** (из 3009 индексируемых РИНЦ журналов).

Журнал включен в **«Перечень рецензируемых научных изданий»**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

---

Ответственный секретарь редакции –  
*Бизенкова Мария Николаевна* – +7 (499) 705-72-30  
E-mail: **edu@rae.ru**  
Почтовый адрес  
г. Москва, 105037, а/я 47 АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,  
редакция журнала «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»  
Учредитель – МОО «Академия Естествознания»  
Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»  
Типография ИД «Академия Естествознания», г. Саратов, ул. Мамантовой, 5

Подписано в печать 13.08.2015  
Формат 60x90 1/8  
Технический редактор Митронова Л.М.  
Корректор Кошелева Ж.В.  
Усл. печ. л. 27,88.  
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2015/7

## СОДЕРЖАНИЕ

**03.01.00 Физико-химическая биология**

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА НА СОСТОЯНИЕ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В КРОВИ КРЫС С ФИБРОСАРКОМОЙ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПРОТИВООПУХОЛЕВОМ ЭФФЕКТЕ <i>Горошинская И.А., Качесова П.С., Бородулин В.Б., Немашкалова Л.А.</i> .....	9
СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ <i>PICEAE ABIECTIS (PINACEAE)</i> <i>Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Мащенко П.С.</i> .....	14
РЕЗУЛЬТАТЫ АДАПТАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ХВОЙНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ <i>Зеленяк А.К., Иозус А.П., Морозова Е.В.</i> .....	20
ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР СОСНЫ ВНЕ АРЕАЛА ИХ ЕСТЕСТВЕННОГО ОБИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ <i>Иозус А.П., Морозова Е.В.</i> .....	24
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕРМОДИНАМИКИ СУЖИВАЮЩЕГОСЯ СОПЛА <i>Кузнецов Е.В.</i> .....	29
ВЛИЯНИЕ СЕРНИСТОГО ГАЗА НА ДЕКОРАТИВНЫЕ КУСТАРНИКИ (НА ПРИМЕРЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ БАЛАШОВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА) <i>Ларионов М.В., Любимов В.Б., Логачёва Е.А., Сергадеева М.Ю.</i> .....	35
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ИНТРОДУЦЕНТОВ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТОКСИЧНЫМИ ВЫБРОСАМИ ОТ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И АВТОТРАНСПОРТА <i>Любимов В.Б., Логачева Е.А.</i> .....	39
ПРОГНОЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В АРИДНОМ РЕГИОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ <i>Морозова Е.В., Иозус А.П.</i> .....	43
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОРЕГУЛЯТОРОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПЕЧЕНИ И СЫВОРОТКИ КРОВИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ, НА РАЗВИТИЕ ФИБРОЗА ПЕЧЕНИ МЫШИ <i>Налобин Д.С., Мальцев Д.И., Ильина А.П., Краснов М.С., Алипкина С.И., Сырчина М.С., Рыбакова Е.Ю., Ямскова В.П., Ямсков И.А.</i> .....	48
ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА У БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ СОЧЕТАНИИ С МИОМОЙ МАТКИ <i>Франциянц Е.М., Верескунова М.И., Кечеджиева Э.Э., Кечеджиева С.М., Черярина Н.Д.</i> .....	57
АНЕУПЛОИДИЯ ХРОМОСОМЫ 21 ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА <i>Юров И.Ю., Ворсанова С.Г., Зеленова М.А., Юров Ю.Б.</i> .....	61

**05.02.00 Машиностроение и машиноведение**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СПИРАЛЬНО-ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ <i>Бражник Ю.В., Несмеянов Н.П., Горшков П.С., Матусов М.Г.</i> .....	71
---	----

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ НА ЛОПАТКАХ КОМПРЕССОРА ВЕРТОЛЕТНОГО ГТД <i>Головина Н.Я., Кривошеева С.Я.</i> .....	76
СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОВ, ПЕРЕМЕЩАЕМЫХ МОСТОВЫМИ КРАНАМИ С СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО УСПОКОЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ <i>Мещеряков В.Н., Колмыков В.В.</i> .....	79
РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ <i>Тимохов Р.С., Бурмистров В.А., Арутюнян А.Ю.</i> .....	85
ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ВЫСОПРОЧНОГО СПЛАВА В95Т1 В ЗОНЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ <i>Фортуна С.В., Тарасов С.Ю., Иванов А.Н., Рубцов В.Е., Колубаев Е.А.</i> .....	89
СОЗДАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ РЕЗЕРВУАРА РВСПК-50000 <i>Чепур П.В., Тарасенко А.А.</i> .....	95

#### **05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление**

МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ ДЛЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ ЛОГИСТИЧЕСКОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА <i>Башарина О.Ю., Дмитриев В.И., Феоктистов А.Г.</i> .....	101
МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ И НАПОЛНЕНИЯ САЙТА ОРГАНИЗАЦИИ, ОСНОВАННАЯ НА ТРЕБОВАНИЯХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН <i>Бедрина С.Л., Маслюк А.В., Леонова А.А.</i> .....	106
КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ 3D-ПРОЕКТИРОВАНИЯ <i>Воронцова Е.А., Данилова О.Н., Слесарчук И.А.</i> .....	111
КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА ИЗУЧЕНИЯ ВОПРОСОВ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ В АСУ <i>Кузнецова Е.С.</i> .....	116
ПРОЦЕДУРНАЯ МОДЕЛЬ СЕТЕВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА <i>Литвинов К.А.</i> .....	122
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ СВЯЗЕЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ В КОНТЕНТЕ САЙТА ВУЗА <i>Стаин Д.А., Часовских В.П.</i> .....	128

#### **08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством**

МОДЕЛЬ, МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ФАКТОРАМ БАЛАНСА ИНТЕРЕСОВ <i>Алабугин А.А., Каплан А.В.</i> .....	133
МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИЕЙ ОПЫТА НА ПРИМЕРЕ АЛМАЗОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Андреева А.В., Бочаров А.А.</i> .....	139

<hr/>	
НОВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ КАК ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЭКОНОМИКИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	
<i>Беслекова М.З.</i> .....	144
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ РЕСУРС В СТРУКТУРЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	
<i>Головчанская Е.Э.</i> .....	151
ДОСТУПНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ КОМПАНИЙ: МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЯ	
<i>Гукова А.В., Аникина И.Д., Юдина Е.Н.</i> .....	156
УСЛОВИЯ ТРУДА КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ТРУДОСПОСОБНОМ ВОЗРАСТЕ	
<i>Козлова О.А., Макарова М.Н., Тухтарова Е.Х., Беленкова Т.В.</i> .....	161
О СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИИ ОПЫТА ОАО «ПО «КРИСТАЛЛ»	
<i>Максимова Н.А., Бочаров А.А.</i> .....	166
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ)	
<i>Мамедова Н.А., Подлиннова А.Г.</i> .....	170
РАЗВИТИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В МИРЕ И РОССИИ	
<i>Мезенцева О.Е.</i> .....	176
РАЗВИТИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АГРАРНОЙ СФЕРЫ ЭКОНОМИКИ В ОТВЕТ НА ВЫЗОВЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
<i>Полушкина Т.М.</i> .....	182
ПОЗИЦИИ РОССИИ И КАЗАХСТАНА В РЕЙТИНГЕ ИНДЕКСА ГЛОБАЛЬНОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ	
<i>Родионова И.А., Мухамеджанов А.М.</i> .....	187
МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКУПАТЕЛЬСКОГО ПРЕДПОЧТЕНИЯ НА МЕД НА ПРИМЕРЕ РЫНКА МЕДА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Роздольская И.В., Гришкова Н.С., Яковлева Л.Р.</i> .....	193
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СВИНИНЫ В РОССИИ	
<i>Салов А.Н., Салова Л.В.</i> .....	202
СИСТЕМА ГОСУДАРСТВЕННОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ФИНАНСОВОГО КОНТРОЛЯ КАК ФАКТОР УКРЕПЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РФ	
<i>Селюков М.В., Могилевская В.А., Могилевский А.С.</i> .....	207
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КАК УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРАРНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ	
<i>Федонина О.В., Ерочкина Н.В.</i> .....	212
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО АПК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕД НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА	
<i>Шатырко Д.В., Токарев К.Е., Кузьмин В.А.</i> .....	217
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАЦИЙ И РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА	
<i>Шогенов Б.А., Кушков А.П.</i> .....	222

---

**CONTENTS**
**03.01.00 Physico-chemical biology**

THE STATE OF FREE RADICAL PROCESSES IN BLOOD OF FIBROSARCOMA RATS WITH DIFFERENT ANTITUMOR EFFECT OF IRON NANOPARTICLES <i>Goroshinskaya I.A., Kachesova P.S., Borodulin V.B., Nemashkalova L.A.</i> .....	9
SEASONAL VARIABILITY OF THE COMPONENT COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL OF WOODY GREENS OF SPRUCE PICEAE ABIETIS (PINACEAE) <i>Gulyaev D.K., Belonogova V.D., Maschenko P.S.</i> .....	14
RESULTS OF ADAPTATION OF ECONOMICALLY VALUABLE CONIFEROUS AN INTRODUCED SPECIES IN ARID CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION <i>Zelenyak A.K., Iozus A.P., Morozova E.V.</i> .....	20
FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE GEOGRAPHICAL CROPS OF PINE OUTSIDE AREAL THEIR NATURAL HABITATS UNDER THE CONDITIONS OF THE ARID STEPPE OF THE LOWER VOLGA REGION <i>Iozus A.P., Morozova E.V.</i> .....	24
COMPUTATIONAL ASPECTS OF THERMODYNAMICS OF THE CONTRACTING NOZZLE <i>Kuznetsov E.V.</i> .....	29
THE INFLUENCE OF SULFUR DIOXIDE ON ORNAMENTAL SHRUBS (FOR EXAMPLE, URBANIZED AREAS AND RURAL AREAS BALASHOV MUNICIPAL DISTRICT) <i>Larionov M.V., Lyubimov V.B., Logacheva E.A., Sergadeeva M.Y.</i> .....	35
SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF EXOTIC SPECIES TO POLLUTION OF THE ENVIRONMENT BY TOXIC EMISSIONS FROM INDUSTRY AND VEHICLES <i>Lubimov V.B., Logacheva E.A.</i> .....	39
THE FORECAST OF LONGEVITY OF PINETUM IN THE ARID REGION OF THE LOWER VOLGA REGION ON THE BASIS OF MATHEMATICO-STATISTICAL METHODS <i>Morozova E.V., Iozus A.P.</i> .....	43
INFLUENCE OF BIOREGULATORS ISOLATED FROM MAMMALIAN LIVER AND SERUM ON MOUSE LIVER FIBROSIS <i>Nalobin D.S., Maltsev D.I., Ilina A.P., Krasnov M.S., Alipkina S.I., Syrchina M.S., Rybakova E.Y., Yamskova V.P., Yamskov I.A.</i> .....	48
MANIFESTATIONS OF METABOLIC SYNDROME IN PATIENTS WITH BREAST CANCER WHEN COMBINED WITH UTERINE MYOMA <i>Francijanc E.M., Vereskunova M.I., Kechedzhieva E.E., Kechedzhieva S.M., Cherjarina N.D.</i> .....	57
ANEUPLOIDY OF CHROMOSOME 21 IN BRAIN DISORDERS <i>Yurov I.Y., Vorsanova S.G., Zelenova M.A., Yurov Y.B.</i> .....	61

**05.02.00 Machine building and engineering**

THE DEFINITION OF BASIC OPERATING PARAMETERS OF THE MIXING EQUIPMENT ON THE EXAMPLE OF THE SPIRAL-LOBANOVO MIXER <i>Brazhnik Y.V., Nesmeyanov N.P., Gorshkov P.S., Matusov M.G.</i> .....	71
THE STUDY OF DEPOSITS ON THE COMPRESSOR BLADES OF THE HELICOPTER GTE <i>Golovina N.Y., Krivosheeva S.Y.</i> .....	76

METHODS FOR DETERMINING PARAMETERS OF CARGO TRANSPORTED BY BRIDGE CRANES WITH AUTOMATIC SWINGING SUPPRESSION SYSTEM <i>Mescheryakov V.N., Kolmykov V.V.</i> .....	79
CALCULATION OF INDICATORS OF RELIABILITY OF FORESTRY TRACTOR-TRAILER <i>Timokhov R.S., Burmistrov V.A., Arutyunyan A.Y.</i> .....	85
MICROSTRUCTURAL SPECIFICITY OF ULTRASONIC-ASSISTED FRICTION STIR WELDED JOINTS ON V95T1 ALUMINUM ALLOY <i>Fortuna S.V., Tarasov S.Y., Ivanov A.N., Rubtsov V.E., Kolubaev E.A.</i> .....	89
NUMERICAL MODELING AND VERIFICATION OF TANK RVSPK-50000 <i>Chepur P.V., Tarasenko A.A.</i> .....	95

#### **05.13.00 Informatics, computer facilities and management**

SIMULATION MODELING OF CUSTOMER SERVICE LEVEL FOR LOADING AND UNLOADING OPERATIONS IN LOGISTICS WAREHOUSE <i>Basharina O.Y., Dmitriev V.I., Feoktistov A.G.</i> .....	101
THE METHOD OF DEVELOPING STRUCTURE AND CONTENT OF THE ORGANIZATION SITE BASED ON THE DEMANDS OF THE STAKEHOLDER <i>Bedrina S.L., Maslyuk A.V., Leonova A.A.</i> .....	106
COMBINED METHOD WITH 3D DESIGN FOR CREATION COMPLEX SHAPES OF COSTUME <i>Voroncova E.A., Danilova O.N., Slesarchuk I.A.</i> .....	111
THE SUPPORT OF THE COMPUTER AIDED SYSTEMS INFORMATION CHANNELS RELIABILITY STUDY <i>Kuznetsova E.S.</i> .....	116
MODEL OF LOAD ZONE AND PROCEDURE FOR DISTRIBUTION OF INFORMATION FLOWS IN NETWORK <i>Litvinov K.A.</i> .....	122
RESEARCH SYSTEMIC LINKAGES AND PATTERNS OF UNIVERSITY'S MANAGEMENT ON WEB SITE <i>Stain D.A., Chasovskikh V.P.</i> .....	128

#### **08.00.05 Economy and management of a national economy**

MODEL, METHODOLOGY AND METHODS OF MANAGEMENT OF SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE MINING ENTERPRISE FOR FACTORS OF BALANCE OF INTERESTS <i>Alabugin A.A., Kaplan A.V.</i> .....	133
MODEL OF EXPERIENCE INNOVATION MANAGEMENT THROUGH THE EXAMPLE OF A DIAMOND MANUFACTURING ENTERPRICE <i>Andreeva A.V., Bocharov A.A.</i> .....	139
THE NEW ECONOMIC GEOGRAPHY AS THE MAINSTREAM OF THE LOCATION THEORY <i>Beslekoeva M.Z.</i> .....	144
INTELLECTUAL RESOURCE IN THE STRUCTURE OF ECONOMIC RESOURCES <i>Golovchanskaya E.E.</i> .....	151

---

AVAILABILITY AND RELIABILITY OF FUND COMPANIES: METHODICAL ASPECTS OF MEASUREMENT <i>Gukova A.V., Anikina I.D., Yudina E.N.</i> .....	156
THE LABOUR CONDITIONS AS A FACTOR OF THE WORKING AGE POPULATION MORTALITY <i>Kozlova O.A., Makarova M.N., Tukhtarova E.H., Belenkova T.V.</i> .....	161
ON STRATEGY OF KRISTALL PRODUCTION CORPORATION EXPERIENCE INNOVATION <i>Maksimova N.A., Bocharov A.A.</i> .....	166
PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF INVESTMENT POLICY OF THE KALININGRAD REGION (USING THE METHOD OF EXPERT EVALUATION) <i>Mamedova N.A., Podlinnova A.G.</i> .....	170
DEVELOPMENT OF HIGH-TECH MANUFACTURING IN THE WORLD AND RUSSIA <i>Mezentseva O.E.</i> .....	176
THE DEVELOPMENT OF STATE REGULATION OF THE AGRARIAN SECTOR OF THE ECONOMY IN RESPONSE TO THE CHALLENGES OF FOOD SECURITY <i>Polushkina T.M.</i> .....	182
GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX: POSITIONS OF RUSSIA AND KAZAKHSTAN <i>Rodionova I.A., Muhamedzhanov A.M.</i> .....	187
MARKETING STUDY OF HONEY BUYERS' PREFERENCES (THE BELGOROD OBLAST HONEY MARKET AS A CASE STUDY) <i>Rozdolskaya I.V., Grishkova N.S., Yakovleva L.R.</i> .....	193
THE REGIONAL CHARACTERISTICS OF THE WORK OF AGRICULTURAL COMMODITY PRODUCERS OF PORK IN RUSSIA <i>Salov A.N., Salova L.V.</i> .....	202
THE SYSTEM OF STATE AND MUNICIPAL FINANCIAL CONTROL AS A FACTOR STRENGTHENING THE NATIONAL SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION <i>Selyukov M.V., Mogilevskaya V.A., Mogilevskiy A.S.</i> .....	207
IMPROVE INNOVATION GOVERNANCE AS A CONDITION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AGRICULTURAL SECTOR <i>Fedonina O.V., Erochkina N.V.</i> .....	212
MODELING REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT APK USING TOOLS OF FUZZY LOGIC CONCLUSION <i>Shatyrko D.V., Tokarev K.E., Kuzmin V.A.</i> .....	217
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF LAWS OF TRANSFORMATION REGION NORTH CAUCASUS FEDERAL DISTRICT <i>Shogenov B.A., Kushkov A.P.</i> .....	222



УДК 546.72-022.532:615.015:612.1-092.9:616-006.04

## ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА НА СОСТОЯНИЕ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В КРОВИ КРЫС С ФИБРОСАРКОМОЙ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПРОТИВООПУХОЛЕВОМ ЭФФЕКТЕ

<sup>1</sup>Горошинская И.А., <sup>1</sup>Качесова П.С., <sup>2</sup>Бородулин В.Б., <sup>1</sup>Немашкалова Л.А.

<sup>1</sup>ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский институт» Министерства здравоохранения РФ,  
Ростов-на-Дону, e-mail:rnioi@list.ru;

<sup>2</sup>ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского»  
Министерства здравоохранения РФ, Саратов

Настоящая статья посвящена исследованию влияния железа в наноформе (дисперсность частиц 30–50 нм) на процессы свободнорадикального окисления липидов в крови здоровых животных и животных с саркомой 45. Показано, что восьмикратное введение наночастиц в разовой дозе 1,25 мг/кг массы тела вызывало регрессию или торможение роста опухоли в 66,6% случаев (у 12 животных из 18), причем интра-туморальное введение оказалось эффективнее внутрибрюшинного: у двух третей животных рост опухоли был снижен в 4–7 раз по сравнению с контрольной группой, а у остальных животных наблюдалась полная резорбция опухолевого очага. У животных без опухоли введение наночастиц железа в указанных дозах не приводило к существенному изменению процессов перекисного окисления липидов и антирадикальной защиты. У животных с саркомой-45 происходило увеличение концентрации малонового диальдегида (МДА), вторичного продукта ПОЛ: в эритроцитах на 66% ( $p < 0,05$ ), в плазме крови на 141% ( $p < 0,05$ ), что указывало на усиление окислительных процессов. В группе животных, в которой наблюдался противоопухолевый эффект после введения наночастиц, выявлены нормализация содержания МДА и восстановление баланса антиоксидантных ферментов в эритроцитах, в плазме была показана активация антиоксидантных механизмов крови – увеличение активности каталазы ( $p < 0,05$ ). У животных без эффекта был выявлен дисбаланс оксидантно-антиоксидантной системы в крови, что проявлялось в увеличении содержания МДА в эритроцитах, снижении активности церулоплазмينا и максимальном значении МДА в плазме. Таким образом, изменение интенсивности окислительных процессов в крови животных-опухоленосителей, может способствовать развитию антибластомного эффекта при введении наночастиц железа.

**Ключевые слова:** наночастицы железа, окисление липидов, антиоксидантные ферменты, саркома 45, противоопухолевый эффект

## THE STATE OF FREE RADICAL PROCESSES IN BLOOD OF FIBROSARCOMA RATS WITH DIFFERENT ANTITUMOR EFFECT OF IRON NANOPARTICLES

<sup>1</sup>Goroshinskaya I.A., <sup>1</sup>Kachesova P.S., <sup>2</sup>Borodulin V.B., <sup>1</sup>Nemashkalova L.A.

<sup>1</sup>Rostov Scientific Research Institute, Rostov-on-Don, e-mail:rnioi@list.ru;

<sup>2</sup>Razumovsky State Medical University, Saratov

8-fold intraperitoneal or intratumoral administration of the iron nanoparticles (Fe NPs) at a single dose of 1,25 mg/kg body weight to rats with induced Sarcoma 45 led to tumor regression in 66.6% of animals, percentage of tumor growth inhibition was 49,3% for the tumor volume and 53,4% for the weight of the tumor nodule. The introduction of nanosized iron (30–50 nm) locally in the tumor appeared to be more effective than intraperitoneal administration. In tumor-free animals Fe NPs in the indicated doses didn't result in a significant change of lipid peroxidation and antiradical protection. In animals with sarcoma-45 the increase in the concentration of MDA (typical lipid peroxidation product) in erythrocytes by 66% and in blood plasma by 141% indicates a strengthening of oxidative processes. In the group with tumor regression after Fe NPs administration normalization of MDA content and balance of antioxidant enzymes in red blood cells took place, as well as the activation of antioxidant mechanisms in blood plasma (catalase, ceruloplasmin), adequate to intensity of lipid peroxidation. In contrast, a sharp imbalance between the activity of antioxidant enzymes, increased MDA content in erythrocytes, as well as the fall of ceruloplasmin activity and maximizing lipid peroxidation in plasma were typical for animals without effect after the administration of Fe NPs. Thus, changes in the intensity of oxidative processes in the erythrocytes of the tumor-bearing animals are associated with the effect of iron NPs on the tumor growth that may be important in antitumor mechanism.

**Keywords:** iron nanoparticles, lipid peroxidation, antioxidant enzymes, sarcoma 45, antitumor effect

Одно из основных направлений повышения эффективности лекарственной терапии рака связано с поиском новых противоопухолевых агентов, обладающих большей антипластической активностью (в том числе, по отношению к химиорезистентным опухолям), специфичностью и не оказывающих повреждающего действия на

организм [14]. Большое внимание в области разработки новых противоопухолевых средств уделяется исследованию агентов на основе переходных d-металлов. Интерес к d-металлам определяется не только их способностью подавлять рост клеток, но и участием в разнообразных физиологических функциях, поскольку многие предста-

вители этой группы являются эссенциальными микроэлементами [11].

Развитие нанотехнологий и внедрение их в медицину приобрело большое значение для онкологии. Так, для таргетной терапии опухолей используются функционализированные различными лигандами наночастицы металлов, показана эффективность лечения рака печени с помощью нацеливания магнитных наночастиц, содержащих 5-фторурацил [15, 13]. Металлические наночастицы также используются в качестве контейнеров для доставки лекарственных средств к тканям-мишеням, проведения гипертермии, фотодинамической и радиотерапии [10]. В качестве самостоятельных лекарственных средств наночастицы переходных металлов пока не нашли применения, имеются лишь отдельные исследования по использованию наночастиц металлов в ветеринарии и экспериментальной онкологии [6]. На наш взгляд, использование различных наноконструкций d-металлов в качестве самостоятельных противоопухолевых средств может быть перспективным, поскольку в ультрадисперсной форме они обладают пролонгированным действием и меньшей токсичностью по сравнению с солями [2].

Поскольку к проявлениям биологической активности наночастиц относят их способность вызывать развитие окислительного стресса, что может привести к гибели клеток [12], мы сочли интересным изучить изменение ряда показателей, характеризующих активность и регуляцию свободнорадикального окисления в крови животных-опухоленосителей, в зависимости от выраженности антибластомного эффекта наночастиц металлического железа.

В опытах *in vivo* нами изучено влияние наночастиц железа на рост перевиваемой фибросаркомы крыс (экспериментальная опухоль – саркома 45, получена из банка опухолевых штаммов Российского Онкологического Центра РАМН) и ряд показателей, отражающих состояние свободнорадикальных процессов в крови животных-опухоленосителей. Всего в исследовании было использовано 76 нелинейных крыс-самцов: 39 животных с саркомой 45 и 37 крыс без опухоли.

Использовали нанопорошки железа, полученные из крупнодисперсных порошков с помощью плазменной технологии, основанной на испарении сырья (крупнодисперсного порошка или прутка) в плазменном потоке с температурой 5000–6000 К и конденсации пара до ультрадисперсных частиц требуемого размера (дисперсность частиц 30–50 нм). Форма наночастиц была близка

к сферической. Исследование структуры наночастиц и их растворов в 0,9% NaCl методом рентгеновской спектроскопии на основе анализа тонкой структуры спектров рентгеновского поглощения в области края поглощения (XANES – X-ray absorption near edge spectroscopy) показало, что наночастицы представляли собой металлическое железо в оксидной оболочке и что в 0,9% NaCl наночастицы не окислялись [8].

Наночастицы (НЧ) железа суспендировали в физиологическом растворе непосредственно перед использованием и вводили животным 8-кратно по 4 введения в неделю с 5-дневным перерывом после 4-го введения. Разовая доза НЧ составила 1,25 мг/кг массы, курсовая – 10 мг/кг. Использовали два способа введения наночастиц: локально в опухоль и внутривентриально. В контрольной группе животным-опухоленосителям внутривентриально вводили 0,9%-й раствор хлорида натрия (по 0,3 мл). Введение наночастиц начинали при достижении размеров опухоли в среднем  $1,24 \pm 0,17 \text{ см}^3$  (от 0,16 до 2,64  $\text{см}^3$ ). Забой животных осуществляли на 23–26-е сутки после перевивки опухоли. Критериями оценки влияния НЧ железа на рост экспериментальных опухолей служили индекс эффективности и процент торможения роста опухоли – ТРО (по объему опухоли –  $T_v\%$ , по массе опухоли –  $T_m\%$ ).

Для оценки влияния введения животным наночастиц железа на состояние окислительного метаболизма был исследован ряд показателей, характеризующих интенсивность перекисного окисления липидов и функционирование антиоксидантной системы крови. Интенсивность липопероксидации оценивали по накоплению в эритроцитах и плазме крови продуктов реакции с тиобарбитуровой кислотой в пересчете на концентрацию малонового диальдегида (МДА), как наиболее изученного продукта перекисного окисления липидов [1]. Для оценки состояния антиоксидантной системы в 1% гемолизатах эритроцитов определяли активность супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы, в плазме крови определяли каталазную активность, а также оценивали оксидазную активность церулоплазмينا [1]. Значения биохимических показателей, полученные у экспериментальных животных, как с введением, так и без введения (контрольная группа) наночастиц железа, сопоставлялись со значениями этих показателей у интактных крыс. Для оценки воздействия наночастиц на процессы окисления в организме здоровых животных в исследование была включена группа крыс без опухоли (группа сравне-

ния), которая получала внутрибрюшинные инъекции взвеси наночастиц в указанных выше дозах по аналогичной схеме.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета статистических программ «Statistica 6.0». Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$  и более.

У животных с саркомой 45 регрессия или торможение роста опухоли при введении НЧ железа наблюдались в 66,6% случаев (у 12 животных из 18): при интратуморальном введении НЧ – у всех животных, при внутрибрюшинном введении НЧ – у половины животных. Процент ТРО составил: по объёму опухоли (Tv%) – 49,3% ( $p < 0,05$ ), по массе опухолевого узла (Tm%) – 53,4% ( $p < 0,05$ ). Индекс эффективности воздействия наночастиц железа составил 2,15. Введение наноразмерного железа локально в опухоль оказалось более эффективным по сравнению с внутрибрюшинным введением. Так торможение роста опухоли при интратуморальном

введении железа было почти втрое выше, чем при внутрибрюшинном введении, при этом у двух третей животных рост опухоли был снижен в 4–7 раз по сравнению с контрольной группой, а у остальных животных наблюдалась полная резорбция опухолевого очага.

Анализ полученных данных показал, что введение взвеси наночастиц металлического железа животным без опухоли в указанных дозах не приводило к существенному изменению изученных показателей антирадикальной защиты. Отмечалось лишь незначительное повышение каталазной активности в эритроцитах (на 22,0%), которое, вероятнее всего, носило компенсаторный характер в ответ на стимуляцию окислительных процессов наночастицами [9]. В то же время мы не наблюдали развития выраженных проявлений оксидативного стресса, так как содержание МДА, промежуточного продукта ПОЛ, сохранялось на уровне нормативных величин (таблица).

Некоторые показатели состояния свободнорадикальных процессов в крови крыс с саркомой 45 при различной эффективности противоопухолевого действия НЧ железа ( $M \pm m$ )

Показатели	Интактная группа, n = 27	Группа сравнения, n = 10	Контрольная группа, n = 21	Введение наночастиц железа	
				без эффекта, n = 6	с эффектом, n = 12
СОД Усл.ед.актив./мг, Hb	478,9 ± 27,2	451,1 ± 29,7	486,2 ± 27,5	452,0 ± 40,1 $p_2 < 0,05$	384,8 ± 11,6 $p < 0,05$ $p_1 < 0,05$ $p_k < 0,05$
Каталаза эритроц., МЕ/мг Hb	129,2 ± 5,1	157,6 ± 6,87 $p < 0,05$	115,25 ± 7,54 $p_1 < 0,05$	82,84 ± 4,58 $p < 0,001$ $p_1 < 0,05$ $p_k < 0,05$	86,6 ± 2,54 $p < 0,001$ $p_1 < 0,05$ $p_k < 0,001$
МДА эритроц., нмоль/мг Hb	4,75 ± 0,43	4,21 ± 0,30	7,89 ± 0,74 $p < 0,001$ $p_1 < 0,05$	6,54 ± 0,70 $p < 0,05$ $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$	5,05 ± 0,31 $p_k < 0,05$
Каталаза плазма, МЕ/л	45,04 ± 3,33	47,9 ± 6,55	59,46 ± 3,50 $p < 0,01$	51,32 ± 8,22 $p_2 < 0,05$	73,75 ± 5,38 $p < 0,001$ $p_1 < 0,05$ $p_k < 0,05$
ЦП плазмы, мкМ/л	1,973 ± 0,134	1,995 ± 0,070	2,203 ± 0,220	1,109 ± 0,077 $p < 0,01$ $p_1 < 0,05$ $p_k < 0,01$	1,770 ± 0,239
МДА плазмы, нмоль/мл	3,59 ± 0,61	3,88 ± 0,81	8,65 ± 0,96 $p < 0,001$ $p_1 < 0,05$	9,44 ± 1,71 $p < 0,01$ $p_1 < 0,05$	8,82 ± 0,89 $p < 0,001$ $p_1 < 0,05$

Примечание.  $p$  – статистическая значимость различий по сравнению с группой интактных животных;  $p_k$  – статистическая значимость различий по сравнению с контрольной группой;  $p_1$  – статистическая значимость различий по сравнению с группой сравнения;  $p_2$  – статистическая значимость различий между группами без эффекта и с эффектом.

У животных с саркомой 45 отмечался рост активности каталазы в плазме на 32,0% (таблицы). Несмотря на то, что мы не выявили существенных изменений показателей, отражающих напряжённость антиоксидантных процессов, увеличение концентрации МДА как в эритроцитах – на 66,1%, так и в плазме крови – на 140,9%, указывало на усиление оксидантных процессов. Таким образом, при опухолевом росте наблюдалась системная интенсификация процессов перекисного окисления липидов, свидетельствующая о несостоятельности регуляции процессов свободно-радикального окисления. Дисбаланс в системе антиоксидантной защиты характерен для злокачественных новообразований различной локализации [3, 4].

После введения наночастиц железа у животных-опухоленосителей наблюдались разнонаправленные изменения изучаемых процессов, которые были взаимосвязаны с полученным антибластомным эффектом. У крыс без эффекта (рост опухоли) наблюдалось уменьшение активности каталазы в эритроцитах, как по отношению к интактным животным, так и значениям в контрольной группе – на 35,9% и 28,1% соответственно (таблица). В плазме крови имело место снижение оксидазной активности церулоплазмينا по отношению к интактной группе – на 43,8%, по отношению к контрольной группе – на 49,7%. Снижение защитных антирадикальных механизмов привело к накоплению МДА по отношению к нормативным значениям: в эритроцитах – на 37,7%, в плазме более чем в 2,6 раза. Отметим, что у животных данной группы показатели МДА не отличались от значений в контроле. Следовательно, несмотря на дисбаланс в системе «оксидантные-антиоксидантные процессы», введение наночастиц металлического железа не вызывало дополнительного усиления процессов липопероксидации при опухолевом росте.

При развитии терапевтического эффекта (регрессия или торможение роста опухоли) в эритроцитах наблюдалось уменьшение активности СОД (на 19,6%) и каталазы (на 33,0%) по отношению к норме. Поскольку изучаемые ферменты являются индуцибельными [7], снижение напряженности в работе ферментативного каскада «СОД-каталаза» скорее всего, было связано с нормализацией оксидативных процессов, на что указывало уменьшение содержания продуктов ПОЛ в эритроцитах на 36,0% относительно контрольной группы (таблица). Выявленное изменение окислительного метаболизма в эритроцитах отражает процесс

снижения тканевой гипоксии и процессы восстановления дисбаланса окислительных процессов в организме [5], что может способствовать поддержанию неспецифической противоопухолевой резистентности. В плазме крови у животных данной группы интенсивность накопления продуктов липопероксидации не отличалась от таковой в группе животных без эффекта, однако повышение активности каталазы свидетельствовало об активации компенсаторных механизмов. Данный показатель превышал не только норму на 63,7%, но и уровень у животных контрольной группы на 24,0%.

Полученные результаты позволяют прийти к заключению о том, что применение наночастиц железа в указанных дозах не вызывает развития выраженного оксидативного стресса в организме животных. Введение наночастиц крысам с ростом саркомы 45 не приводит к дальнейшему повышению интенсивности ПОЛ, характерному для опухолевого роста, а регрессия опухоли под действием наночастиц сопровождается выраженным снижением оксидативных процессов в эритроцитах. Это может играть важную роль в реализации их противоопухолевого эффекта.

*«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-04-32046 мол\_а».*

#### Список литературы

1. Арутюнян А.В., Дубинина Е.Е., Зыбина Н.Н. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма: методические рекомендации. – СПб.: ИКФ «Фолиант», 2000. – 104 с.
2. Глушенко Н.Н., Богословская О.А., Ольховская И.П. Физико-химические закономерности биологического действия высокодисперсных порошков металлов // Химическая физика. – 2002. Т. 21, № 4. – С. 79–85.
3. Горошинская И.А. Интенсивность хемилюминесценции, состояние антиоксидантной системы и окислительная модификация белков плазмы крови при развитии рецидива рака яичников / Горошинская И.А., Неродо Г.А., Сурикова Е.И., Качесова П.С., Внуков В.В., Шалашная Е.В., Нескубина И.В., Немашкалова Л.А., Максимова Н.А., Сергеева М.М. // Сибирский онкологический журнал. – 2013. Т. 26, № 4 (58). – С. 45–49.
4. Качесова П.С. Состояние свободнорадикальных процессов в эритроцитах больных сарком мягких тканей / Качесова П.С., Горошинская И.А., Андрейко Е.А., Аушева Т.В., Шалашная Е.В., Сурикова Е.И., Немашкалова Л.А. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 4. – С. 67–70.
5. Новицкий В.В. Молекулярные нарушения мембран эритроцитов при патологии разного генеза являются типовыми реакциями организма: контуры проблемы / Новицкий В.В., Рязанцев Н.В., Степовая Е.А., Федорова Т.С., Кравец Е.Б., Иванова В.В., Жаворонок Т.В., Часовских Н.Ю., Чудакова О.М., Бутусова В.Н., Яковлева Н.М. // Бюлл. сибирской медицины. – 2006. – № 2. – С. 62–69.
6. Патент РФ № 2506971. Способ подавления опухолевого роста в эксперименте / Кит О.И., Горошинская И.А., Качесова П.С., Светицкий П.В., Светицкий А.П. // Заявл. 21.09.2009.

7. Сазонтова Т.Г., Архипенко Ю.В. Значение баланса прооксидантов и антиоксидантов – равнозначных участников метаболизма // Пат. физиология и эксперим. терапия. – 2007. – № 3. – С. 2–18.

8. Borodulin V.B. Study of the Biological Effect of Iron Nanoparticles / Borodulin V.B., Goroshinskaya I.A., Kachesova P.S., Babushkina I.V., Polozhentsev O.E., Durnova N.A., Vasiliadis R.A., Losev O.E., and Chesovskih Yu.S. / *Nanotechnologies in Russia*. – 2015. – Vol. 10. – № 3–4. – P. 268–277.

9. Cabigas E.B. Over-Expression of Catalase in Myeloid Cells / Cabigas E.B., Somasuntharam I., Brown M.E., Pao Lin Che., Pendergrass K.D., Chiang B., Taylor W.R., Davis M.E. // *Int. J. Mol. Sci.* 2014, 15, 9036-9050; doi:10.3390/ijms15059036.

10. Conde J., Doria G., Baptista P. Noble Metal Nanoparticles Applications in Cancer // *J. of Drug Delivery*. 2012. Vol. 2012. Article ID 751075. 12 pp. doi:10.1155/2012/751075

11. Frezza M. Novel metals and metal complexes as platforms for cancer therapy / Frezza M., Hindo S., Chen D., Davenport A., Schmitt S., Tomco D., Dou Q.P. // *J. Current Pharmaceutical Design*. – 2010. – Vol. 16 (16). – P. 1813–1825.

12. Usha Singh Gaharwar, Paulraj R. Iron Oxide Nanoparticles Induced Oxidative Damage in Peripheral Blood Cells of Rat // *J. Biomedical Science and Engineering*. 2015. Vol. 8. P. 274–286. doi.org/10.4236/jbise.2015.84026.

13. Wang J.M., Xiao B.L., Zheng J.W., Chen H.B., Zou S.Q. Effect of targeted magnetic nanoparticles containing 5-FU on expression of bcl-2, bax and caspase 3 in nude mice with transplanted human liver cancer // *World J. Gastroenterol.* – 2007. – № 13. – P. 3171–3175.

14. Xiaowei D., Russell J.M. Nanomedicinal strategies to treat multidrug-resistant tumors: current progress // *Nanomedicine (Lond)*. – 2010. – Vol. 5 (4). – P. 597–615. doi: 10.2217/nmm.10.35.

15. Yu M.K., Park J., Jon S. Targeting strategies for multifunctional nanoparticles in cancer imaging and therapy // *Theranostics*. – 2012. – Vol. 2 (1). – P. 3–44. doi: 10.7150/thno.3463.

### References

1. Arutjunjan A.V., Dubinina E.E., Zybina N.N. Metody ochenki svobodnoradikalnogo okislenija i antioksidantnoj sistemy organizma: metodicheskie rekomendacii. SPb.: IKF «Foliant», 2000. 104 p.

2. Glushhenko H.H., Bogoslovskaja O.A., Olhovskaja I.P. Fiziko-himicheskie zakonomernosti biologicheskogo dejstvija vysokodispersnyh poroshkov metallov // *Himicheskaja fizika*. 2002. T. 21, no. 4. pp. 79–85.

3. Goroshinskaja I.A. Intensivnost hemiljuminescencii, sostojanie antioksidantnoj sistemy i oksiditel'naja modifikacija belkov plazmy krovi pri razvitanii recidiva raka jaichnikov / Goroshinskaja I.A., Nerodo G.A., Surikova E.I., Kachesova P.S., Vnukov V.V., Shalashnaja E.V., Neskubina I.V., Nemashkalova L.A., Maksimova N.A., Sergeeva M.M. // *Sibirskij onkologicheskij zhurnal*. 2013. T. 26, no. 4 (58). pp. 45–49.

4. Kachesova P.S. Sostojanie svobodnoradikalnyh processov v jeritrocitah bolnyh sarkom mjagkih tkanej / Kachesova P.S., Goroshinskaja I.A., Andrejko E.A., Ausheva T.V., Shalashnaja E.V., Surikova E.I., Nemashkalova L.A. // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij*. 2014. no. 4. pp. 67–70.

5. Novickij V.V. Molekuljarnye narushenija membran jeritrocitov pri patologii raznogo geneza javljajutsja tipovy-

mi reakcijami organizma: kontury problemy / Novickij V.V., Rjazancev N.V., Stepovaja E.A., Fedorova T.S., Kravec E.B., Ivanova V.V., Zhavoronok T.V., Chasovskih N.Ju., Chudakova O.M., Butusova V.N., Jakovleva N.M. // *Bjull. sibirskoj mediciny*. 2006. no. 2. pp. 62–69.

6. Patent RF no. 2506971. Sposob podavlenija opuholevo-go rosta v jeksperimente / Kit O.I., Goroshinskaja I.A., Kachesova P.S., Svetickij P.V., Svetickij A.P. // *Zajavl.* 21.09.2009.

7. Sazonova T.G., Arhipenko Ju.V. Znachenie balansa prooksidantov i antioksidantov ravnozrachnyh uchastnikov metabolizma // *Pat. fiziologija i jeksperim. terepija*. 2007. no. 3. pp. 2–18.

8. Borodulin V.B. Study of the Biological Effect of Iron Nanoparticles / Borodulin V.B., Goroshinskaya I.A., Kachesova P.S., Babushkina I.V., Polozhentsev O.E., Durnova N.A., Vasiliadis R.A., Losev O.E., and Chesovskih Yu.S. / *Nanotechnologies in Russia*. 2015. Vol. 10. no. 3–4. pp. 268–277.

9. Cabigas E.B. Over-Expression of Catalase in Myeloid Cells / Cabigas E.B., Somasuntharam I., Brown M.E., Pao Lin Che., Pendergrass K.D., Chiang B., Taylor W.R., Davis M.E. // *Int. J. Mol. Sci.* 2014, 15, 9036-9050; doi:10.3390/ijms15059036.

10. Conde J., Doria G., Baptista P. Noble Metal Nanoparticles Applications in Cancer // *J. of Drug Delivery*. 2012. Vol. 2012. Article ID 751075. 12 pp. doi:10.1155/2012/751075

11. Frezza M. Novel metals and metal complexes as platforms for cancer therapy / Frezza M., Hindo S., Chen D., Davenport A., Schmitt S., Tomco D., Dou Q.P. // *J. Current Pharmaceutical Design*. 2010. Vol. 16 (16). pp. 1813–1825.

12. Usha Singh Gaharwar, Paulraj R. Iron Oxide Nanoparticles Induced Oxidative Damage in Peripheral Blood Cells of Rat // *J. Biomedical Science and Engineering*. 2015. Vol. 8. pp. 274–286. doi.org/10.4236/jbise.2015.84026.

13. Wang J.M., Xiao B.L., Zheng J.W., Chen H.B., Zou S.Q. Effect of targeted magnetic nanoparticles containing 5-FU on expression of bcl-2, bax and caspase 3 in nude mice with transplanted human liver cancer // *World J. Gastroenterol.* 2007. no. 13. pp. 3171–3175.

14. Xiaowei D., Russell J.M. Nanomedicinal strategies to treat multidrug-resistant tumors: current progress // *Nanomedicine (Lond)*. 2010. Vol. 5 (4). pp. 597–615. doi: 10.2217/nmm.10.35.

15. Yu M.K., Park J., Jon S. Targeting strategies for multifunctional nanoparticles in cancer imaging and therapy // *Theranostics*. 2012. Vol. 2 (1). pp. 3–44. doi: 10.7150/thno.3463.

### Рецензенты:

Шихлярова А.И., д.б.н., профессор, руководитель лаборатории изыскания новых противоопухолевых средств и изучения механизмов их действия, ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону;

Чистяков В.А., д.б.н., г.н.с. Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванова, ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России, г. Ростов-на-Дону.

УДК 615.322

## СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ PICEAE ABIETIS (PINACEAE)

Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Мащенко П.С.

ГБОУ ВПО «Пермская государственная фармацевтическая академия»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, e-mail: dkg2014@mail.ru

Проведено изучение влияния условий произрастания, времени года на изменчивость компонентного состава эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной. Объектами исследования служили образцы древесной зелени ели обыкновенной, собранные в Ильинском районе Пермского края в течение 2014 года. Компонентный состав эфирного масла исследовали на газовом хроматографе марки Agilent 7890A с масс-селективным детектором Agilent 5975S. В результате исследования было установлено, что основным компонентом во всех образцах сырья является борнилацетат. Также отмечается высокое содержание камфары, борнеола,  $\Delta^3$ -карена, лимонена,  $\alpha$ -пинена. В компонентном составе эфирного масла преобладает в основном монотерпеновая фракция. Содержание основных компонентов эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной подвержено сезонным изменениям. Установлено, что на содержание большинства компонентов эфирного масла значительное влияние оказывает место произрастания. Тунбергол и сейшеллен обнаружены в эфирном масле древесной зелени ели обыкновенной впервые.

**Ключевые слова:** ель обыкновенная, эфирное масло, древесная зелень, содержание компонента

## SEASONAL VARIABILITY OF THE COMPONENT COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL OF WOODY GREENS OF SPRUCE PICEAE ABIETIS (PINACEAE)

Gulyaev D.K., Belonogova V.D., Maschenko P.S.

Perm State Pharmaceutical Academy of the Ministry of Health of Russian Federation, Perm,  
e-mail: dkg2014@mail.ru

The study of the influence of growing conditions, time of year on variability of the component composition of the essential oil of woody greens of spruce. The objects of study were samples of woody greens of spruce collected in Ilyinsky district of the Perm Territory during 2014. The component composition of the essential oil was investigated by gas chromatography Agilent 7890A brand with a mass selective detector Agilent 5975S. The study found that the main component of all the samples of raw materials is bornylacetate. As a high content of camphor, borneol,  $\Delta^3$ -carene, limonene,  $\alpha$ -pinene. The component composition of the essential oil is mainly dominated by monoterpene fraction. The main components of the essential oil of woody greens of spruce subject to seasonal changes. It was found that the content of most of the components of the essential oil is significantly affected locus. Tunbergol and Seychelles found in the essential oil of wood greens of spruce for the first time.

**Keywords:** Spruce, essential oil, woody greens, the content of the component

Эфирные масла относятся к наиболее важному классу биологически активных веществ древесной зелени хвойных растений. Эфирные масла – сложная смесь терпеновых углеводородов и их производных, продуцируемых в условиях жизнедеятельности самого растения [1, 10].

Эфирные масла высокоактивные субстанции, проявляющие антимикробную, антиоксидантную, ранозаживляющую и другие виды активности [7–10].

Состав эфирного масла хвойных растений не постоянен в течение года, о чем свидетельствуют данные некоторых исследователей [4, 5]. Обменные процессы в течение года, в древесной зелени проходят с разной интенсивностью. Каждое время года для растения связано с определенными процессами развития, координально отличающимися друг от друга. В этой связи представляет интерес изучение изменчивости компонентного состава эфирного масла

древесной зелени ели обыкновенной, в зависимости от времени года и места произрастания растения.

**Целью нашего исследования** являлось изучение влияния времени года, местообитания на изменчивость компонентного состава эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили 16 образцов древесной зелени ели обыкновенной, собранных в Ильинском районе Пермского края. Образцы собраны в разных местах произрастания. Сырье хранили в холодильнике и исследовали на второй день после сбора.

Эфирное масло получали гидродистилляцией древесной зелени с помощью аппарата Гинзберга по методу 1 ГФ XI [3]. Для хроматографического исследования эфирное масло отбирали из приемника одно-разовым шприцем и запаивали в ампулы. Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирного масла ели обыкновенной проводили на газовом хромато-

графе Agilent 7890A с масс-селективным детектором Agilent 5975C. Температура испарителя 250°C, t° колонки – 70°C, выдерживается в течение 5 минут, а затем повышается до 310°C со скоростью 10° в минуту

и выдерживается в течение 10 минут. Температура интерфейса – 310°C, объём вводимой пробы 1 микролитр, газ носитель гелий, деление потока – 1:10, ионизация методом электронного удара.

Таблица 1

Объекты исследования

Номер образца	Тип фитоценоза
Образец № 1	Ельник зеленомошник, правый берег реки Обва (ель около 30 лет)
Образец № 2	Сосняк зеленомошник, левый берег реки Обва (ель около 30 лет)
Образец № 3	Ельник брусничник (ель около 30 лет)
Образец № 4	Смешанный лес (ель около 30 лет)

Таблица 2

Компонентный состав эфирного масла зимних образцов

№ п/п	Компонент	Содержание в % (от цельного эфирного масла) Образцы			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1	β-Пинен	5,64	1,76	6,19	3,43
2	β-Мирцен	5,04	2,32	6,63	2,46
3	α-фелладрен	0,17	0,31	–	–
4	Δ <sup>3</sup> -Карен	10,65	12,05	–	–
5	4-Карен	–	–	1,33	–
6	Лимонен	26,92	20,36	23,98	–
7	α-Пинен	0,57	4,0	19,48	10,22
8	α-Терпинолен	–	1,82	–	–
9	Фенхол	0,21	0,15	–	0,24
10	Камфора	8,06	3,06	6,71	2,23
11	Изоборнеол	0,26	–	–	0,14
12	Борнеол	10,22	4,18	–	3,39
13	Терпинен-4-ол	1,43	1,06	0,82	1,77
14	α-Терпинеол	3,20	–	–	6,89
15	Фенхилацетат	0,10	–	–	–
16	Камфенол	0,16	–	–	–
17	Цитронелол	–	–	–	0,65
18	Борнилацетат	12,27	36,33	13,46	36,95
19	α-Лонгипинен	0,10	0,43	1,70	1,97
20	Сейшеллен	0,37	1,26	4,47	3,25
21	Циклоизосативен	–	–	–	0,33
22	Кариофиллен	–	0,22	0,97	2,89
23	α-Кариофиллен	–	0,27	0,52	3,06
24	α-Кубебен	–	–	–	0,23
25	α-Мууролен	1,09	0,76	0,44	1,13
26	α-Бергамотен	–	–	0,11	–
27	α-Фарнезен	0,12	0,09	–	–
28	Аромадендрен	0,12	–	–	–
29	α-Бисаболен эпоксид	0,23	–	0,34	–
30	α-Бисаболол	–	0,32	–	0,39
31	Спатуленол	–	0,57	–	0,46
32	Мууролол	0,97	0,74	0,72	1,88
33	α-Кадинол	1,07	1,01	0,82	2,15

Примечание. – отсутствие компонента.

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования было установлено, что в составе эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной доминируют монотерпены. Их процентное соотношение более 70% от общей массы веществ. Наблюдается высокое содержание борнилацетата, лимонена,  $\alpha$ -пинена, борнеола, камфоры,  $\Delta^3$ -карена.

Во всех образцах основу эфирного масла составляют 8–10 компонентов с содержанием каждого более 2% от цельного масла. Остальные компоненты содержатся в гораздо меньшем количестве или могут отсутствовать.

Изучение компонентного состава зимних образцов показало, что в эфирном масле содержится около 34 компонентов независимо от местообитания (табл. 2).

Доминирующим компонентом во всех зимних образцах является борнилацетат, для лимонена,  $\Delta^3$ -карена наблюдается самое высокое содержание в течение года.

Наблюдается зависимость по содержанию между борнилацетатом и борнеолом,  $\Delta^3$ -кареном и  $\alpha$ -пиненом,  $\Delta^3$ -кареном и лимоненом, борнилацетатом и  $\alpha$ -пиненом, борнеолом и  $\alpha$ -пиненом, борнилацетатом и лимоненом. При увеличении содержания одного компонента уменьшается содержание другого компонента пары.

Обнаружено, что борнилацетат, являясь основным компонентом, может оказывать влияние на содержание большинства компонентов эфирного масла.

В образце № 4 отсутствует лимонен, при достаточно высоком содержании его в остальных зимних образцах. На фоне уменьшения содержания лимонена наблюдается увеличение содержания борнилацетата, что указывает на определенное взаимодействие между двумя компонентами.

В образцах № 1 и № 2  $\Delta^3$ -карен присутствует в значительном количестве, при этом наблюдается корреляция по содержанию с  $\alpha$ -пиненом. В образцах № 3, 4 наблюдается обратная зависимость.

Таблица 3

Компонентный состав эфирного масла весенних образцов

№ п/п	Компонент	Содержание в % (от цельного эфирного масла)			
		Образцы			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1	$\beta$ -Пинен	7,96	1,64	1,62	3,74
2	$\beta$ -Мирцен	2,97	1,32	1,52	1,74
3	$\Delta^3$ -Карен	1,47	0,15	–	0,16
4	Лимонен	–	14,73	14,38	18,08
5	Оцимен	–	–	0,40	1,24
6	$\alpha$ -Пинен	0,48	3,49	2,37	5,70
7	Фенхол	0,21	0,36	0,28	0,28
8	Камфора	5,62	0,43	6,11	3,75
9	Изоборнеол	0,42	0,93	–	–
10	Борнеол	11,12	20,02	11,90	7,24
11	Терпинен-4-ол	1,65	1,13	0,94	0,99
12	$\alpha$ -Терпинеол	6,19	4,97	3,82	3,49
13	Камфенол	–	0,10	–	–
14	Борнилацетат	29,24	29,41	35,24	32,56
15	$\alpha$ -Лонгипинен	–	–	0,90	–
16	Сейшеллен	–	–	0,50	1,22
17	Кариофиллен	0,96	–	0,39	0,74
18	$\alpha$ -Кариофиллен	1,34	0,19	0,41	0,88
19	Копэн	0,40	–	–	–
20	$\alpha$ -Мууролен	1,44	0,86	1,78	0,80
21	НерOLIDOL	0,26	–	0,17	–
22	$\alpha$ -Бергамотен	–	–	0,21	0,98
23	$\alpha$ -Фарнезен	–	–	–	0,17
24	Аромандрен	0,23	0,16	–	–
25	$\alpha$ -Бисаболол	–	–	–	0,11
26	Спатуленол	0,85	0,66	–	0,66
27	$\alpha$ -Цедрен	–	0,11	–	–
28	Мууролол	2,41	1,97	1,19	1,12
29	$\alpha$ -Кадинол	2,55	2,24	1,42	1,31
30	Сквален	2,84	–	–	–



Содержание камфоры, так же существенно варьирует в зависимости от фитоценоза и влияет на уровень борнилацетата.

В образце № 4 увеличено содержание некоторых сесквитерпенов: кариофиллена,  $\alpha$ -кариофиллена, мууролола,  $\alpha$ -кадинола.

Основным компонентом эфирного масла весенних образцов также является борнилацетат (табл. 3). Обнаружено высокое содержание: борнеола,  $\beta$ -пинена, лимонена. Отмечается самое низкое содержание каренов в течение года.  $\Delta^3$ -Карен обладает местным раздражающим действием, поэтому уменьшение содержания  $\Delta^3$ -карена в весенних образцах является положительным моментом, улучшающим потребительские характеристики эфирного масла.

Самое высокое содержание борнеола в течение года отмечено весной, кроме того

как и зимой наблюдается корреляция по содержанию с камфорой.

Содержание лимонена весной остается достаточно высоким во всех образцах, за исключением образца № 1. Отсутствие лимонена в образце № 1 может быть связано с увеличением содержания  $\beta$ -пинена и  $\alpha$ -терпинеола.

В летних образцах также основным компонентом остается борнилацетат (табл. 4). Уменьшение содержание борнилацетата в образце № 1, связано с увеличением содержания лимонена,  $\alpha$ -пинена и борнеола.

В образце № 2 отсутствуют  $\beta$ -пинен,  $\beta$ -мирцен,  $\Delta^3$ -карен, постоянно присутствующие в эфирном масле древесной зелени. Вместо  $\Delta^3$ -карена в составе эфирного масла присутствует 2-карен. На фоне этого увеличивается содержание камфоры.

Таблица 4

Компонентный состав эфирного масла летних образцов

№ п/п	Компонент	Содержание в % (от цельного эфирного масла) Образцы			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1	$\beta$ -Пинен	6,85	–	2,94	2,76
2	$\beta$ -Мирцен	4,39	–	2,52	2,42
3	$\alpha$ -фелладрен	0,18	–	–	–
4	2-Карен	–	2,05	–	–
5	$\Delta^3$ -Карен	0,33	–	10,83	5,97
6	4-Карен	–	–	0,11	1,41
7	Лимонен	26,96	1,13	16,94	19,14
8	Оцимен	–	–	0,75	–
9	$\alpha$ -Терпинолен	1,85	–	–	–
10	$\alpha$ -Пинен	12,62	1,16	0,37	–
11	Фенхол	0,21	0,61	0,18	0,18
12	Камфора	4,79	11,90	1,61	2,50
13	Изоборнеол	0,28	0,34	–	–
14	Борнеол	8,33	7,63	3,60	2,50
15	Терпинен-4-ол	0,74	1,25	1,31	0,35
16	$\alpha$ -Терпинеол	2,08	3,53	3,19	0,81
17	Борнилацетат	22,13	30,29	32,93	39,19
18	$\alpha$ -Лонгипинен	0,46	0,67	1,43	–
19	Циклоизосативен	0,09	–	–	–
20	Бициклогермакрен	–	–	–	0,43
21	Сейшеллен	0,81	2,40	1,25	0,35
22	Сантолина триен	–	–	0,20	–
23	Кариофиллен	–	1,77	0,53	0,16
24	$\alpha$ -Кариофиллен	–	–	0,90	–
25	Копэн	–	–	0,27	–
26	$\alpha$ -Кубебен	–	–	0,51	–
27	$\alpha$ -Мууролен	0,46	–	1,34	1,87
28	НерOLIDOL	0,18	–	–	0,12
29	$\alpha$ -Фарнезен	–	0,61	–	0,12
30	Туйопсен	–	–	–	0,12
31	$\alpha$ -Бисаболол	–	0,29	–	–
32	Спатуленол	–	0,38	–	–
33	Мууролол	0,29	1,0	1,67	2,20
34	$\alpha$ -Кадинол	0,31	2,25	2,18	2,70

Таблица 5

## Компонентный состав эфирного масла осенних образцов

№ п/п	Компонент	Содержание в % (от цельного эфирного масла)			
		Образцы			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1	β-Пинен	24,56	2,23	1,93	2,45
2	β-Мирцен	8,05	4,02	0,93	1,88
3	α-фелладрен	0,21	–	–	0,15
4	Δ <sup>3</sup> -Карен	0,10	–	–	–
5	4-Карен	24,46	–	0,92	–
6	Лимонен	–	–	9,97	14,64
7	Оцимен	2,70	–	–	–
8	α-Терпинолен	–	1,63	–	0,95
9	α-Пинен	0,66	9,70	7,64	9,91
10	Фенхол	–	0,11	–	0,22
11	Камфора	3,06	11,56	1,07	1,69
12	Изоборнеол	–	0,22	–	0,14
13	γ-Терпинен	–	0,39	–	–
14	Борнеол	3,06	12,94	1,37	2,12
15	Терпинен-4-ол	0,98	1,37	0,60	1,0
16	α-Терпинеол	0,27	6,02	0,41	2,63
17	Борнилацетат	23,64	30,26	44,40	38,32
18	α-Лонгипинен	0,89	0,46	1,04	1,0
19	Изомиокорен	–	0,91	–	–
20	α-цедрен	–	–	1,04	0,16
21	Сейшеллен	1,22	–	–	1,38
22	Кариофиллен	0,83	1,77	–	–
23	α-Кариофиллен	1,03	–	0,22	–
24	Копэн	–	0,17	–	0,34
25	α-Мууролен	0,23	1,52	0,72	0,88
26	НерOLIDOL	–	–	–	0,25
27	α-Бергамотен	–	–	–	0,19
28	α-Фарнезен	0,13	0,29	0,18	–
29	Аромадендрен	0,64	0,25	1,41	0,15
30	α-Бисаболол	–	–	–	0,20
31	Спатуленол	–	0,12	–	–
32	Мууролол	–	1,90	3,28	2,57
33	α-Кадинол	–	2,12	4,09	2,89
34	Тунбергол	–	–	5,04	–

С медицинской точки зрения, увеличение содержания камфоры в эфирном масле представляет определенный интерес. Камфора входит в состав некоторых сердечно-сосудистых препаратов. Применяется и самостоятельно при острой и хронической сердечной недостаточности, гипотонии, как стимулятор дыхания [2].

Доминирующим компонентом древесной зелени осенью, как и на протяжении всего года, является борнилацетат (табл. 5). В образце № 1 вновь наблюдается снижение содержания борнилацетата, что связано прежде всего с увеличением содержания β-пинена, β-мирцена и 4-карена.

Содержание камфоры и борнеола наибольшее в образце № 2, при достаточно низком содержании в остальных образцах, отсутствуют лимонен и карены.

Установлено, что осенью в образцах самое низкое содержание лимонена, Δ<sup>3</sup>-карена отсутствует, кроме образца № 1, где его содержание незначительно. Исходя из исследований, можно отметить два максимума по содержанию Δ<sup>3</sup>-карена зимой и летом.

В образце № 3 обнаружен тунбергол, относящийся к классу сесквитерпенов.

Стоит отметить достаточно высокое содержание тунбергола по сравнению с остальными сесквитерпенами (5,04%).

Тунбергол и сейшеллен – обнаружены нами в эфирном масле древесной зелени ели обыкновенной впервые.

Основные сезонные изменения в компонентном составе эфирного масла происходят в основном в монотерпеновой фракции. Монотерпены содержатся в гораздо большем количестве, и на протяжении всего года компонентный состав их варьируется.

Фитоценоз оказывает значительное влияние на содержание отдельных компонентов. Например: осенью в образце № 1 (ельник-зеленомошник) 4-карена содержится 24,46%, а в остальных осенних образцах 4-карена отсутствует, либо содержится в незначительном количестве. Это может быть связано с особенностями внешней среды, а также с внутренними процессами в растении, происходящими в момент сбора.

### Заключение

Таким образом, проведено изучение сезонной динамики накопления компонентов эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной, в зависимости от времени года, типа фитоценоза.

Установлено, что содержание отдельных компонентов эфирного масла, варьируется в зависимости от времени года и условий произрастания.

Основным компонентом на протяжении всего года является борнилацетат. Во всех образцах эфирного масла содержится от 8 до 10 компонентов, содержание которых на протяжении года остаётся более 2%.

Так как основные компоненты эфирного масла отмечены во всех образцах в течение всего года, то можно рекомендовать заготовку древесной зелени ели обыкновенной для получения эфирного масла круглогодично.

### Список литературы

1. Войткевич С.А., Хейфиц Л.А. От древних благовоний к современной парфюмерии и косметике. – М., 1997. – 215 с.
2. Головкин Б.Н., Руденская Р.Н., Трофимова И.А., Шретер А.И. Биологически активные вещества растительного происхождения: – М., 2001. – Т. 2. – 764 с.
3. Государственная фармакопея СССР. XI изд. – М., 1990. – Вып. 1. – С. 290–295.
4. Кисловская Т.П. Биологически активные вещества культур сосны и ели Среднего Урала // Лесные биологические вещества: матер. Междун. Семинара. – Хабаровск, 2001. – С. 296–297.
5. Колесникова Р.Д., Тагильцев Ю.Г. Особенности химического состава и физико-химических характеристик хвойных эфирных масел разных стран мира // Лесные биологические вещества: матер.междун. семинара. – Хабаровск, 2001. – С. 202–207.

6. Лоулес Д. Энциклопедия ароматических масел. – М., 2000. – 287 с.

7. Струкова А.А., Ефремов А.А., Гонтова Л.С. Воздействие эфирных масел Сибирского региона на условно-патогенные микроорганизмы // Химия растительного сырья. – 2009. – № 4. – С. 79–82.

8. Тырков А.Г. Антимикробная активность эфирных масел, выделенных из растений Астраханского региона // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 8–9.

9. Chalchat J.C., Chiro F., Garry R., Lacosete J., Santos V. Photochemical hydroperoxidation of terpenes: Antimicrobial activity of  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, and limonene hydroperoxides. J Essent Oil Res 12, 2000. – С. 125–126.

10. Hong E.J. Antibacterial and antifungal effects of essential oils from coniferous trees // Biol. Pharm. Bull. – 2004. – V. 27. – P. 863–866.

### Referens

1. Vojtkevich S.A., Hejfic L.A. Ot drevnih blagovonij k sovremennoj parfjumerii i kosmetike. M., 1997. 215 p.

2. Golovkin B.N., Rudenskaja R.N., Trofimova I.A., Shreter A.I. Biologicheski aktivnye veshhestva rastitelnogo proishozhdenija: M., 2001. T. 2. 764 p.

3. Gosudarstvennaja farmakopeja SSSR. XI izd. M., 1990. Vyp. 1. pp. 290–295.

4. Kislovskaja T.P. Biologicheski aktivnye veshhestva kultur sosny i eli Srednego Urala // Lesnye biologicheskie veshhestva: mater. Mezhdun. Seminara. Habarovsk, 2001. pp. 296–297.

5. Kolesnikova R.D., Tagilcev Ju.G. Osobennosti himicheskogo sostava i fiziko-himicheskikh harakteristik hvojnih jefirnyh masel raznyh stran mira // Lesnye biologicheskie veshhestva: mater.mezhdun. seminar. Habarovsk, 2001. pp. 202–207.

6. Loules D. Jenciklopedija aromaticeskikh masel. M., 2000. 287 p.

7. Strukova A.A., Efremov A.A., Gontova L.S. Vozdejstvie jefirnyh masel Sibirskogo regiona na uslovno-patogennye mikroorganizmy // Himija rastitelnogo syrja. 2009. no. 4. pp. 79–82.

8. Tyrkov A.G. Antimikrobnaja aktivnost jefirnyh masel, vydelennyh iz rastenij Astrahanskogo regiona // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. no. 2. pp. 8–9.

9. Chalchat J.C., Chiro F., Garry R., Lacosete J., Santos V. Photochemical hydroperoxidation of terpenes: Antimicrobial activity of  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, and limonene hydroperoxides. J Essent Oil Res 12, 2000. pp. 125–126.

10. Hong E.J. Antibacterial and antifungal effects of essential oils from coniferous trees // Biol. Pharm. Bull. 2004. V. 27. pp. 863–866.

### Рецензенты:

Солонина А.В., д.фарм.н., профессор, заведующий кафедрой УЭФ, ГБОУ ВПО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Пермь;

Алексеева И.В., д.фарм.н., профессор кафедры фармацевтической технологии, ГБОУ ВПО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Пермь.

УДК 630.165.:630.174.754

## РЕЗУЛЬТАТЫ АДАПТАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ХВОЙНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

<sup>1</sup>Зеленяк А.К., <sup>2</sup>Иозус А.П., <sup>2</sup>Морозова Е.В.

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, Волгоград;

<sup>2</sup>Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: konvvert@yandex.ru

Приведены результаты исследований по адаптации лиственницы сибирской, ель колючая (форма голубая), лжетсуга тиссолистная, можжевельник виргинского в сухостепной зоне юга России. Показана перспективность этих пород при обогащении дендрофлоры деградированных ландшафтов. Объектами исследования являлись деревья коллекции дендронасаждений Нижневолжской станции по селекции древесных пород Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации и насаждения лиственницы, произрастающие на территории Нижнего Поволжья. Были исследованы особенности цветения, плодородия, роста и развития, устойчивости к засухе и болезням рассматриваемых хвойных интродуцентов. Отмечается перспективность можжевельника виргинского в аридных условиях сухой степи Нижнего Поволжья по росту, развитию, адаптивности к тяжелейшим почвенно-климатическим условиям, устойчивости к вредителям и болезням. Кроме того, ель колючая (форма голубая) и можжевельник виргинский являются наиболее перспективными для использования в озеленении и городском ландшафтном дизайне.

**Ключевые слова:** интродуцент, лиственница сибирская, ель колючая, лжетсуга тиссолистная, можжевельник виргинский, адаптация, аридный регион

## RESULTS OF ADAPTATION OF ECONOMICALLY VALUABLE CONIFEROUS AN INTRODUCED SPECIES IN ARID CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

<sup>1</sup>Zelenyuk A.K., <sup>2</sup>Iozus A.P., <sup>2</sup>Morozova E.V.

<sup>1</sup>ALL-Russian Research Institut of Agroforest Melioration, Volgograd;

<sup>2</sup>Reader of Kamyschin Tecnological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyschin, e-mail: konvvert@yandex.ru

Presents the results of studies on adaptation of Siberian larch, *Picea pungens* (blue form), Douglas fir, *Juniperus virginiana* in the dry steppe zone of the south of Russia. The prospects of these rocks are for the enrichment dendroflora of degraded landscapes. The objects of the study were trees of collection dendro plantations of the Lower Volga station for selection tree species of ALL-Russian Research Institut of Agroforest Melioration and plantations of larch, which growing in the Lower Volga region. We investigated especially flowering, fruiting, growth and development, resistance to drought and diseases of these conifers an introduced species. Is noted prospective of *Juniperus virginiana* on indicators of growth, development, adaptability to difficult soil-climatic conditions, resistance to pests and diseases in the arid conditions of the dry steppe of the Lower Volga region. Furthermore, *Picea pungens* (blue form) and *Juniperus virginiana* are the most promising for use in landscaping and urban landscape design.

**Keywords:** an introduced species, Siberian larch, *Picea pungens* (blue form), Douglas fir, *Juniperus virginiana*, adaptation, arid region

Качественное расширение разнообразия древесных видов базируется на более полном и рациональном использовании экологического и биологического потенциала жизненных форм, видов, экотипов, на экологически разумных вложениях антропогенной энергии в технологии создания адаптивных агролесомелиоративных насаждений [5].

**Цель исследования** – выделить наиболее перспективные интродуценты хвойных пород по росту, состоянию, устойчивости для широкого внедрения в защитные и озеленительные насаждения сухой степи Нижнего Поволжья для значительного повышения биоразнообразия данного аридного региона.

### Материалы и методы исследования

В коллекции дендрсада Нижневолжской станции по селекции древесных пород Всероссийского

научно-исследовательского института агролесомелиорации произрастают более 350 видов древесно-кустарниковых пород. Наибольший эволюционно-экологический и хозяйственный интерес представляют интродуценты семейства сосновые: лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledb), ель колючая (*Picea pungens* Enqelm), лжетсуга тиссолистная (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franko), можжевельник виргинский (*Juniperus virginiana* Lamb) [1, 3].

### Результаты исследования и их обсуждение

Лиственница сибирская в лесном фонде России занимает самую большую площадь, однако ее представительство в европейской части России, в том числе в защитных лесных насаждениях и озеленении Поволжья, совсем незначительное. Это ценная долговечная и устойчивая порода. Наиболее эффективный путь ее внедрения на черноземовидных почвах степного Повол-

жья – организация местных семенных баз, обеспечивающих потребность производства в качественных семенах и посадочном материале [2, 3].

С учетом перспективности лиственницы и целесообразности ее широкого внедрения в производство начиная с 1971 года проведено исследование роста и состояния сохранившихся насаждений Поволжья, отобраны лучшие маточные деревья для закладки семенных плантаций, произведена оценка отобранного генофонда по фенотипическим признакам, цветению и плодоношению, росту семенного потомства, его засухо- и солеустойчивости. Разработаны эффективные методы семенного и вегетативного размножения лиственницы, в том числе технология создания семенных плантаций для производства семян. В 1984 году в Новоаннинском лесхозе Волгоградской области на площади 12 га заложена клоновая лесосеменная плантация лиственницы сибирской [2].

Поскольку плантация лиственницы закладывалась ценными привитыми саженцами, сразу высаживалось необходимое их количество без перспективы их дальнейшего изреживания. В 12-летнем возрасте отмечалось единичное плодоношение, с 15 лет начали цвести и плодоносить с разной степенью обильности все представленные в лесосеменной плантации клоны.

Закладка генеративных органов у лиственницы происходит в летний период, предшествующий плодоношению. Летние засухи с высокими положительными температурами (30–37°C) значительно снижают количество закладываемых генеративных органов. Поздние весенние заморозки (25 апреля–10 мая) повреждают во время цветения женские колоски, что в отдельные годы приводит к полной их гибели и отсутствию шишек.

Установлено, что цветение и плодоношение лиственницы в степных условиях Поволжья отличаются периодичностью: через 3–4 года удовлетворительного плодоношения возможен год полного его отсутствия. Размеры шишек в большей части зависят от погодных условий периода их формирования, но у отдельных клонов крупные или мелкие шишки образуются из года в год. Хорошему плодоношению, как правило, сопутствует повышение размера шишек. При слабом и единичном плодоношении шишки мелкие. Существует прямая зависимость между обилием плодоношения, размерами шишек и качеством семян.

В лесоводстве считается, что всхожесть семян у лиственницы сибирской, сравнительно с другими хвойными очень низкая.

С уменьшением обилия плодоношения уменьшается всхожесть семян. Так, при урожае ниже 5 кг на 1 га площади плантации, всхожесть семян снижается до 10–20%, при урожае в 10–25 кг на 1 га всхожесть семян повышается до 50–70%. В крайне тяжелых условиях роста всхожесть семян в одном и том же массиве выше у деревьев, имеющих более мощную крону и площадь питания (в возрасте 50 лет не менее 90 м<sup>2</sup>). С увеличением возраста клонов с 15 до 21 года увеличивается урожайность и качество семян клонов. Очевидно, к 20-летнему возрасту лиственницы на лесосеменных плантациях наиболее важно повышать плодоношение и качество семян. Одиночно растущие деревья лиственницы, где происходит самоопыление, всхожих семян не дают: лиственница сибирская является породой автостерильной, и для опыления необходимо только перекрестное ксеногамное опыление.

Дальнейшие исследования повышения эффективности плодоношения лиственницы сибирской должны проводиться в направлении снижения влияния поздних весенних заморозков на цветение, стимуляции плодоношения путем обработки крон стимуляторами, внесения минеральных удобрений, формирования кроны, дополнительных поливов.

Ель колючая – род вечнозеленых, однодомных, перекрестноопыляющихся деревьев. Существует много форм, по окраске хвои и архитектонике кроны представляющих интерес в озеленении. В дендрарии Нижневолжской станции ель выращена из семян, полученных из Канады в 1936 г. Отмечалось, что одиночное плодоношение отдельных деревьев было в возрасте 10–11 лет. Семена первых двух–трех урожаев были пустыми. В 1954 г. собрано 1096 шишек общей массой 11,6 кг, при переработке которых получено 300 г чистых семян с весом 1000 шт. – 3 г и лабораторной всхожестью 57%. К 70-летнему возрасту высота ели составила 16,2 м, ср. диаметр – 36,5 см.

В условиях Волгоградской области на каштановых почвах ель колючая растет лучше ели обыкновенной. В отличие от последней, при достаточной площади питания засухоустойчива, морозостойка, в засушливые годы не суховершинит. Все эти свойства и особенно ее декоративность делают ее наиболее перспективной в рекреационно-озеленительных насаждениях.

Ель колючая в условиях сухостепной зоны на бедных каштановых почвах плодоносит, образуя шишки почти ежегодно. Многолетние наблюдения показывают, что в среднем у 20–30-летних растений пол-

ностью отсутствует плодоношение 1 раз в 5 лет. Как правило, образуются качественные семена с лабораторной всхожестью 60–80%. К примеру, в условиях Самары, Саратова ель колючая повсеместно образует пустые семена.

Сеянцы ели колючей при выращивании в открытом грунте степных условий Поволжья достигают стандартных размеров в 2–3 года. По нашим исследованиям, выращивание сеянцев в теплицах с полиэтиленовым покрытием имеет ряд существенных преимуществ: создается микроклимат в теплице, где среднесуточная температура воздуха в весенний период (20 апреля – 30 мая) на 5–6 °С выше, чем на открытом участке, среднесуточная температура почвы также на 6–8 °С больше открытого участка, относительная влажность воздуха также на 25 % выше открытого участка и на протяжении всех часов суток почти стабильно держится на уровне 85–95%. В середине июня пленочное покрытие снимается.

Вследствие улучшения микроклимата в теплице в 1,4 раза возрастает грунтовая всхожесть семян ели, в 1,8 раза – рост сеянцев по высоте, в 1,9 раза – по диаметру корневой шейки, в 1,6 раза увеличивается абсолютно сухая масса сеянцев.

После высадки на постоянное место двухлетних сеянцев ели в первые три года прирост составляет 4–5 см, а с четвертого и в последующие годы идет значительное увеличение прироста от 10 см в возрасте 4–10 лет до 30 см в возрасте 10–15 лет.

В первый год роста сеянцев нет резкой дифференциации по насыщенности голубишной. Проявление наследуемости голубишности отмечается на 2-й год роста. В отечественной литературе существует мнение, что семенное размножение ели колючей формы голубой не сохраняет свойства голубишности, лишь малая часть (3–5 %) потомства удерживает этот признак. Поэтому разработка мало-затратной технологии ускоренного семенного выращивания посадочного материала с одновременной селекцией на сохранение в потомстве голубишности представляют собой определенный научный интерес, тем более, что в степных условиях юга России эти исследования не проводились.

Лжетсуга тиссолистная – род хвойных вечнозеленых деревьев семейства сосновых. Из семян, полученных из США в 1935 г., выращены 2-летние сеянцы и в 1938 г. высажены в дендрарий станции. К 30-летнему возрасту, средняя высота деревьев была 8,0 м, средний диаметр ствола – 12,3 см. По росту в высоту эта порода опережала липу, дуб, можжевельник виргинский, сосну Жюффрея, сосну Банка, была равна по ро-

сту с лиственницей сибирской и несколько отставала от сосны обыкновенной и крымской, ели колючей [4].

К возрасту 69 лет при средней высоте 15,6 м и диаметре 28,5 см по росту превосходит сосну обыкновенную, ель колючую и лиственницу, нетребовательна к уходу и почвенным разностям. С 11-летнего возраста отмечалось единичное плодоношение, с 14 лет – ежегодное. Растение теневыносливое, но хорошо растет в культурах и на открытых местах одиночными деревьями, прекрасный декоративный вид, хорошо переносит стрижку, пригоден для живых изгородей.

Спелые шишки яйцевидно-продолговатые, смолистые, созревают в начале августа в год цветения и осенью рассыпаются, а не опадают, как у ели.

Семена лжетсуги обратнояйцевидные, тупоугловатые, с плотно сидящим крылом. Качество семян невысокое, за четыре года наблюдений их лабораторная всхожесть была 12–18%. Успешно размножается семенами: при выращивании в открытом грунте средняя высота 1-летних сеянцев составила 4,8 см, средний диаметр – 1,2 мм, 2-летних соответственно 15,7 см и 3,9 мм. При дальнейшем выращивании в древесной школе декоративных саженцев ежегодный прирост составляет 32–47 см.

Можжевельник виргинский в дендрарии и коллекционных насаждениях Нижневолжской станции по селекции древесных пород высажен в 1939 году. Семена были получены непосредственно из Северной Америки. Всего было высажено около 90 деревьев. Отмечено полное отсутствие в культурах можжевельника сорной растительности, сильнейшего конкурента древесных в условиях сухой степи. Также на протяжении всей жизни насаждений практически не наблюдалось отпада деревьев в засуху и повреждений от морозов. Можжевельник также не повреждается грибными болезнями и вредителями, выгодно отличаясь этим от практически всех хвойных интродуцентов, произрастающих в тяжелых почвенно-климатических условиях сухой степи Нижнего Поволжья.

Плодоносить в условиях сухой степи начинает уже в 9–10 лет, массовое плодоношение наступает в 15 лет. Плодоносит ежегодно, но обильное плодоношение бывает раз в 2–3 года. Но при этом отмечены клоны, имеющие ежегодно обильное плодоношение – «деревья-коровы». Всхожесть семян варьируется от 40% урожая засушливых лет до 70% урожая благоприятных периодов.

Технология выращивания сеянцев включает как осенний, так и весенний посевы. Сеянцы можжевельника, по сравнению с другими хвойными и особенно интроду-

центами, очень устойчивы, переносят засушливый летний период без массовых отпадов даже без притенения щитами. Двухлетние сеянцы, выращенные в открытом грунте питомника, имеют высоту 4–8 см, поэтому товарными можно считать сеянцы-трехлетки с высотой 10–15 см. При выращивании в полиэтиленовых теплицах двухлетки имеют высоту 10–12 см и уже пригодны для высадки на постоянное место.

В 14 лет деревья можжевельника виргинского имели среднюю высоту 3,3 м и максимальную 4,2 м, диаметр средний – 3,3 см, максимальный – 6,2 см, при этом среднегодовой прирост в высоту составил 25 см. В дальнейшем такие же приросты без заметного снижения дерева сохранили до возраста 50 лет, после чего приросты резко снизились. И в настоящее время в возрасте 75 лет деревья можжевельника виргинского имеют в высоту 6,5–7,5 метров.

В условиях сухой степи Нижнего Поволжья отмечено значительное фенотипическое, а значит, и генетическое разнообразие потомства старовозрастных маточных деревьев: по форме кроны (пирамидальная, раскидистая); по цвету хвои (золотистая, зеленая, сизая); длине хвои (коротко- и длиннохвойная). Это свидетельствует об активном течении адаптационных и селекционных процессов. Дерево реагирует на тяжелые почвенно-климатические условия увеличением генетического разнообразия потомства, из которого в дальнейшем естественный и искусственный селекционный отбор выделяют наиболее перспективные клоны и семьи по приоритетным признакам.

Особую ценность для озеленения имеет и то, что можжевельник виргинский очень хорошо переносит формировку стрижкой. В условиях озеленительных насаждений при постоянном поливе в возрасте 40 лет имеет высоту 12–15 метров при высокой декоративности. Таким образом, несмотря на медленный рост в молодом возрасте, по устойчивости, долговечности и декоративности можжевельник заслуживает широкого внедрения в защитные и озеленительные насаждения.

### Заключение

Комплексная оценка интродуцированных видов лиственницы, ели, лжетсуги, можжевельника виргинского показала, что вполне адаптированы для сложных лесорастительных условий степного Поволжья и могут быть широко внедрены в защитные и рекреационно-озеленительные насаждения.

Отмечается исключительная перспективность внедрения можжевельника виргинского в защитные и озеленительные на-

саждения в аридных условиях сухой степи Нижнего Поволжья по росту, развитию, адаптивности к тяжелейшим почвенно-климатическим условиям, устойчивости к вредителям и болезням. Кроме того, ель колючая (форма голубая) и можжевельник виргинский являются наиболее перспективными для использования в озеленении и городском ландшафтном дизайне.

### Список литературы

1. Балашов П.К. Перспективные древесные породы для озеленения и защитного лесоразведения. Материалы выездной сессии ученого совета ВНИАЛМИ. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 1969. – С. 42–48.
2. Зеленьяк А.К., Иозус А.П., Морозова Е.В. Опыт отбора лиственницы сибирской на засухоустойчивость // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: [www.science-education.ru/120-15501](http://www.science-education.ru/120-15501).
3. Морозова Е.В., Иозус А.П., Зеленьяк А.К. Основные результаты и перспективы селекции и гибридизации хвойных древесных пород для защитного лесоразведения в сухой степи нижнего Поволжья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11. – С. 618–621; URL: [www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=6193](http://www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=6193).
4. Сапронова Д.В., Иозус А.П., Зеленьяк А.К. Перспективность интродукции лжетсуги для лесомелиоративных насаждений нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: [www.science-education.ru/113-11372](http://www.science-education.ru/113-11372).
5. Семенютин А.В. Лесомелиорация и обогащение дендрофлоры аридных регионов России: диссертация ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.03.04. – Волгоград, 2005. – 440 с.

### References

1. Balashov P.K. Perspektivnye drevesnye porody dlja ozele-nenija i zashhitnogo lesorazvedenija. Materialy vyezdnoj sessii uche-nogo soвета VNIALMI. Volgograd: izd. VNIALMI, 1969. pp. 42–48.
2. Zelenjak A.K., Iozus A.P., Morozova E.V. Opyt otbora listvennicy sibirskoj na zasuhoustojchivost // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 6; URL: [www.science-education.ru/120-15501](http://www.science-education.ru/120-15501).
3. Morozova E.V., Iozus A.P., Zelenjak A.K. Osnovnye rezultaty i perspektivy selekcii i gibridizacii hvojnyh drevesnyh porod dlja zashhitnogo lesorazvedenija v suhoj stepi nizhnego povolzhja // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2014. no. 11. pp. 618–621; URL: [www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=6193](http://www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=6193).
4. Sapronova D.V., Iozus A.P., Zelenjak A.K. Perspektivnost intro-dukcii lzhet-sugi dlja lesomeliorativnyh nasazhdenij nizhnego Povolzhja // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 6; URL: [www.science-education.ru/113-11372](http://www.science-education.ru/113-11372).
5. Semenjutina A.V. Lesomelioracija i obogashhenie den-droflory aridnyh regionov Rossii: dissertacija ... doktora selsko-hozjajstvennyh nauk: 06.03.04. Volgograd, 2005. 440 p.

### Рецензенты:

Васильев Ю.И., д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник Всероссийского НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград;

Рулев А.С., д.с.-х.н., заместитель директора по науке Всероссийского НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград.

УДК 634.965.2:634.93

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР СОСНЫ ВНЕ АРЕАЛА ИХ ЕСТЕСТВЕННОГО ОБИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

**Иозус А.П., Морозова Е.В.**

*Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный  
технический университет», Камышин, e-mail: konvvert@yandex.ru*

Географические культуры сосны были заложены в Камышинском лесхозе Волгоградской области из 35 климатипов в 1976 году на площади 17,6 га с целью выделения климатипов, имеющих в условиях аридного региона, вне ареала распространения, хороший рост, состояние, устойчивость к неблагоприятным факторам. Фенологические наблюдения показали, что по очередности вступления в фазу роста климатипы можно разделить на три группы: рановступающая, промежуточная и позднедействующая. Установлено, что деление климатипов на группы обусловлено теплообеспеченностью мест происхождения семян. Климатипы со сходными условиями произрастания имели опережающие темпы роста в молодом возрасте, потом они сравнялись с представителями других лесорастительных зон. По результатам опыта выделены координаты географического района, климатипы из которого имеют хороший рост, состояние, устойчивость в сухой степи Нижнего Поволжья.

**Ключевые слова:** климатипы, географические культуры, фенология, аридный регион, сосна, рост, развитие

## FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE GEOGRAPHICAL CROPS OF PINE OUTSIDE AREAL THEIR NATURAL HABITATS UNDER THE CONDITIONS OF THE ARID STEPPE OF THE LOWER VOLGA REGION

**Iozus A.P., Morozova E.V.**

*Reader of Kamyshin Tecnological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin,  
e-mail: konvvert@yandex.ru*

Geographic crops were laid in the Kamyshinsky forestry Volgograd region of 35 climatypes in 1976 on an area of 17,6 hectares with a view to providing climatypes having in arid region, OUTSIDE area of distribution, good growth, condition, resistance to unfavorable factors. Phenological observations showed that climatypes can be divided into three groups through the order of entry into the phase of growth: the early incoming, intermediate and late functioning. It was found that the division of climatypes into groups call forth the provision of solar heat of points of origin of seeds. Climatypes with similar growing conditions have a higher rate of growth at a young age, afterward they match with specimens of other forest zones. According to the results of experience pick out the coordinates of the geographical area from which climatypes have good growth, condition, stability in the dry steppes of the Lower Volga region.

**Keywords:** climatypes, geographical crops, phenology, arid region, pine, growth, development

В деле повышения устойчивости и продуктивности сосновых насаждений в Нижнем Поволжье важное место занимают вопросы отбора климатических экотипов, имеющих здесь хороший рост, состояние, устойчивость к неблагоприятным факторам.

Объектом для изучения географической изменчивости в зоне исследований служили географические культуры, созданные в 1976 году под руководством Г.Я. Маттиса в Камышинском лесхозе Волгоградской области [2].

Культуры в Камышинском лесхозе заложены двухлетними сеянцами на площади 17,36 га. При создании культур использовано 35 климатических экотипов. Культуры были размещены на двух участках 10,6 га и 6,75 га по сплошной подготовке почвы по системе раннего пара. Размер блоков соответственно на первом участке 0,126 га, на втором – 0,063 га, расположение блоков рендомизированное по принципу случайной выборки. Размещение посадочных мест – 3 х 1 м.

**Цель исследования** – на основании изучения особенностей роста, развития и особенностей адаптации климатипов сосны обыкновенной вне ареала их естественного произрастания в сухой степи Нижнего Поволжья выделить наиболее перспективных из них для дальнейшего выращивания в условиях региона.

### Результаты исследования и их обсуждение

Общая приживаемость географических культур сосны Камышинского лесхоза в 1976 году составила 51,2%. Из представленных групп лесорастительных зон самую высокую приживаемость показала Центрально-Сибирская – 69,4%, самую маленькую – Центральная лесная зона – 45,8%. По климатипам самую высокую приживаемость показал Красноярский климатип – 73,8%, а самую низкую – Рязанский – 30,7%. Низкая приживаемость географических культур вызвана массовым поражением их шютте.



В последующие три года сохранность культур по существу стабилизировалась и незначительно снизилась. В целом неплохую приживаемость в год посадки и высокую сохранность показали представители степной зоны, Воронежский климатип из степной зоны ЦЧО, Пензенский и Ульяновский климатипы из Восточно-европейской части лесостепной зоны, Абазинский и Минусинский климатипы из лесной зоны Центральной Сибири; Тувинский климатип из лесной зоны Забайкалья.

В 1984 году культуры были пройдены рубками ухода, выбрано около 15% имеющихся деревьев.

Для изучения особенностей фенологии климатических экотипов в географических культурах согласно методике проводились фенологические наблюдения. Установлено, что в тяжелых почвенно-климатических условиях Нижнего Поволжья климатические экотипы имеют целый ряд особенностей и закономерностей в прохождении фаз развития. Температурный режим является фактором, определяющим время вступления климатипов в фазу начала роста, охвоения, продолжительность периода роста. В биологических исследованиях температурный режим характеризуется суммой температур выше 10 °С.

По очередности вступления в фазу роста климатипы можно разделить на три группы:

I. Рановступающая. Рост побегов начинается при сумме климатически активных температур 30–60 °С. К этой группе относятся климатипы из лесной зоны Центральной Сибири и Забайкалья, из Северной и Центральной лесных зон, а также из лесной зоны Сибири.

II. Промежуточная. Рост побегов начинается при сумме климатически активных температур 60–90 °С. Это климатипы из Восточно-Европейской части лесостепной зоны, лесостепной зоны Центральной черноземной области и степной зоны.

III. Позднодействующие. Рост побегов начинается при сумме климатически активных температур 90–120 °С. Это климатипы из лесостепной зоны Украины и Закавказья.

Окончание роста климатических экотипов происходит примерно в этой же последовательности, что и начало роста. Климатипы I группы имеют продолжительность роста около 30 дней и набирают за этот период сумму температур 450–500 °С. Климатипы II группы растут около 35 дней, сумма активных температур 550–600 °С. Климатипы III группы растут около 40 дней, сумма климатически активных температур 650–700 °С. Подобные закономерности по вступлению климатипов в фазу начала ро-

ста были отмечены в Казахстане Н.С. Сидоровой [5], однако, продолжительность роста у групп, выделенных ею, была иной.

Прослеживаются следующие закономерности – климатипы из более холодных районов раньше вступают в фазу роста, более интенсивно растут и быстрее заканчивают рост, климатипы из более теплых районов позже начинают расти и имеют более длительный период роста, чем северные. К подобным выводам пришли Л.Ф. Правдин [4], А.М. Шутяев [7], Н.С. Сидорова [5], М.Н. Вересин и др. [1].

Следовательно, по теплообеспеченности вегетационного периода, а особенно первой его части на родине экотипа можно прогнозировать начало, продолжительность и окончание роста побегов у этого климатипа в географических культурах в других почвенно-климатических условиях. К такому же выводу пришли ряд исследователей в других географических районах [1, 7].

Одним из важных показателей изменчивости физиологических признаков сосны обыкновенной является изменение окраски хвои, которая связана с изменением содержания хлорофилла в хвое и зависит, как отмечает Л.Ф. Правдин [4], от происхождения сосны, времени года, возраста хвои и других факторов.

Характерное пожелтение хвои у сосны из Сибири и Забайкалья отмечалось уже в начале октября. Сосны из лесостепной зоны Украины и Закавказья совсем не изменяли окраску. У всех других климатических экотипов хвоя желтеет с наступлением устойчивых холодов в начале декабря. К этой группе относится и местный Камышинский экотип. Это говорит о том, что у сосны из холодных районов содержание хлорофилла изменяется сильнее, чем у сосен из более теплых районов, а у сосен из наиболее теплообеспеченных мест, содержание хлорофилла в сезонном цикле почти не изменяется. Такие же особенности в изменении окраски хвои и содержании хлорофилла соснами разного географического происхождения в сезонном цикле отмечались Л.Ф. Правдиным [4], Н.С. Сидоровой [5].

Весной хвоя приобретает обычную зеленую окраску к началу роста в высоту.

Одним из важнейших показателей, определяющих географическую изменчивость климатических экотипов, является содержание в хвое важнейших химических экотипов – азота, фосфора, калия. Лабораторный анализ, выполненный сжиганием образцов хвои в смеси с серной и хлорной кислотами, показал довольно разнообразные результаты по содержанию азота, фосфора, калия в хвое климатипов в процентах

от массы абсолютно сухого вещества. Содержание азота в хвое сосны из Камышина (контроль) составляло 1,83%, фосфора 0,40% и калия 0,93%. Наравне с контролем по содержанию этих элементов идут Карпатский (Юго-Западная лесная) и Кировский (Северная лесная), весьма отдаленных друг от друга климатипов (табл. 1).

Мы попытались сопоставить успешность роста отдельных климатических экотипов с содержанием в их хвое химических элементов. Средние для лесорастительных зон показатели также не определяют заметной связи содержания химических элементов от географического происхождения.

Для анализа полученных данных приводим сведения по «предельным числам» азота N, фосфора P, калия K в хвое насаждений сосны плохого, хорошего и оптимального роста приводятся по Тюкину И.Т. [6] (табл. 2).

Совместный анализ таблиц показывает, что среднее содержание в хвое азота у климатипов изменяется в крайних пределах от 0,80 у Кокчетавского, до 3,66 у Ростовского. К насаждениям оптимального роста по Берману относятся Прикарпатский, Алтайский, Азербайджанский, Минусинский, Пензенский, Ростовский, Ульяновский,

Воронежский и местный Камышинский климатипы, у всех остальных климатипов содержание азота в хвое находится в пределах насаждений плохого роста по Верману. К насаждениям хорошего роста по Краусу, кроме перечисленных, попадают Тамбовский, Кустанайский, Рязанский, Орловский, Саратовский, Татарский климатипы. Однако не все климатипы, отнесенные к насаждениям оптимального и хорошего роста, в действительности имеют высокие показатели, так Алтайский, Азербайджанский, Кустанайский климатипы отстают в росте. Содержание фосфора и калия в хвое климатипов находится в основном в пределах, установленных Верманом для насаждений оптимального роста. Таким образом, в географических культурах Камышинского лесхоза установлено относительно низкое содержание в хвое климатипов азота и высокое – фосфора и калия.

В молодом возрасте до 10 лет отмечались значительные отличия по росту и развитию климатипов. Лучшие таксационные показатели у Юго-Западной лесной зоны, за ней шла лесостепная зона Украины, далее лесостепная Восточно-Европейская и только потом степная зона.

**Таблица 1**

Содержание минеральных веществ в хвое сосны разного географического происхождения в культурах Камышинского лесхоза.

Лесорастительные зоны	Азот, %	Фосфор, %	Калий, %
Северная лесная	1,80	0,35	0,89
Центральная лесная	1,26	0,38	0,81
Юго-Западная лесная	2,05	0,40	0,93
Лесостепная, Украина	1,30	0,30	0,67
Лесостепная ЦЧО	1,67	0,38	0,78
Лесостепная, Восточно-Европейская	1,76	0,34	0,72
Степная	1,80	0,33	0,76
Закавказская	1,83	0,39	0,72
Лесная, Центральная Сибирь	2,08	0,35	0,75
Забайкальская лесная	1,47	0,29	0,51
Лесостепная, Западно-Сибирская	1,41	0,34	0,82
Крымская сосна	1,35	0,19	0,40
Желтая сосна	1,15	0,33	0,58
Контроль (Камышинский климатип)	1,83	0,40	0,93

**Таблица 2**

Содержание N, P, K в хвое сосны в процентах к абсолютно сухой массе

Элементы	В насаждениях		
	плохого роста (по Верману)	оптимального роста (по Верману)	хорошего роста (по Краусу)
N	0,7–1,6	1,8–3,2	1,5–1,8
P	0,06–0,10	0,2–0,3	0,11–0,26
K	0,3–0,45	0,55–0,9	0,36–0,50

Таблица 3

Рост географических культур сосны по лесорастительным зонам

Лесорастительная зона	Сохранность, %	Средние						Изменение ранга таксационных показателей по годам		
		1986		1991		2006		1986	1991	2006
		Н, м	Д, м	Н, м	Д, м	Н, м	Д, м			
Северная лесная	43,0	4,4	6,5	6,0	11,97	8,1	21,1	4	5	2
Центральная лесная	30,6	3,8	5,4	5,6	10,53	7,7	19,6	8	9	8
Юго-Западная лесная	35,4	5,7	7,6	6,73	13,60	8,9	20,3	1	1	1
Лесостепная, Украина	47,4	4,8	6,6	5,87	11,87	6,7	20,1	2	6	7
Лесостепная, ЦЧО	38,2	3,8	5,0	5,52	10,68	7,5	19,7	9	10	9
Степная	52,9	4,4	6,5	6,16	10,96	7,7	20,5	5	3	4
Закавказская	43,8	3,7	5,3	6,20	10,98	8,1	19,9	11	2	6
Лесная, Центральная Сибирь	50,9	3,9	5,7	5,4	10,66	6,4	18,0	7	11	11
Лесостепная, Восточно-Европейская	44,9	4,6	6,7	6,13	10,38	8,2	20,2	3	4	3
Лесная, Забайкалье	48,5	3,8	4,9	5,57	10,55	6,7	18,9	10	7	10
Лесостепная, Сибирь	40,9	4,1	5,8	5,64	11,09	8,1	20,2	6	8	5

Наименьшие таксационные показатели у Закавказской, лесной зоны Забайкалья и лесостепной ЦЧО. Следует отметить, что если в возрасте 5 лет приросты составили 40–60 см, то к возрасту 2 + 10 лет снизились до 20–30 см в год.

В табл. 3 представлены показатели роста, развития и ранги климатических экотипов в первое десятилетие их роста и последующие 20 лет до 2006 года.

По лесорастительным зонам лучшие показатели на протяжении 1986–2006 гг. у Юго-Западной лесной зоны, в которую входит единственный Прикарпатский реликтовый климатип, по нашим данным, он показывает хороший рост, состояние почти по всей сети географических культур бывшего СССР [2].

В 1991 году лучшие таксационные показатели по лесорастительным зонам, кроме Юго-Западной лесной зоны, имели Закавказская и Степная зоны. Отставали Лесная, Центральная Сибирь; Лесостепная ЦЧО; Центральная лесная.

В 2006 году в группу лидеров по таксационным показателям и состоянию вошли Северная лесная, лесостепная Восточно-Европейская, степная зоны. Отставали лесная, Центральная Сибирь, лесная, Забайкалье и лесостепная ЦЧО.

Если сравнивать ранговые оценки 1986–1991–2006 годов, то четкой тенденции изменения ранга в сторону ухудшения или улучшения не прослеживается. Можно сказать, что у ряда зон Юго-Западной лесной, лесостепной ЦЧО, степной, Центральной лесной, лесостепной, Восточно-Европейской ранговое положение стабилизировалось.

Следует отметить, что в период 1991–2006 гг. отличия таксационных показателей большинства климатических экотипов, имевшие место в молодом возрасте, в значительной степени сгладились, разница между многими зонами и климатипами находится в пределах ошибки опыта.

**Заключение**

По особенностям роста климатических экотипов в тридцатилетних географических культурах можно сделать следующие выводы: климатипы со сходными условиями произрастания могут иметь опережающие темпы роста в молодом возрасте. Темпы снижения приростов в 20–30 лет у климатипов с отличающимися условиями произрастания ниже, чем у климатипов со сходными.

Если сравнить показатели успешности роста климатипов с географическим положением мест заготовки семян, то окажется, что климатипы, сохраняющие на протяжении всего периода существования географических культур хороший рост, состояние и отличающиеся хорошим плодоношением (Прикарпатский, Сумский, Черкасский, Воронежский, Саратовский и Ростовский), находятся в районе, ограниченном 48°70'–50°50' северной широты и 24°30'–81°10' восточной долготы. Видимо, климатические и почвенные ресурсы данного района сформировали у растущих климатических экотипов, благодаря которым они оказались устойчивыми и производительными в сухо-степной зоне Нижнего Поволжья.

### Список литературы

1. Вересин М.Н., Ефимов Ю.П., Арефьев Ю.Ф. Справочник по лесному селекционному семеноводству. – М.: Агропромиздат, 1985. – 245 с.

2. Иозус А.П., Крючков С.Н. Перспективные климатипы сосны для защитного лесоразведения в условиях сухой степи. Бюллетень ВНИИЛМИ. Вып.(2/54). 1988. – С. 30–33.

3. Иозус А.П., Зеленьяк А.К., Маттис Г.Я. Селекция и семеноводство сосны для защитного лесоразведения в Нижнем Поволжье. «Доклады Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2003. – № 4. – С. 54–62.

4. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. – М.: Наука. 1964. – 191 с.

5. Сидорова Н.С. Влияние географического происхождения семян на рост и развитие сосны обыкновенной в Северном Казахстане. Автор. дисс...канд. с.-х. наук. – Алма-Ата, 1976. – 23 с.

6. Тюкин И.Т. Содержание азота, фосфора и калия в хвое маточных деревьев сосны разного географического происхождения // Генетика, селекция, семеноводство и интродукция древесных пород. ВНИИЛМ. – М., 1975. – С. 176–187.

7. Шутяев А.М. Географическая изменчивость древесных пород и ее использование при лесовыращивании. «Генетика и селекция в лесоводстве». – М.: Агропромиздат, С. 124–138.

### References

1. Veresin M.N., Efimov Ju.P., Arefev Ju.F. Spravochnik po lesnomu selekcionnomu semenovodstvu. M.: Agropromizdat, 1985. 245 p.

2. Iozus A.P., Krjuchkov S.N. Perspektivnye klimatipy sosny dlja zashhitnogo lesorazvedeniya v usloviyah suhoj stepi. Bjulleten VNIILMI. Vyp.(2/54). 1988. pp. 30–33.

3. Iozus A.P., Zelenjak A.K., Mattis G.Ja. Selekcija i semenovodstvo sosny dlja zashhitnogo lesorazvedeniya v Nizhnem Povolzhe. «Doklady Rossijskoj Akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. 2003. no. 4. pp. 54–62.

4. Pravdin L.F. Sosna obyknovennaja. M.: Nauka. 1964. 191 p.

5. Sidorova N.S. Vlijanie geograficheskogo proishozhdenija semjan na rost i razvitie sosny obyknovenoj v Severnom Kazahstane. Avtor. diss...kand. s.-h. nauk Alma-Ata, 1976. 23 p.

6. Tjukin I.T. Soderzhanie azota, fosfora i kalija v hvoe matochnyh derevev sosny raznogo geograficheskogo proishozhdenija // Genetika, selekcija, semenovodstvo i introdukcija drevesnyh porod. VNIILM. M., 1975. pp. 176–187.

7. Shutjaev A.M. Geograficheskaja izmenchivost drevesnyh porod i ee ispolzovanie pri lesovyrašhivanii. «Genetika i selekcija v lesovodstve». M.: Agropromizdat, pp. 124–138.

### Рецензенты:

Васильев Ю.И., д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник Всероссийского НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград;

Рулев А.С., д.с.-х.н., заместитель директора по науке Всероссийского НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград.

УДК 621.016 (075.8)

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕРМОДИНАМИКИ СУЖИВАЮЩЕГОСЯ СОПЛА

**Кузнецов Е.В.**

*ФГОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова»,  
Новороссийск, e-mail: kuzn@rambler.ru*

Предлагается метод расчета процесса истечения идеального газа из суживающегося сопла, который базируется на полученном в статье дифференциальном уравнении термодинамики потока газа, связывающем изменение температуры и давления потока газа. Это устраняет вычислительные проблемы, существующие при решении классических дифференциальных уравнений истечения. Метод учитывает зависимость теплоемкости газа от его температуры, что увеличивает точность расчета по сравнению с классическим методом. Алгоритм решения задач истечения газа из сопла состоит в численном интегрировании упомянутого дифференциального уравнения и вычислении остальных параметров потока газа по соответствующим алгебраическим выражениям. Метод позволяет решать задачи истечения из суживающегося сопла, в том числе определять параметры газа во всех внутренних сечениях сопла, на всех режимах истечения, включая критический. Статья содержит примеры как результатов расчета истечения газа из суживающегося сопла, так и погрешностей классического метода. Полученные графики изменения параметров газа внутри сопла при критическом истечении показывают, что предложенный метод расчета отражает все особенности этого режима истечения.

**Ключевые слова:** истечение газа, суживающееся сопло, термодинамика потока газа

## COMPUTATIONAL ASPECTS OF THERMODYNAMICS OF THE CONTRACTING NOZZLE

**Kuznetsov E.V.**

*Admiral Ushakov State Maritime University, Novorossiysk, e-mail: kuzn@rambler.ru*

The calculation method for ideal gas outflow from contracting nozzle is suggested. The method is based on received in article differential equation, which connects changing of the temperature and pressure of gas flow. This eliminates the computational problems that exist for solving classical differential equations of outflow. This method takes in consideration the dependence of the specific gas heat from its temperature, which increases calculation accuracy compared to the classical method. An algorithm for solving tasks of the gas flow from contracting nozzle contains numerical integration of this differential equation and the calculation of the other parameters of the gas flow at appropriate algebraic expressions. The method allows to resolve the tasks of the ideal gas outflow from contracting nozzle in all regimes, including critical. The article contains examples of both the calculation results of the gas flow from contracting nozzle and of the classical method errors. Received graphs of gas parameters within the nozzle at critical outflow show that the proposed method of calculation reflects all the features of this outflow mode.

**Keywords:** gas outflow, contracting nozzle, gas flow thermodynamics

Базовыми математическими выражениями, описывающими термодинамические процессы истечения газа из суживающегося сопла, служат дифференциальные уравнения адиабатного потока идеального газа [5], [9]. Решение этих уравнений позволяет учитывать влияние на параметры потока газа зависимости теплоемкости газа (и коэффициента Пуассона) от температуры газа и позволяет найти возможно точные значения параметров газа.

Однако прикладные задачи для адиабатного потока газа [8], [9], включая истечение из суживающегося сопла, классически решаются по алгебраическим зависимостям с использованием уравнения адиабаты [5]:

$$pv^k = \text{const}, \quad (1)$$

где  $p$  – давление газа,  $v$  – удельный объем,  $k$  – коэффициент Пуассона.

Решение выполняется в предположении, что коэффициент Пуассона имеет по-

стоянное значение, и поэтому результаты решения имеют погрешность.

Это в значительной степени объясняется тем, что (как будет показано далее) дифференциальные уравнения идеального газа [5], [9] не имеют решения в точке критического режима и, следовательно, дают неприемлемую ошибку вычислений в окрестностях критической точки.

В связи с этим в статье предлагается вычисление параметров потока газа через суживающееся сопло с использованием полученного здесь такого дифференциального уравнения, для которого не существует отмеченной выше проблемы, то есть решение дифференциального уравнения будет существовать на всех режимах течения газа (включая критический) в каждом сечении сопла.

Такое решение задачи позволит:

- вычислять значения параметров газа в любом сечении сопла на всех режимах,
- оценивать погрешность классических методов [5], [8], [9],

– получать результаты с требуемой точностью, если погрешность классических методов окажется велика.

Предлагаемое решение задач течения газа рассчитано на использование вычислительной техники. В связи с этим автором были разработаны необходимые компьютерные программы в среде визуального моделирования Visual Solution (Vissim) [4] и выполнены примеры расчетов.

Задачи для суживающегося сопла решаются с использованием его расчетной схемы, приведенной на рис. 1.

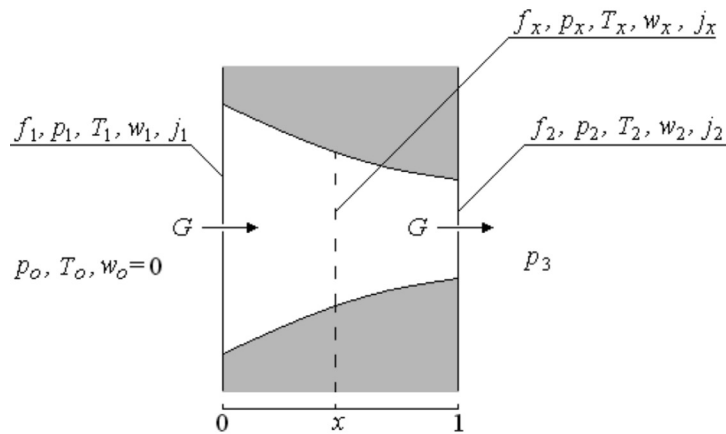


Рис. 1. Расчетная схема суживающегося сопла

Обозначения величин на рис. 1 имеют следующий смысл:  $p$  – абсолютное давление газа,  $T$  – абсолютная температура газа,  $w$  – скорость газа,  $j$  – плотность потока газа,  $f$  – площадь проходного сечения сопла.

Индексы на схеме соответствуют значениям величин:

0 – в бесконечном объеме перед соплом, где скорость газа  $w_0 = 0$ ; 1 – во входном сечении сопла; 2 – в выходном сечении сопла, 3 – в бесконечном объеме за соплом;  $x$  – в произвольном сечении, находящемся на относительном расстоянии  $x$  от входного сечения.

В качестве базовых уравнений потока идеального газа по каналу (включая суживающееся сопло) можно принять систему дифференциальных уравнений термодинамического закона обращения внешних воздействий [2], которые можно привести к виду:

$$(M_x^2 - 1) \frac{dw_x}{w_x} = \frac{df_x}{f_x}, \quad (2)$$

$$-\frac{M_x^2 - 1}{\dot{I}_x^2} \frac{1}{k_x} \frac{dp_x}{p_x} = \frac{df_x}{f_x}, \quad (3)$$

$$-\frac{M_x^2 - 1}{M_x^2} \frac{1}{k_x - 1} \frac{dT_x}{T_x} = \frac{df_x}{f_x}, \quad (4)$$

где  $M_x$  – число Маха,  $k_x$  – коэффициент Пуассона, причем значения  $M_x$  и  $k_x$  зависят от переменной температуры газа внутри сопла.

В уравнениях (2) – (4) площадь проходного сечения сопла  $f_x$  считается независимой переменной, а величины  $w_x$ ,  $p_x$  и  $T_x$  – искомыми величинами.

Поскольку данные дифференциальные уравнения не имеют аналитического решения,

для их решения следует применить какой-либо метод их численного интегрирования.

Предварительно уравнения должны быть приведены к форме Коши, то есть записаны в явном виде относительно искомых величин [1], [3], например, уравнение (3):

$$\frac{dp_x}{p_x} = -\frac{M_x^2}{M_x^2 - 1} k \frac{df_x}{f_x}. \quad (5)$$

При расширении газа в суживающемся сопле до критического состояния число Маха  $M_x$  стремится к 1, и, следовательно, знаменатель правой части уравнения (5) по абсолютной величине будет уменьшаться и стремиться к 0, то есть  $(M_x^2 - 1) \rightarrow 0$ , и правая часть уравнения (13) будет неограниченно увеличиваться.

Таким образом, в точке критического режима и ее окрестности значения параметров потока газа не могут быть вычислены непосредственным решением системы уравнений (2) – (4) [3].

Для преодоления данного препятствия из уравнений (3) и (4) получим следующее уравнение, связывающее изменение температуры и давления газа в сопле:

$$dT_x = \frac{k_x - 1}{k_x} \frac{T_x}{p_x} dp_x. \quad (6)$$

Разделив уравнение (6) на дифференциал времени  $dt$ , получим

$$\frac{dT_x}{dt} = \frac{k_x - 1}{k_x} \frac{T_x}{p_x} \frac{dp_x}{dt}. \quad (7)$$

Будем рассматривать давление газа как независимую переменную, изменяющуюся во времени, например, по линейному закону:

$$p_x(t) = p_o - V_p t, \quad (8)$$

где  $V_p$  – постоянная скорость изменения давления во времени.

Это делается только в целях получения удобного алгоритма решения задачи в среде Vissim, и найденные значения параметров потока газа будут связаны зависимостями, имеющими место для обычной стационарной модели потока идеального газа [2], [5].

Продифференцировав функцию (8), получим

$$\frac{dp_x}{dt} = -V_p,$$

и тогда уравнение (7) становится дифференциальным уравнением, в котором все величины являются функциями времени:

$$\frac{dT_x}{dt} = -\frac{k_x - 1}{k_x} \frac{T_x}{p_x} V_p. \quad (9)$$

Интегрируя уравнение (9), можно определить значение температуры газа, соответствующее давлению газа и всем остальным параметрам потока газа.

Параметры газа в объеме перед соплом ( $p_o, T_o$ ), становятся начальными условиями для уравнения (9) при  $t = 0$ .

При интегрировании уравнения (9) необходимо брать с предыдущего шага интегрирования значения  $p_x$  и  $T_x$ , начиная с начальных условий, а также вычислять коэффициент Пуассона, соответствующий температуре  $T_x$ , по формуле [5]

$$k_x(T_x) = \frac{c_{px}(T_x)}{c_{px}(T_x) - R},$$

где  $c_{px}$  – истинная массовая изобарная теплоемкость газа при температуре  $T_x$ ,  $R$  – газовая постоянная.

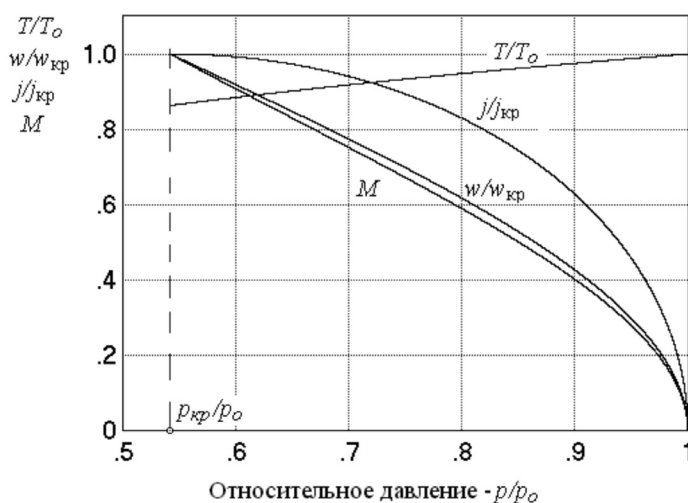
Для определения теплоемкости зависимость энтальпии газа от температуры  $h = h(T)$  была задана в табличной форме, например [6]. Промежуточные значения энтальпии могут вычисляться любым интерполяционным методом [3]. В данной работе достаточная точность расчетов была достигнута простой линейной интерполяцией.

Истинная изобарная теплоемкость газа при температуре  $T_x$  может вычисляться с достаточной точностью численным дифференцированием как

$$c_{px} = h(T_x + 0,5) - h(T_x - 0,5).$$

Остальные термодинамические параметры газа вычисляются по следующим соответствующим выражениям [5]:

- скорость –  $w_x = \sqrt{2(h(T_o) - h(T_x))}$ ,
- удельный объем –  $v_x = RT_x/p_x$ ,
- плотность потока –  $J_x = w_x/v_x$ ,
- скорость звука –  $w_{ax} = \sqrt{k_x RT_x}$
- число Маха –  $M_x = w_x/w_{ax}$ .



Воздух:  $p_o=10$  бар,  $T_o=1500$  К,  $w_{кр}=700,1$  м/с,  $J_{кр}=1021,5$  (кг/с)/м<sup>2</sup>.

Рис. 2. Зависимость термодинамических параметров потока газа от давления газа

Таким образом, данный алгоритм позволяет по известному давлению газа найти его температуру и все остальные термодинамические параметры с учетом зависимости теплоемкости газа и коэффициента Пуассона от температуры на всех режимах истечения газа через суживающееся сопло, включая критический, для которого не существует решения классических дифференциальных уравнений (2) – (4).

Решение задачи для суживающегося сопла заключается в непрерывном интегрировании уравнения (9) и вычислении остальных параметров при уменьшении давления газа от начального значения  $p_o$ .

Графики зависимости термодинамических параметров потока газа от давления газа показаны на рис. 2. По графикам можно сделать вывод, что предложенный метод расчета позволяет отразить все особенности изменения параметров потока газа через суживающееся сопло [5].

Выбор условия окончания процесса вычислений позволяет решить задачи для суживающегося сопла, приведенные в табл. 1.

Примеры расчета параметров критического истечения воздуха по приведенному выше алгоритму на основе решения дифференциального уравнения (9) приведены в табл. 2 (столбцы ДУ).

Для сравнения методов расчета суживающегося сопла, предлагаемого здесь и классического, были выполнены примеры расчета критического истечения газа по классическим выражениям [5]:

– критическое давление в выходном сечении сопла

$$p_{2кр} = p_o \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad (10)$$

– критический расход газа через сопло

$$G_{кр} = f_2 \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \frac{p_o}{v_o} \left[ \left( \frac{p_3}{p_o} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_3}{p_o} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}. \quad (11)$$

Результаты расчета параметров критического истечения воздуха с использованием выражений (10) и (11) приведены в табл. 2 (столбцы КУ).

Сравнение результатов расчета показывает: – погрешность классического метода (столбец КУ) зависит от начальных параметров газа;

– в примерах погрешность определения мощности потока для истечения воздуха составила:

7,4% при  $p_o = 10$  бар и  $T_o = 1750$  К; 0,4% при  $p_o = 10$  бар и  $T_o = 500$  К.

Таблица 1

Задачи расчета термодинамических параметров газа в выходном сечении сопла

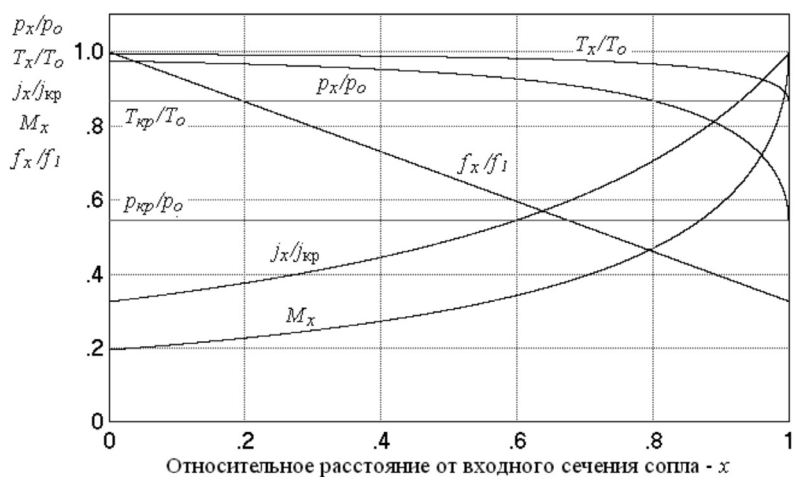
№ задачи	Наименование задачи	Условие остановки процесса вычислений
1	Критическое истечение	$M_x \geq 1$
Расчет параметров при одном заданном:		
2	Задано давление $p_2$ ( $p_2 \geq p_{2кр}$ )	$P_x \leq p_2$
3	Задана температура $T_2$ ( $T_2 \geq T_{2кр}$ )	$T_x \leq T_2$
4	Задана скорость $w_2$ ( $w_2 \leq w_a$ )	$w_x \geq w_2$
5	Задана интенсивность потока $j_2$ ( $j_2 \leq j_{2кр}$ )	$j_x \geq j_2$

Таблица 2

Результаты примеров расчета параметров критического истечения воздуха.  
Методы расчета: ДУ – дифференциальные уравнения, КУ – классические уравнения

Параметры воздуха перед соплом	$p_o = 10$ бар $T_o = 1500$ К		$p_o = 10$ бар $T_o = 500$ К	
	ДУ	КУ	ДУ	КУ
$p_{2кр}$ , бар	5,4442	5,2828	5,2904	5,2828
$T_{2кр}$ , К	1516,8	1458,3	418,13	416,67
$w_{2кр}$ , м/с	754,39	772,56	409,09	410,06
$j_{2кр}$ , (кг/с)/м <sup>2</sup>	943,44	966,18	1803,5	1807,6
$f_{2}$ , м <sup>2</sup> (задано)	0,016	0,016	0,016	0,016
$G_{кр}$ , кг/с	15,095	15,459	28,856	28,921
$P_{кр} = G_{кр} w_{2кр}^2/2$ , кВт	42,953	46,133	24,146	24,315





Воздух:  $p_0=10$  бар,  $T_0=1750$  К,  $w_{kp}=754.4$  м/с,  $j_{kp}=943.4$  (кг/с)/м<sup>2</sup>,  $f_1=0.049$  м<sup>2</sup>.

Рис. 3. Пример изменения параметров критического потока газа через суживающееся сопло при линейной зависимости площади сечения сопла от пространственной координаты

На основе расчета термодинамических параметров потока можно решить две задачи при заданном давлении газа за соплом  $p_3$  ( $p_3 \geq p_{2kp}$ ):

- определить расход газа через сопло  $G = f_2 j_2$ , если известна площадь выходного сечения сопла  $f_2$ ,

- определить площадь выходного сечения сопла  $f_2 = G / j_2$ , если известен расход газа через сопло ( $G \leq G_{kp}$ ).

После определения расхода газа  $G$  и площади выходного сечения  $f_2$  можно вычислить по этому же алгоритму изменение параметров газа внутри сопла вдоль пространственной координаты  $x$ .

Для этого должно быть известно (или задано) изменение площади проходного сечения сопла по пространственной координате, то есть зависимость  $f_x = \varphi(x)$ . При этом должно выполняться условие  $f_x = \varphi(1) = f_2$ . Предварительно следует найти обратную функцию  $x = \varphi^{-1}(f_x)$  для определения значения координаты  $x$ .

Данный расчет выполняется с дополнением алгоритма формулами

$$f_x = G/j_x \text{ и } x = \varphi^{-1}(f_x).$$

При этом будут автоматически определены параметры газа ( $p_1, T_1, w_1$ ) во входном сечении сопла при  $x = 0$  и  $f_x = \varphi(0) = f_1$ .

Рассмотренный алгоритм представляет собой решение обратной задачи для газового потока, когда сначала при заданном давлении  $p_x$  определяются параметры газа ( $T_x, w_x$  и др.), а затем – значения площади сечения  $f_x$  и координаты  $x$ , при которых параметры газа имеют рассчитанные значения.

При выводе результатов расчетов на график целесообразно в качестве абсциссы принять  $x$ , как это показано на рис. 3.

### Выводы

Предложенный метод расчета процесса истечения газа из суживающегося сопла на основе дифференциального уравнения, связывающего изменение давления и температуры газа:

- позволяет решать задачи истечения идеального газа из суживающегося сопла, в том числе определять параметры газа во всех внутренних сечениях сопла, на всех режимах истечения, включая критический;

- учитывает зависимость теплоемкости газа от его температуры, что может заметно увеличить точность результатов расчета по сравнению с классическим методом;

- использует один и тот же алгоритм для расчета:

- изменения параметров потока внутри сопла,

- показателей процесса истечения на всех режимах, включая критический,

- конструктивных характеристик сопла.

### Список литературы

1. Бойченко Л.П., Выборова Н.М. Численные методы и их компьютерная реализация. – Ухта, УГТУ, 2012. – 90 с.
2. Вулис Л.А. Термодинамика газовых потоков. – М.: Госэнергоиздат, 1950. – 304 с.
3. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и обработки результатов опыта. – М.: Наука, 1970. – 432 с.
4. Дьяконов В.П. VisSim+MathCad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.

5. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Наука, 1979. – 512 с.
6. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов: Справочник: – 4-е издание. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 288 с.
7. Balmer R.T. Moderd, Engineering Thermodynamics. Oxford, UK, Elsevier, 2011. – 827 p.
8. Borgnakke C., Sonntag R.E. Fundamentals of Thermodynamics, eight edition. Hoboken, USA, Wileys & Sons, 2013. – P. 916.
9. Rajput R.K. Engineering Thermodynamics, third edition. Boston, USA, Laxmi Publications, 2007. – 966 p.
4. Djakonov V.P. VisSim+MathCad+MATLAB. Vizualnoe matematicheskoe modeli-rovanie. M.: SOLON-Press, 2004. 384 p.
5. Kirillin V.A., Sychev V.V., Shejndlin A.E. Tehnicheskaja termodinamika. M.: Nauka, 1979. 512 p.
6. Rivkin S.L. Termodinamicheskie svojstva gazov: Spravochnik: 4-e izdanie. M.: Jenergoatomizdat, 1987. 288 p.
7. Balmer R.T. Moderd, Engineering Thermodynamics. Oxford, UK, Elsevier, 2011. 827 p.
8. Borgnakke C., Sonntag R.E. Fundamentals of Thermodynamics, eight edition. Hoboken, USA, Wileys & Sons, 2013. pp. 916.
9. Rajput R.K. Engineering Thermodynamics, third edition. Boston, USA, Laxmi Publications, 2007. 966 p.

### References

1. Bojchenko L.P., Vyborova N.M. Chislennye metody i ih kompjuternaja realizacija. Uhta, UGTU, 2012. 90 p.
2. Vulis L.A. Termodinamika gazovyh potokov. M.: Gosjenergoizdat, 1950. 304 p.
3. Guter R.S., Ovchinskij B.V. Jelementy chislenного analiza i obrabotki rezul'tatov opyta. M.: Nauka, 1970. 432 p.

### Рецензенты:

Николаев Н.И., д.т.н., профессор, Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск;  
Самойленко А.Ю., д.т.н., профессор, Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск.

УДК 581.5×574.2×550.846×502.5

## ВЛИЯНИЕ СЕРНИСТОГО ГАЗА НА ДЕКОРАТИВНЫЕ КУСТАРНИКИ (НА ПРИМЕРЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ БАЛАШОВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА)

<sup>1</sup>Ларионов М.В., <sup>2</sup>Любимов В.Б., <sup>1</sup>Логачёва Е.А., <sup>1</sup>Сергадеева М.Ю.

<sup>1</sup>Балашовский институт (филиал) Саратовского государственного университета  
имени Н.Г. Чернышевского, Балашов, e-mail: m.larionow2014@yandex.ru;

<sup>2</sup>Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Брянск,  
e-mail: lubimov-v@mail.ru

Актуальной научной и практической задачей сейчас является поиск эффективных способов по повышению устойчивости зеленых насаждений и одновременно их экологической значимости в городах и поселках. Для современных городов Саратовской области характерно азотехногенное загрязнение окружающей среды рядом опасных экотоксикантов, к числу которых принадлежит сернистый газ, который способен вызывать деградацию и гибель растений. В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния данного токсиканта на листья декоративных кустарников (22 вида), произрастающих в городских и сельских условиях Балашовского муниципального района (Саратовская область). Анализ и обобщение результатов позволили выделить 4 группы устойчивости кустарников к загрязнению воздушного бассейна сернистым газом: высокоустойчивые (8 видов), устойчивые (7 видов), среднеустойчивые (3 вида) и неустойчивые (4 вида). Представителей последней группы ввиду их биологии и экологии предлагается использовать при осуществлении экологического мониторинга в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды населенных мест. В последующем в установленных местах с высоким уровнем азотехногенного загрязнения окружающей среды необходимо создавать древесно-кустарниковые насаждения защитного назначения, в том числе с участием кустарников с декоративными свойствами из групп высокоустойчивых, устойчивых и средней устойчивости к загрязнению воздуха диоксидом серы.

**Ключевые слова:** сернистый газ, кустарники, урбанизированные территории, группы устойчивости кустарников к загрязнению

## THE INFLUENCE OF SULFUR DIOXIDE ON ORNAMENTAL SHRUBS (FOR EXAMPLE, URBANIZED AREAS AND RURAL AREAS BALASHOV MUNICIPAL DISTRICT)

<sup>1</sup>Larionov M.V., <sup>2</sup>Lyubimov V.B., <sup>1</sup>Logacheva E.A., <sup>1</sup>Sergadeeva M.Y.

<sup>1</sup>Balashov Institute (branch) of Saratov state University named after N.G. Chernyshevsky, Balashov,  
e-mail: m.larionow2014@yandex.ru;

<sup>2</sup>Bransk state University named after academician I.G. Petrovsky, Bryansk, e-mail: lubimov-v@mail.ru

Actual scientific and practical task now is to find effective ways to improve the sustainability of green spaces and at the same time their environmental significance in cities and towns. For modern cities of Saratov region is characterized by technogenic pollution near dangerous ecotoxicants, which is owned by sulphur dioxide gas, which can cause degradation and loss of plants. The article presents the results of experimental studies of the effect of this toxicant on the leaves of ornamental shrubs (22 species) growing in urban and rural municipal district Balashov (Saratov region). Analysis and generalization of the results allowed us to identify 4 groups of sustainability shrubs for air pollution sulphur dioxide: highly resistant (8 species), stable (7 species), moderately resistant (3 species) and unstable (4 species). Representatives of this group, because of their biology and ecology proposes to use in the implementation of environmental monitoring as bioindicators of the environment of settlements. Subsequently installed in places with high level of technogenic environmental pollution need to create tree and shrub plantings defensive assignments, including with the participation of shrubs with decorative properties of the groups highly resilient, sustainable, and average resistance to pollution with sulphur dioxide.

**Keywords:** sulfur dioxide, shrubs, urban areas, group sustainability shrubs to pollution

Современные города, с геоэкологической точки зрения, являются уникальными и при этом довольно специфическими, сложными природно-техническими системами. На экологические показатели городской среды в значительной степени влияют степень «окультуренности» и освоённости ландшафтов, специфика антропогенной нагрузки, эффективность работ по благоустройству и зеленому строительству в разных функциональных зонах, а также немаловажную роль играют природно-

климатические и географические факторы местности. Важным условием для создания и поддержания экологически благоприятной обстановки на территории современных городов являются зеленые насаждения различного целевого назначения, главным образом, защитного [5, 7]. Главными оценочными критериями здесь выступают фактор постоянства соблюдения указанного условия, а также параметры экологической значимости самих растений в насаждениях [1, 4, 8]. От экологического состояния

окружающей среды в поселениях во многом зависят и соответствующие показатели здоровья населения [5, 6].

Из специфических загрязнителей городской среды области и растений в составе насаждений в условиях Саратовской области ведущие позиции занимают соединения, содержащие тяжелые металлы [3, 4, 7].

В то же время существенную роль в ухудшении состояния насаждений играет насыщенный некоторыми газообразными веществами воздух. К числу наиболее вредных компонентов атмосферного воздуха относится сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ↑).

Очень большое число исследований посвящено анализу действия сернистого ангидрида на представители хвойных растений [2, 12, 13]. Воздействие этого поллютанта на лиственные растения, в частности, на декоративные кустарники из состава зеленых насаждений в населенных пунктах изучено слабо.

Дело в том, что сернистый газ (сернистый ангидрид) – один из наиболее распространенных загрязнителей воздуха в городах Саратовской области. Он выделяется разнообразными энергоустановками при сжигании топлива. Это вещество является токсичным. При непосредственном воздействии сернистого газа на растения происходит резкое замедление фотосинтеза, поражение листьев, что выражается в проявлении хлорозных и некрозных пятен, резком подавлении роста и развития. В итоге наблюдается утрата растениями жизнестойкости, общее угнетение и иногда (при высоких концентрациях данного поллютанта в воздухе) гибель [1, 8].

Все выявляемые повреждения от воздействия диоксида происходят в двух основных направлениях:

1) визуально определяемые, т.е. видимые повреждения в форме некрозных пятен ассимиляционных органов и их деформации;

2) скрытые проявления, заключающиеся в падении продуктивности за счет подавления ряда физиологических процессов в клетках и тканях (обмена веществ, фотосинтеза и др.).

Особенности токсического влияния диоксида серы, по мнению В.С. Николаевского, проявляются в изменении физиологической активности растений [1]. Известно, что он повреждает древесные растения в концентрации до  $0,05 \text{ мг/м}^3$  [9].

**Цель исследований:** выполнить оценку устойчивости кустарников в условиях урбанизации и сельской местности Балашовского муниципального района Саратовской области к диоксиду серы и определить наи-

более газоустойчивые растения среди декоративно цветущих кустарников.

Экспериментальные исследования толерантности кустарников к действию сернистого ангидрида проводились на образцах листьев декоративных видов кустарников, от отобранных на улицах города Балашова Саратовской области с различным уровнем антропогенного пресса на окружающую среду и в различных частных посадках, а также на примере кустарников, произрастающих на пришкольной территории МОУ СОШ села Хопёрское (Балашовский муниципальный район). Для получения диоксида серы в лабораторных условиях применялся сульфит натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) и серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). В длинные лабораторные пробирки насыпалось равное количество сульфита. На пробирку насаживалась колба доньшком вверх таким образом, чтобы пробирка касалась дна. Затем колба переворачивалась и пробирка вынималась. На дне колбы оставалась небольшая горка сульфита. Рядом с сульфитом натрия длинным пинцетом на дно устанавливался тигелек с кислотой. Пучок листьев (5–7 г) и черешки конкретного вида обматывались нитью, опускались в колбу. При этом так листья оставались на вису. Колба закрывалась пробкой, чтобы нитка оказывалась между пробкой и горлышком. Пробка изолировалась пластилином. Далее резким движением колбы опрокидывался тигелек с серной кислотой на сульфит и отмечалось время начала реакции. Наблюдения за изменениями листьев растений проводились перманентно. Через фиксированный период времени (2–3 часа) растения вынимались, выявлялись и фиксировались все повреждения (хлорозы, некрозы, изменения растений после помещения их в воду).

Затем выявлялась устойчивость растений к диоксиду серы. Среди анализируемых образцов выявлялись наиболее чувствительные растения, которые можно использовать в экологических исследованиях в качестве индикаторных организмов.

Толерантность к сернистому газу изучалась на примере 22 видов декоративных кустарников из 10 семейств, что отражено ниже в таблице. Лабораторные эксперименты показали, что исследуемые виды кустарников по-разному реагируют на воздействие диоксида серы. Выявлена четкая видоспецифичность степени подверженности кустарников к указанному загрязнителю.

В результате полученных данных исследуемые виды декоративных кустарников следует разделить на следующие группы толерантности к загрязнению атмосферного воздуха диоксидом серы:

1) *высокоустойчивые виды* (в первые 60 минут исследования повреждается менее 1/4 листовой пластинки): *Crataegus sanguinea* Pall., *Rosa cinnamomea* L., *Spiraea crenata* L., *Sorbaria sorbifolia* (L.), *Tamarix gracilis* Willd., *Amorpha fruticosa* L., *Ligustrum vulgare* L., *Syringa vulgaris* L.;

2) *устойчивые виды* (в первые 60 минут исследования повреждается более 1/4, но менее 1/3 площади листовых пластинок): *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Philadelphus coronarius* L., *Berberis vulgaris* L., *Physocarpus opulifolius* L., *Corylus avellana* L., *Cornus alba* L., *Symphoricarpos albus* (L.) Blake.;

3) *среднеустойчивые виды* (в начальные 60 минут исследования повреждается более 1/3, но менее 1/2 листовой пластинки): *Amelanchier alnifolia* Nutt., *Cotinus coggygria* Scop., *Weigela floribunda* C. Koch.;

4) *неустойчивые виды* (в первые 60 минут исследования повреждается 1/2 и более листовой пластинки): *Spiraea japonica* L. Fil., *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb., *Hydrangea arborescens* L., *Lonicera caprifolium* L.

По истечении 120 минут лабораторных экспериментов наблюдалась 100%-я гибель листьев всех видов исследуемых декоративных кустарников, что свидетельствует о том, что длительное воздействие сернистого газа угнетающе действует на них и может быть летальным для них.

#### Выводы:

– среди культивируемых в Балашовском муниципальном районе декоративных кустарников на городских улицах, дворах и в сельской местности четко выделяются три группы видов по степени устойчивости к загрязнению воздушного бассейна SO<sub>2</sub>↑;

– среди исследованных видов кустарников наиболее приспособлены к произрастанию в городе, а также в условиях значительного загрязнения атмосферы этим токсикантом растения из состава первых двух групп – высокоустойчивые, устойчивые – и отчасти представители группы кустарников со средней степенью устойчивости;

– при планировании работ по озеленению урбанизированных территорий, в том числе по созданию декоративных посадок из кустарников требуемых видов, необходимо учитывать близость расположения источников токсичных выбросов в окружающую среду от объектов теплоэнергетики и промышленности (т.к. в составе техногенных выбросов содержатся сернистый газ и другие токсичные вещества) и уровень устойчивости самих растений к данному экотоксиканту;

– в качестве биоиндикаторных организмов, чувствительных к загрязнению атмосферного воздуха диоксидом серы, можно рекомендовать кустарники из группы неустойчивых (*S. japonica* L. Fil., *D. fruticosa* (L.) Rydb., *H. Arborescens* L., *L. Caprifolium* L.) к данному загрязнителю, по ответным реакциям которых можно достаточно достоверно диагностировать степень техногенной нагрузки на различные городские территории;

– в местах наибольшего уровня воздействия аэротехногенных выбросов целесообразно создавать, в первую очередь, защитные насаждения из древесных растений и кустарников, устойчивых к химическому загрязнению окружающей среды [8], а также посредством создания газонов и посадок из кустарников с декоративными свойствами из первых трех экспериментально установленных групп устойчивости и с учетом ландшафтно-географических условий местности (характер рельефа, наличие открытого грунта и его физико-химические признаки, степень застроенности территории, близость расположения автомобильных, железных дорог и предприятий, ширина улиц, параметры дворов, сеть коммуникаций, интенсивность автомобилепотоков).

#### Список литературы

1. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 1979. – 278 с.
2. Кизеев А.Н. Влияние промышленных загрязнений на состояние ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на Кольском полуострове: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Апатиты, 2006. – 205 с.
3. Ларионов М.В. Важнейшие экотоксиканты почв в условиях малого города / М.В. Ларионов, Н.В. Ларионов // Формирование культуры безопасности жизнедеятельности у участников образовательного процесса: материалы Всерос. науч.-практ. конференции с международным участием. – Саратов: Саратовский источник, 2014. – С. 87–91.
4. Ларионов М.В. Динамика сезонного накопления свинца в листьях древесных растений в городской среде / М.В. Ларионов, Н.В. Ларионов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 2. – С. 51–54.
5. Ларионов М.В. Зеленые насаждения как фактор экологической стабилизации антропогенной среды и сохранения здоровья населения / М.В. Ларионов, Н.В. Ларионов // Проблемы и мониторинг природных экосистем. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2014. – С. 85–88.
6. Ларионов М.В. Обзор научной литературы по проблеме влияния экологических факторов на здоровье человека / М.В. Ларионов, В.Б. Любимов, Т.А. Перевозчикова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–6. – С. 1204–1210.
7. Ларионов М.В. Оценка экологического состояния и устойчивости древесных насаждений урбанизированных территорий; Минобрнауки России, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Брянский гос. ун-т им. акад. И.Г. Петровского» (БГУ). – Брянск, 2012. – 182 с.
8. Николаевский В.С. Газоустойчивость местных и интродуцированных древесных растений в условиях Сверд-

ловской области // Тр. УФАН СССР. ИЭРиЖ. – 1967. – Вып. 54. – С. 85–91.

9. Николаевский В.С. Методика определения предельно допустимых концентраций вредных газов для растительности / В.С. Николаевский, Т.В. Николаевская. – М., 1988. – 15 с.

10. Сазонова Т.А. Эколого-физиологическое исследование реакции хвойных растений Северо-Запада России на действие природных и антропогенных факторов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2006. – 311 с.

11. Сотникова О.В. Влияние аэрогенного загрязнения на рост и химический состав вегетативных органов сосны обыкновенной: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2004. – 105 с.

### References

1. Biologicheskie osnovy gazoustojchivosti rastenij / V.S. Nikolaevskij. Novosibirsk: Nauka, 1979. 278 p.

2. Kizeev A.N. Vlijanie promyshlennyh zagrjaznenij na sostojanie assimiljacionnogo apparata sosny obyknovnojj (Pinus sylvestris L.) na Kolskom poluostrove: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Apatity, 2006. 205 p.

3. Larionov M.V. Vazhnejšie jekotoksikanty pochv v uslovijah malogo goroda / M.V. Larionov, N.V. Larionov // Formirovanie kultury bezopasnosti zhiznedejatel'nosti u uchastnikov obrazovatel'nogo processa: materialy Vseros. nauch.-prakt. konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Saratov: Saratovskij istochnik, 2014. pp. 87–91.

4. Larionov M.V. Dinamika sezonnogo nakoplenija svinca v listjah drevesnyh rastenij v gorodskoj srede / M.V. Larionov, N.V. Larionov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Himija. Biologija. Farmacija. 2015. no. 2. pp. 51–54.

5. Larionov M.V. Zelenye nasazhdenija kak faktor jekologičeskoj stabilizacii antropogennoj sredy i sohraneniija zdorovja naselenija / M.V. Larionov, N.V. Larionov // Problemy i moni-

toring prirodnyh jekosistem. Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii. Penza, 2014. pp. 85–88.

6. Larionov M.V. Obzor nauchnoj literatury po probleme vlijanija jekologičeskikh faktorov na zdorove cheloveka / M.V. Larionov, V.B. Ljubimov, T.A. Perevozchikova // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 2–6. pp. 1204–1210.

7. Larionov M.V. Ocenka jekologičeskogo sostojanija i ustojčivosti drevesnyh nasazhdenij urbanizirovannyh territorij; Minobrnauki Rossii, Federalnoe gos. bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovanija «Brjanskij gos. un-t im. akad. I.G. Petrovskogo» (BGU). Brjansk, 2012. 182 p.

8. Nikolaevskij V.S. Gazoustojčivost mestnyh i introducirovannyh drevesnyh rastenij v uslovijah Sverdlovskoj oblasti // Tr. UFAN SSSR. IJeRiZh. 1967. Vyp. 54. pp. 85–91.

9. Nikolaevskij V.S. Metodika opredelenija predelno dopustimyh koncentracij vrednyh gazov dlja rastitelnosti / V.S. Nikolaevskij, T.V. Nikolaevskaja. M., 1988. 15 p.

10. Sazonova T.A. Jekologo-fiziologičeskoe issledovanie reakcii hvojnyh rastenij Severo-Zapada Rossii na dejstvie prirodnyh i antropogennyh faktorov: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Petrozavodsk, 2006. 311 p.

11. Sotnikova O.V. Vlijanie ajerogennoho zagrjaznenija na rost i himičeskij sostav vegetativnyh organov sosny obyknovnojj: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Krasnojarsk, 2004. 105 p.

### Рецензенты:

Лысенко И.О., д.б.н., доцент, зав. кафедрой экологии и ландшафтного строительства, ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь;

Агафонов В.А., д.б.н., доцент, заведующий кафедрой ботаники и микологии, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж.

УДК 630.181.324

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ИНТРОДУЦЕНТОВ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТОКСИЧНЫМИ ВЫБРОСАМИ ОТ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И АВТОТРАНСПОРТА

<sup>1</sup>Любимов В.Б., <sup>2</sup>Логачева Е.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»,  
Брянск, e-mail: lubimov-v@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Балашовский институт (филиал) Саратовского государственного университета  
им. Н.Г. Чернышевского», Балашов, e-mail: mail@bfsgu.ru

Приводятся результаты исследований по определению устойчивости различных видов декоративных кустарников, используемых для озеленения городских территорий, создания садов и парков, к загрязнению окружающей среды токсическими выбросами промышленности и автотранспорта на территории города Балашова Саратовской области. Для определения степени устойчивости в качестве оценочных показателей применялась количественная и качественная оценка изменчивости фермента пероксидазы. Включенные в эксперимент виды были разделены на три группы по степени устойчивости к загрязнителям. К высокоустойчивым видам были отнесены *Amorpha fruticosa* L., *Tamarix gracilis* Willd., *Physocarpus opulifolius* L., средней степени устойчивости – *Symphoricarpos albus* L., *Berberis thunbergii* L., *Philadelphus coronaries* L., *Amelanchier canadensis* L., *Lonicera tatarica* L., и к низкой степени устойчивости – *Sorbaria sorbifolia* L., *Spiraea hypericifolia* L. и *Crataegus sanguinea* L. Анализ исследований показал, что динамика активизации и характер новообразований в изоимном спектре фермента пероксидазы листьев декоративных кустарников являются объективными биохимическими показателями устойчивости растений, произрастающих в условиях промышленного и транспортного загрязнения атмосферы городских территорий.

**Ключевые слова:** интродуценты, сады, парки, кустарники, устойчивость, ферменты, пероксидаза

## SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF EXOTIC SPECIES TO POLLUTION OF THE ENVIRONMENT BY TOXIC EMISSIONS FROM INDUSTRY AND VEHICLES

<sup>1</sup>Lubimov V.B., <sup>2</sup>Logacheva E.A.

<sup>1</sup>Federal STATE budgetary educational institution of higher professional education «Bryansk state  
University named after academician I.G. Petrovsky», Bryansk, e-mail: lubimov-v@mail.ru;

<sup>2</sup>Balashov Institute (branch) FSBEI HPE «Saratov state University n.a. N.G. Chernyshevskogo»,  
Balashov, e-mail: mail@bfsgu.ru

The results of studies to determine the sustainability of various species of ornamental shrubs used for landscaping of urban areas, establishment of parks and gardens, to pollution of the environment by toxic emissions from industry and vehicles on the territory of the city of Balashov, Saratov region. To determine the degree of stability in the quality of estimates used quantitative and qualitative assessment of the variability of peroxidase enzyme. Included in the experiment, the species were divided into three groups according to the degree of resistance to pollutants. Highly resistant to related species *Amorpha fruticosa* L., *Tamarix gracilis* Willd., *Physocarpus opulifolius* L., the average degree of sustainability – *Symphoricarpos albus* L., *Berberis thunbergii* L., *Philadelphus coronaries* L., *Amelanchier canadensis* L., *Lonicera tatarica* L. and to a low degree of stability – *Sorbaria sorbifolia* L., *Spiraea hypericifolia* L., *Crataegus sanguinea* L. Analysis of studies showed that the degree of activation and the nature of the tumors in isozyme spectrum of the enzyme peroxidase leaves of ornamental shrubs are objective biochemical indicators of the sustainability of plants growing in conditions of industrial and transport pollution of urban areas.

**Keywords:** plants, gardens, parks, bushes, resistance, enzymes, peroxidase

В настоящее время интродуценты, в т.ч. декоративные кустарники, широко используются для озеленения, создания защитных насаждений, садов и парков в городах с загрязненной окружающей средой токсическими выбросами от промышленности и автотранспорта. В связи с этим возникла проблема оценки устойчивости ассортимента интродуцентов, для создания насаждений на урбанизированных территориях с различной степенью загрязнения токсичными веществами [5, 15]. В научной литературе накоплены многочисленные сведения об изменчивости ферментных

систем под действием химических загрязнителей. Причем наибольшая лабильность в условиях стресса характерна для окислительно-восстановительного фермента пероксидазы, широко распространенного в вегетативных органах растений различных систематических групп, входящего в состав основных клеточных структур и обладающего разной структурной специфичностью [6]. В частности, отмечается влияние химического загрязнения атмосферы на общую активность, количественные и качественные характеристики пероксидазы [7–9]. Зарегистрированы

многочисленные факты глубокой трансформации пероксидазного спектра в вегетативных органах декоративных форм сосны, бересклета, барбариса и других форм и видов из разных родов под воздействием промышленного загрязнения атмосферы оксидами серы и азота [3, с. 133–136; 4, с. 104–107; 5, с. 122–128; 7, с. 51–55; 9, с. 149–154]. Однако до настоящего времени остаётся малоизученным комплексное влияние промышленного и транспортного загрязнения атмосферы на количественную и качественную характеристику растительных пероксидаз у различных видов интродуцентов, используемых для озеленения урбанизированных территорий. Не оценена и перспектива использования этих показателей для оценки газоустойчивости различных видов декоративных кустарников, интродуцированных в разные природные зоны России [3, с. 133–136; 4, с. 104–107; 6, с. 406–417].

### Цель исследования

Настоящее исследование было предпринято с целью выяснения зависимости изменения активности, а также качественной и количественной изменчивости растительного фермента пероксидазы от экологически неблагоприятного воздействия, и использование данных показателей в качестве маркеров устойчивости интродуцентов, в том числе и декоративных кустарников к токсическим выбросам промышленности и автотранспорта.

### Материалы и методы исследования

Исследования проводились на территории г. Балашова Саратовской области в 2011–2015 годах. Объектом исследования служили вегетативные органы растений (листья) 11 видов декоративных кустарников: Рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia* L.), Спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), Чубушник венечный (*Philadelphus coronaries* L.), Ирга канадская (*Amelanchier canadensis* L.), Тамарикс изящный (*Tamarix gracilis* Willd), Аморфа кустарниковая (*Amorpha fruticosa* L.), Пузыреплодник

калинолистный (*Physocarpus opulifolius* L.), Барбарис Тунберга (*Berberis thunbergii* L.), Жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.), Боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea* L.), Снежнаягодник белый (*Symphoricarpos albus* L.). Листья для исследований отбирались с плодоносящих растений, с побегов, расположенных в средней части кроны кустарника. Исследования проводили в летний период при температуре атмосферного воздуха +22–25 °С. Для опыта листья срезались в промышленном районе города в местах с интенсивным движением автотранспорта (более 17 единиц в минуту), а контрольные – в экологически незагрязненной местности – в районе станции юных натуралистов, удаленной от автодорог и промышленных предприятий на 500 и более метров. Определялась удельная активность пероксидазы [1, с. 352–355; 2, с. 1372–1379]. За единицу активности фермента принималось количество о-дианизидин (мкмоль), окисленного за 1 минуту на 1 г сырого вещества. Для выделения фермента из растительной ткани навеска листьев (2 г) измельчалась с помощью скальпеля, затем заливалась семикратным объемом 0,005 М трис-глицинового буфера, содержащего 30 % сахарозы, и гомогенизировалась на холоде. Гомогенат в течение часа выдерживался при температуре 4 °С и центрифугировался при скорости 8 тыс. об./минут. Надосадочная жидкость использовалась в качестве препарата пероксидазы. Электрофорез пероксидазы проводили по модифицированной методике Дэвиса и Рейсфильда [8, с. 404–427; 10, 281–283]. В цилиндрических гелях размером 0,6x7,0 см в 7,5%-м полиакриламидном геле с использованием трис-глициновой буферной системы рН = 8,3 с охлаждением. Время проведения электрофореза – 2 часа 20 минут. Первые 20 мин сила тока на гелевую трубку не превышала 2 мА, затем усиливалась до 4 мА. По окончании электрофореза гели опускались на 30 минут в 0,02%-й раствор солянокислого бензидина, а затем – в 0,01%-й раствор пероксида водорода до появления голубых полос изопероксидаз. Затем реакционная смесь сливалась, а гели промывались 10%-м раствором уксусной кислоты. Для идентификации фермента использовали промышленный препарат пероксидазы хрена. Относительная активность отдельных изомеров определялась с использованием методики Лиу, по скорости их проявления [17]. Для удобства анализа изозимных спектров катодные изопероксидазы по относительной электрофоретической активности (ОЭП) были условно разделены на три зоны: А-зона (ОЭП от 0 до 30), В-зона (ОЭП от 31 до 60) и С-зона (ОЭП от 61 до 100).

### Влияние химического загрязнения на удельную активность пероксидазы изучаемых видов кустарников

Виды растений	Удельная активность фермента		Степень активизации фермента
	контроль	опыт	
1	2	3	4
Аморфа кустарниковая, <i>Amorpha fruticosa</i> L.	0,53	1,03	1,94
Барбарис Тунберга, <i>Berberis thunbergii</i> L.	0,49	0,71	1,45
Боярышник кроваво-красный, <i>Crataegus sanguinea</i> L.	0,49	0,63	1,29
Жимолость татарская, <i>Lonicera tatarica</i> L.	0,33	0,46	1,39



Окончание таблицы			
1	2	3	4
Ирга канадская, <i>Amelanchier canadensis</i> L.	0,37	0,52	1,41
Пузыреплодник калинолистный, <i>Physocarpus opulifolius</i> L.	0,54	0,98	1,81
Рябинник рябинолистный, <i>Sorbaria sorbifolia</i> L.	0,46	0,53	1,15
Снежноягодник белый, <i>Symphoricarpos albus</i> L.	0,51	0,76	1,49
Спирея зверобоелистная, <i>Spiraea hypericifolia</i> L.	0,43	0,58	1,35
Тамарикс изящный, <i>Tamarix gracilis</i> Willd	0,57	1,23	2,16
Чубушник венечный, <i>Philadelphus coronaries</i> L.	0,32	0,46	1,44

### Результаты исследования и их обсуждение

Согласно многочисленным литературным источникам, количественная и качественная изменчивость фермента пероксидазы является признаком ранней ответной реакции на химическое загрязнение атмосферы и может служить объективным показателем их газоустойчивости [5, с. 122–128]. Газоустойчивость видов нами оценивалась по степени активизации фермента, определяемого отношением показателя удельной активности в опыте к таковой в контроле.

Исследования показали, что комплексное воздействие промышленных выбросов в сочетании с выхлопными газами автотранспорта приводит к значительным количественным и качественным изменениям ферментативного комплекса пероксидазы в листьях изучаемых видов декоративных кустарников, произрастающих в промышленном районе города с высокой транспортной нагрузкой. Включенные в эксперимент виды были разделены на три группы по степени устойчивости к загрязнителям. К высокоустойчивым видам были отнесены *Amorpha fruticosa* L., *Tamarix gracilis* Willd, *Physocarpus opulifolius* L., средней степени устойчивости – *Symphoricarpos albus* L., *Berberis thunbergii* L., *Philadelphus coronaries* L., *Amelanchier canadensis* L., *Lonicera tatarica* L., и к низкой степени устойчивости – *Sorbaria sorbifolia* L., *Spiraea hypericifolia* L., *Crataegus sanguinea* L. Динамика активизации и характер новообразований в изозимном спектре фермента пероксидазы листьев декоративных кустарников являются объективными биохимическими показателями устойчивости растений, произрастающих в условиях промышленного и транспортного загрязнения атмосферы городских территорий. Исследования также показали, что городское загрязнение атмосферы также влечет за собой существенное изменение компонентного состава перокси-

дазы. Анализ исследования показывает, что в вегетативных органах исследуемых декоративных кустарников произрастающих в зоне жесткого химического загрязнения, гетерогенность изозимного спектра пероксидазы существенно возрастает, что является свидетельством адаптивной перестройки окислительно-восстановительной системы, связанной с приспособлением растений к жизни в условиях стресса [6, с. 406–417].

### Заключение

В результате проведенных исследований определена устойчивость одиннадцати видов декоративных кустарников, интродуцированных в Саратовскую область и используемых для создания насаждений различного целевого назначения. В качестве оценочных показателей применялась количественная и качественная характеристика динамики изменчивости фермента пероксидазы. Включенные в эксперимент виды были разделены на три группы по степени устойчивости к загрязнителям. Степень активизации и характер новообразований в изозимном спектре фермента пероксидазы листьев декоративных кустарников являются объективными биохимическими показателями устойчивости растений, произрастающих в условиях промышленного и автотранспортного загрязнения атмосферы урбанизированных территорий. Результаты исследований могут быть использованы для теоретического обоснования перспективности интродукции новых видов древесных растений, с целью создания устойчивых насаждений различного целевого назначения, дифференцировано степени загрязнения урбанизированных территорий.

### Список литературы

1. Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы / А.Н. Бояркин // Биохимия. – 1961. – Т. 16, № 4. – С. 352–355.
2. Лебедева О.В. Кинетическое изучение реакции окисления о-диазинидина перекисью водорода в присутствии пе-

роксидазы из хрена / О.В. Лебедева, Н.Н. Угарова, И.В. Бerezин // Биохимия. – 1977. – Т. 42, № 8. – С. 1372–1379.

3. Любимов В.Б. Определение устойчивости декоративных кустарников к загрязнению по степени активности и трансформации растительных пероксидаз / В.Б. Любимов, Е.А. Логачёва. – Брянск: Вестник РИО БГУ, 2013. – С. 133–136.

4. Любимов В.Б. Определение устойчивости декоративных кустарников к загрязнению среды / В.Б. Любимов, Е.А. Логачёва. – VI Международная научно-практическая конференция «Экологическая безопасность региона». – Брянск, 2013. – С. 104–107.

5. Неверова О.А. Использование активности пероксидазы для оценки физиологического состояния древесных растений и качества атмосферного воздуха г. Кемерово / О.А. Неверова. – 2001. – С. 122–128.

6. Савич И.М. Peroksidazy – стрессовые белки растений / И.М. Савич // Успехи современной биологии. – 1989. – Т. 107, № 3. – С. 406–417.

7. Сарсенбаев К.Н. Влияние двуокиси серы на активность и компонентный состав свободных и связанных фракций пероксидазы проростков яровой пшеницы / К.Н. Сарсенбаев, Н.И. Мезенцева, Ф.А. Полимбетова // Физиология и биохимия культурных растений. – 1983. – Т. 15, № 1. – С. 51–55.

8. Davis B.J. Disc-electrophoresis. Method and application to human series hroteins //ann. New York Acad Sei. – 1964/–12. – № 4. – P. 404–427.

9. Zin E.N. Simple method for determining the relative activities of individual peroxidase isorimes in a tissue extract // Anal. Biochem. – 1973. – № 1. – P. 149–154.

10. Reisfeld R.A., Lewis U.I., Wiliams D.E. Disc-electrophoresis of basis proteins and peptides jn polyacrylamide gel //Nature. – 1962. – Т. 195, № 4838. – P. 281–283.

### References

1. Bojarkin A.N. Bystryj metod opredelenija aktivnosti peroksidazy / A.N. Bojarkin // Biohimija. 1961. Т. 16, no. 4. pp. 352–355.

2. Lebedeva O.V. Kineticheskoe izuchenie reakcii okislenija o-diazinidina perekisju vodoroda v prisutstvii peroksidazy iz hrena / O.V. Lebedeva, N.N. Ugarova, I.V. Berezin // Biohimija. 1977. Т. 42, no. 8. pp. 1372–1379.

3. Ljubimov V.B. Opredelenie ustojchivosti dekorativnyh kustarnikov k zagrazneniju po stepeni aktivnosti i transformacii rastitelnyh peroksidaz / V.B. Ljubimov, E.A. Logachjova. Brjansk: Vestnik RIO BGU, 2013. pp. 133–136.

4. Ljubimov V.B. Opredelenie ustojchivosti dekorativnyh kustarnikov k zagrazneniju sredy / V.B. Ljubimov, E.A. Logachjova. VI Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Jekologicheskaja bezopasnost regiona». Brjansk, 2013. pp. 104–107.

5. Neverova O.A. Ispolzovanie aktivnosti peroksidazy dlja ocenki fiziologicheskogo sostojanija drevesnyh rastenij i kachestva atmosfernogo vozduha g. Kemerovo / O.A. Neverova. 2001. pp. 122–128.

6. Savich I.M. Peroksidazy stressovye belki rastenij / I.M. Savich // Uspehi sovremennoj biologii. 1989. Т. 107, no. 3. pp. 406–417.

7. Sarsenbaev K.N. Vlijanie dvoukisi sery na aktivnost i komponentnyj sostav svobodnyh i svjazannyh frakcij peroksidazy prorstkov jarovoj pshenicy / K.N. Sarsenbaev, N.I. Mezenceva, F.A. Polimbetova // Fiziologija i biohimija kulturnyh rastenij. 1983. Т. 15, no. 1. pp. 51–55.

8. Davis B.J. Disc-electrophoresis. Method and application to human series hroteins //ann. New York Acad Sei. 1964/–12. no. 4. pp. 404–427.

9. Zin E.N. Simple method for determining the relative activities of individual peroxidase isorimes in a tissue extract // Anal. Biochem. 1973. no. 1. pp. 149–154.

10. Reisfeld R.A., Lewis U.I., Wiliams D.E. Disc-electrophoresis of basis proteins and peptides jn polyacrylamide gel // Nature. 1962. Т. 195, no. 4838. pp. 281–283.

### Рецензенты:

Зайцева Е.В., д.б.н., профессор, и.о. декана естественно-географического факультета, ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск;

Булохов А.Д., д.б.н., профессор, зав. кафедрой биологии естественно-географического факультета, ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск.

УДК 630.165.:630.174.754

## ПРОГНОЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В АРИДНОМ РЕГИОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

**Морозова Е.В., Иозус А.П.**

*Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: konvvert@yandex.ru*

В статье рассматривается использование математико-статистических методов для прогноза процесса роста, развития и возможного срока гибели сосновых насаждений на погребенных каштановых почвах в аридных условиях Нижнего Поволжья. В течение длительного периода времени осуществлялся мониторинг состояния сосновых насаждений Нижневолжской станции по селекции древесных пород ВНИАЛМИ. При помощи анализа временных рядов был выявлен тренд (тенденция) в данных, полученных при мониторинге. Были построены адекватные регрессионные модели тренда. Выявлена наиболее качественная из них – полиномиальная. При этом построенные модели подтверждают предположение, что сосновые насаждения посадки 1903–1914 гг. достигли предельного для данных условий возраста, биологический ресурс породы исчерпан. Сосновые насаждения в аридном регионе Нижнего Поволжья представляют лесоводческую, научную и рекреационную ценность в возрасте до 80–90 лет, после достижения данного возраста необходима их коренная реконструкция.

**Ключевые слова:** сосновые насаждения, аридный регион, долговечность, анализ временных рядов, тренд, регрессионная модель

## THE FORECAST OF LONGEVITY OF PINETUM IN THE ARID REGION OF THE LOWER VOLGA REGION ON THE BASIS OF MATHEMATICO-STATISTICAL METHODS

**Morozova E.V., Iozus A.P.**

*Reader of Kamyshev Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshev, e-mail: konvvert@yandex.ru*

The article discusses the use of mathematical-statistical methods for the prediction of the process of growth, development and eventual term of death of pinetum on the buried chestnut soils in the arid conditions the Lower Volga region. The monitoring of pine plantations of lower Volga station on selection of tree species of All-Russian scientific research Institute of agroforestry was carried out for a long period of time. Trend (tendency) was detected from monitoring data using time series analysis. Adequate regression models of trend were built. Polynomial model showed the most highest quality of them. In this case, the constructed models support the hypothesis that the pine plantations planting 1903–1914 gg. have reached the limit of age for the given conditions, biological resource of breed is exhausted. Pinetum has silvicultural, scientific and recreational value to the age of 80–90 years, after reaching this age need their radical reconstruction in the arid region of the Lower Volga region.

**Keywords:** pinetum, arid region, longevity, time-series analysis, trend, regression model

Мониторинговые исследования состояния соснового древостоя Нижневолжской станции ВНИАЛМИ начаты в 1992 году. Основанием послужило ускорение процесса усыхания сосновых насаждений 1903–1914 гг. посадки после засух 1991–1992 гг.

Процесс распада и усыхания деревьев активно пошел в 1992 году после исключительно сильной почвенно-атмосферной засухи, вызвавшей массовое усыхание сосновых насаждений и особенно тех их участков, которые ранее были пройдены низовыми пожарами.

В отдельных кварталах усыхание приняло массовый характер. Так, за 1991–1992 гг. выпало 20% деревьев в кварталах 13, 18. Часто выпады приурочены к прогалинам, полянам, другим открытым участкам.

В 1998 году процесс отпада резко усилился. Основной причиной послужила тяжелейшая засуха, повторявшаяся несколько лет

подряд и сопутствующие ей низовые пожары, которыми пройдено за последние годы 17 га из 98 га, а также массовое нападение на ослабленные деревья вторичных вредителей (вершинного короёда, шестизубчатого короёда, черного соснового усача), а также корневая гниль, вызванная, возможно, корневой губкой и опенком обыкновенным.

**Цель исследования** – изучение динамики роста и состояния соснового древостоя Нижневолжской станции на примере насаждений сосны квартала 13, заложенных в период 1903–1905 гг., как наиболее типичных для данных лесорастительных условий, погребенных на 30–60 см зональных каштановых почв.

### Результаты исследования и их обсуждение

В 1926, 1950, 1957 гг. данные насаждения обследовались С.М. Зепаловым [1].

В 1964 г. – В.Л. Казуровым [3], а в 1973 г. – лесоустроительной экспедицией «Леспроект» при проведении лесоустроительных работ [4], и далее, с 1992 по настоящее время – нами [2].

В 1992–1993 гг. проводилось детальное изучение данного квартала со сплошным пересчетом, фитопатологическим обследованием, взятием модельных деревьев, закладкой почвенных разрезов и др.

Как видно из таблицы, количество деревьев выдела площадью 3,5 га уменьшилось от 3382 в 1950 г., до 1269 в 1993 г. и до 178 в 2014 г. В период с 1973 по 1993 год количество деревьев уменьшилось почти вдвое. Особенно интенсивно в этот период процесс шел в 1991–1992 гг. В 1993 году он несколько замедлился. В основном усыхание шло по краю поляны, находящейся в центре квартала.

с более низкими таксационными характеристиками. При этом на фоне увеличения диаметра произошло снижение бонитета. Отсюда таксация древостоев на песчаных землях Юго-Востока требует несколько иных подходов, чем в зоне экологического оптимума [1]. В 1973, 1999, 2010 и 2014 гг. вслед за резким снижением числа деревьев снижается и полнота древостоя.

Наряду с климатическими характеристиками определяющее воздействие на рост и состояние древостоев оказывают и почвенные условия. Распределение корневых фракций на погребенных каштановых почвах широко не изучено, поэтому был проведен комплекс почвенных исследований с закладкой разрезов и определением содержания корней в монолите.

Изучение почвенного разреза в насаждении показало, что мощность песчаного

Состояние и рост сосновых насаждений посадки 1903–1905 гг. в период с 1950 по 2014 гг. (площадь выдела 3,5 га)

Год учета	Возраст культур, лет	Общее число деревьев, шт.	Распределение деревьев по состоянию, шт.			Высота, м	Диаметр, см	Полнота
			здоровые	суховершинные	сухие			
1950	47	3382	2613	437	332	14,0	18,05	0,8
1957	52	2927	2592	244	91	14,0	20,65	0,8
1964	61	2831	2190	630	11	15,2	20,0	0,8
1973	70	2530	2000	150	380	16,0	20,0	0,7
1992	89	1407	1340	–	67	16,5	27,2	0,7
1993	90	1269	1253	–	16	16,5	27,0	0,7
1999	96	577	471	–	106	16,5	33,0	0,3
2003	100	385	380	–	5	16,5	33,1	0,3
2004	101	385	378	2	5	16,5	33,1	0,3
2010	107	261	238	3	20	16,5	33,4	0,2
2014	111	178	165	7	6	17,1	34,5	0,1

В 1999 году засухи и пожары 1998 г. вызвали резкое ускорение процесса усыхания деревьев и распада насаждения. Количество деревьев выдела сократилось до 471, полнота до 0,3, что создало условия для массового проникновения под полог насаждения степной растительности и вторичных вредителей. Следующий пик снижения численности деревьев и полноты древостоя последовал после засухи и низовых пожаров 2010 года.

Снижение полноты, определяемой по отношению фактических сумм площадей поперечных сечений к табличным, с 1973 г. по 1993 г. было незначительным, что объясняется особенностями роста древостоя в условиях сухой степи. Отмечается небольшое увеличение высоты и диаметра насаждений. Это происходит за счет выпадения деревьев

наноса составляет 20 см, под ним залегают типичная каштановая легкосуглинистая почва с глубиной вскипания 78 см. В пределах 84-сантиметрового слоя почвы по весовой массе фракции крупных и мелких корней распределились поровну, что свидетельствует о сильном преобладании мелких корней, как по длине, так и по количеству. Наибольшая масса корней (по массе) сосредоточена в слое песчаного наноса (55,5%); второй максимум, хотя и менее выраженный, наблюдается в горизонте В. Некоторое накопление здесь корневой массы вызвано, по-видимому, вторичными причинами – низележащий карбонатный горизонт трудно проницаем для корней.

Таким образом, проведенные исследования, подтвержденные данными С.М. Зепалова [2], показывают, что основная мас-

са мелких корней сосредоточена в слое песчаного наноса в горизонте В. Отсюда подстилка и песчаный нанос являются основными источниками водного, азотного и зольного питания деревьев. Раскопка корневых систем также показала, что основная часть скелетных корней отходит от главного корня в пределах от 14 до 45 см. При сильных засухах, как, например в 1972, 1975, 1991, 1992, 1998, 1999, 2010 годах, происходит иссушение почвенного слоя с наибольшей корневой массой, что ведет к нарушению водного питания деревьев, расстройству и гибели отдельных деревьев и насаждений. В настоящее время в сосновых насаждениях Нижневожской станции по селекции древесных пород наиболее интенсивный отпад отмечен в старых кварталах 1902–1908 гг. посадки, которые в целом имеют схожие почвенно-экологические условия.

Агротехника создания и ухода за культурами также была примерно одинакова. Следовательно, можно предположить, что сосновые насаждения достигли предельного для данных условий возраста, биологический ресурс породы исчерпан, что и явилось причиной активизации процесса их естественного отпада. Причинами, ускорившими этот процесс, послужили возросшая антропогенная нагрузка, участвовавшие пожары и засухи. Возможно, что в кварталах, не затронутых пока массовыми отпадами, эти процессы активно пойдут через 3–5 лет. Положение усугубляется массовым проникновением степной растительности под полог древостоя, что ослабляет фитоценоз и ведет к нарушению сложившегося равновесия.

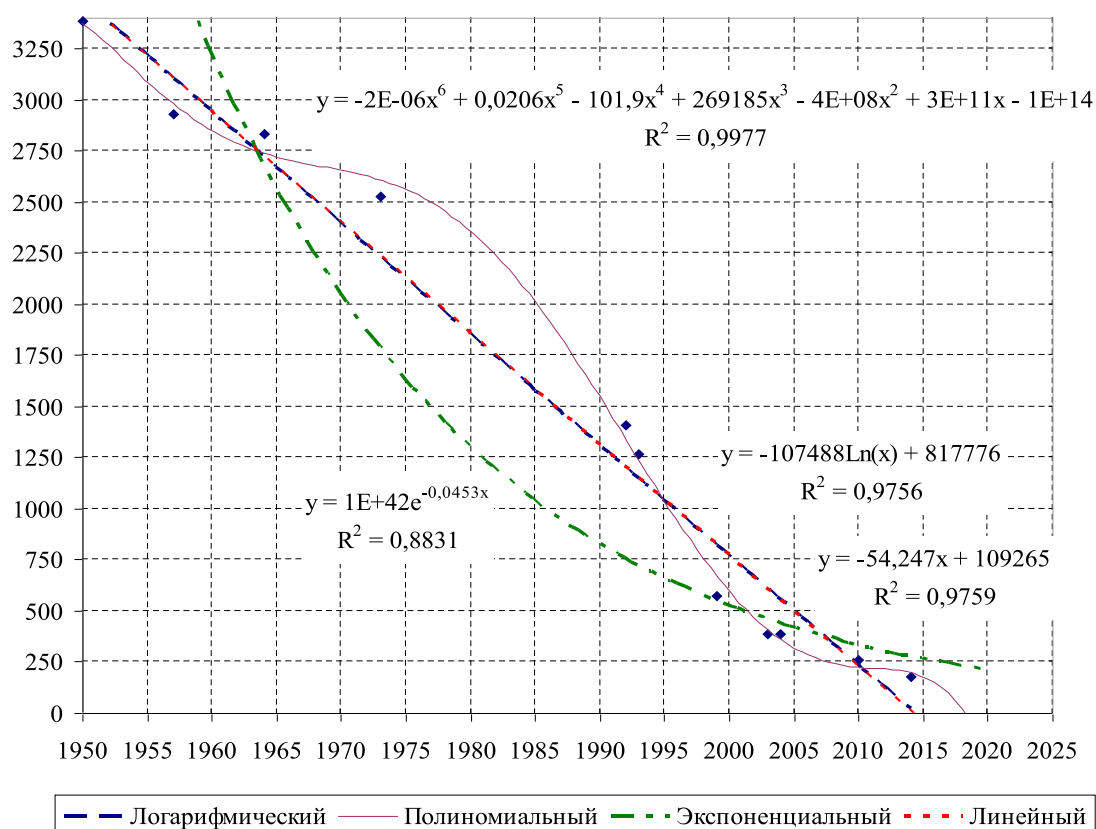
Для прогноза процесса роста, развития и гибели сосновых насаждений на погребенных каштановых почвах были использованы математико-статистические методы. При мониторинге выявлено (таблица), что с течением времени колебания численности антропогенной популяции сосновых насаждений становятся более резкими; это значит, что рассматриваемая система не имеет устойчивого стационарного состояния. Учитывая рекомендации [6], установили, что вероятность вырождения со временем увеличивается, стремясь в пределе к единице – популяция вероятностно неустойчива, т.е. достаточно длительное воздействие возмущений с большой вероятностью приведет к гибели сосновых насаждений.

Уровни временных рядов формируются под влиянием множества факторов. Одни из них действуют стабильно на протяжении длительного периода времени и фор-

мируют основную тенденцию временного ряда, которую называют трендом. Другие факторы циклические влияют на уровни ряда с определенной периодичностью. Влияние сезонных факторов может быть изучено, когда уровни ряда представлены внутригодичными данными. Случайные (нерегулярные) же факторы, вызванные непредвиденными событиями, действуют без определенной периодичности, они практически не поддаются изучению. На практике выделить основные факторы, влияющие на временной ряд, достаточно сложно, так как отдельные последующие значения временных рядов зависят от предыдущих. Поэтому неверно допускать, что факторы, влияющие на колебания уровней, независимы. Кроме того, статистическая совокупность, изучаемая в течение длительного периода, перестает быть такой же самой совокупностью, так как могут измениться основные факторы, влияющие на ее формирование. На основе анализа временного ряда – количество деревьев в сосновом насаждении – было выявлено влияние систематических (тренд, циклическая составляющая) и случайных факторов на значения данного временного ряда. При этом тренд представляет собой общую систематическую нелинейную тенденцию во времени, закономерно влияющую на уменьшение количества деревьев соснового насаждения, с одной стороны, и на увеличение количества погибших деревьев, с другой. Циклическая составляющая процесса роста, развития и гибели сосновых насаждений – это повторяющийся фактор, по нашему мнению, наиболее проявляется периодическими засухами, сопутствующими им низовыми пожарами, характерными для аридного региона Нижнего Поволжья.

Определение трендов временного ряда производилось на основе полученных при мониторинге данных и простейших регрессионных моделей, которые наилучшим образом отображают основную тенденцию развития временного ряда. Моделями, наиболее адекватно выражающими тенденцию развития в нашем случае, являются следующие: линейная и нелинейные (логарифмическая, экспоненциальная и полиномиальная 6-й степени) модели регрессии (рисунок).

Все построенные модели достаточно качественные (индексы детерминации этих моделей близки к 1). Линейная модель и логарифмическая по качеству практически равнозначны, что подтверждается как расчетными характеристиками, так и расположением графиков – они практически совпадают.



Корреляционное поле и тренд (основные виды моделей нелинейной регрессии)

Наиболее качественной из построенных моделей тренда является полиномиальная модель. Индекс детерминации  $R^2 = 0,998$  для этой модели статистически значим по критерию Фишера с доверительной вероятностью 0,99, он подтверждает качество подобранной модели тренда (расчетные значения близки к фактическим). Кроме того, индекс детерминации показывает, что на 99,8% изменение значений временного ряда обусловлено изменением фактора X – времени и на 0,2% – действием других факторов. На основе данной модели был сделан прогноз на ближайшие 10 лет. Модель свидетельствует, что к 2020 году от исследуемых насаждений практически ничего не останется (возможно, лишь единичные деревья). Данная тенденция прослеживается и на других построенных нами моделях. Это подтверждает предположение, высказанное выше, что сосновые насаждения достигли предельного для данных условий возраста, биологический ресурс породы исчерпан.

#### Заключение

Все построенные модели показывают, что в аридных условиях на погребенных

почвах причиной массового усыхания основных насаждений является комплекс факторов. Остановить этот процесс рядом лесоводческих и агротехнических мер не представляется возможным.

Таким образом, сосновые насаждения в аридном регионе Нижнего Поволжья представляют лесоводческую, научную и рекреационную ценность в возрасте до 80–90 лет, после достижения данного возраста необходима их коренная реконструкция (сплошная санитарная рубка, подготовка почвы с обязательным парованием, посадка новых культур сосны). Основываясь на объективных данных, необходимо разработать концепцию существования сосновых биогеоценозов в сухой степи. Данная концепция должна обосновать реализацию биологических ресурсов породы в данных условиях и определить тот предел по почвенным, лесорастительным, возрастным условиям, за которыми существование насаждения нецелесообразно с разных точек зрения. В перспективе, видимо, более целесообразно создание гетерогенных насаждений с включением других видов гибридов и форм сосны [5],

а также устойчивых и долговечных лиственных пород в виде кулис, что эффективно и в противопожарном отношении.

#### Список литературы

1. Зепалов С.М. О старейшей культуре сосны обыкновенной на Камышинском опытном пункте // Облесение и сельскохозяйственное освоение песчаных земель Юго-Востока: сб. науч. тр. – М., 1959. – С. 69–75.
2. Иозус А.П., Макаров В.М. Результаты векового опыта создания сосновых насаждений на погребенных песчаных почвах Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 6. – С. 72–74; URL: [www.science-education.ru/30-1142](http://www.science-education.ru/30-1142).
3. Казуров В.В. Научный отчет за 1964 г. «О причинах суховершинности сосны в Камышинском сосновом насаждении». – Камышин, 1964. – 44 с.
4. Материалы второй Воронежской экспедиции Всесоюзного объединения «Леспроект». – Воронеж, 1974. – 400 с.
5. Морозова Е.В., Иозус А.П., Зеленьяк А.К. Опыт применения эколого-генетического анализа при селекции сосен на устойчивость и долговечность в сухой степи Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; URL: [www.science-education.ru/118-14315](http://www.science-education.ru/118-14315).
6. Свирезhev Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

#### References

1. Zepalov S.M. O starejshej kulture sosny obyknovennoj na Kamyshinskom opytном пункте // Oblesenie i selskohozja-

jstvennoe osvoenie peschanyh zemel Jugo-Vostoka: sb. науч. tr. М., 1959. pp. 69–75.

2. Iozus A.P., Makarov V.M. Rezultaty vekovogo opyta sozdaniya sosnovyh nasazhdenij na pogrebennyh peschanyh pochvah Nizhnego Povolzhja // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2008. no. 6. pp. 72–74; URL: [www.science-education.ru/30-1142](http://www.science-education.ru/30-1142).
3. Kazurov V.V. Nauchnyj otchet za 1964 g. «O prichinah suhovershinnosti sosny v Kamyshinskom sosnovom nasazhdenii». Kamyshin, 1964. 44 p.
4. Materialy vtoroj Voronezhskoj jekspedicii Vsesojuznogo obedinenija «Lesproekt». Voronezh, 1974. 400 p.
5. Morozova E.V., Iozus A.P., Zelenjak A.K. Opyt primeneniya jekologo-geneticheskogo analiza pri selekcii sosen na ustojchivost i dolgovechnost v suhoj stepi Nizhnego Povolzhja // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 4; URL: [www.science-education.ru/118-14315](http://www.science-education.ru/118-14315).
6. Svirezhev Ju.M., Logofet D.O. Ustojchivost biologicheskikh soobshhestv. М.: Nauka, 1978. 352 p.

#### Рецензенты:

Васильев Ю.И., д.с.-х.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник Всероссийского НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград;

Рулев А.С., д.с.-х.н., заместитель директора по науке Всероссийского НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград.

УДК 57.053; 57.054; 57.085

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОРЕГУЛЯТОРОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПЕЧЕНИ И СЫВОРОТКИ КРОВИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ, НА РАЗВИТИЕ ФИБРОЗА ПЕЧЕНИ МЫШИ

<sup>1</sup>Налобин Д.С., <sup>2</sup>Мальцев Д.И., <sup>2</sup>Ильина А.П., <sup>2</sup>Краснов М.С., <sup>1</sup>Алипкина С.И.,  
<sup>3</sup>Сырчина М.С., <sup>3</sup>Рыбакова Е.Ю., <sup>3</sup>Ямскова В.П., <sup>2</sup>Ямсков И.А.

<sup>1</sup>Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва,  
e-mail: Denis.Nalobin@gmail.com;

<sup>2</sup>ФГБУН Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова» РАН, Москва;

<sup>3</sup>ФГБУН Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова» РАН, Москва

Поиск новых путей терапии заболеваний печени остается актуальной проблемой биологии и медицины на сегодняшний день. В настоящей работе были исследованы два пептидно-белковых комплекса, принадлежащих к группе мембранотропных гомеостатических тканеспецифических биорегуляторов, выделенных из печени и сыворотки крови млекопитающих. Представлена краткая характеристика физико-химических свойств данных комплексов: состав пептидов и белков, входящих в данные комплексы, исследование их вторичной структуры, образование ими наноразмерных частиц в растворе. На модели  $CCl_4$  индуцированного фиброза печени мыши было исследовано протекторное действие изучаемых комплексов. Показано, что биорегулятор, выделенный из сыворотки крови, не проявлял гепатопротекторную активность, а биорегулятор, выделенный из печени, на фоне токсического повреждения печени мыши снижал темпы развития индуцированного фиброза.

**Ключевые слова:** биорегуляторы, печень, сыворотка крови, фиброз, цирроз, гепатопротекторы

## INFLUENCE OF BIOREGULATORS ISOLATED FROM MAMMALIAN LIVER AND SERUM ON MOUSE LIVER FIBROSIS

<sup>1</sup>Nalobin D.S., <sup>2</sup>Maltsev D.I., <sup>2</sup>Irina A.P., <sup>2</sup>Krasnov M.S., <sup>1</sup>Alipkina S.I., <sup>3</sup>Syrchina M.S.,  
<sup>3</sup>Rybakova E.Y., <sup>3</sup>Yamskova V.P., <sup>2</sup>Yamakov I.A.

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: Denis.Nalobin@gmail.com;

<sup>2</sup>A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of Russian Academy of Sciences, Moscow;

<sup>3</sup>Koltsov Institute of Developmental Biology of Russian Academy of Sciences, Moscow

Search for new treatments of liver diseases remains an urgent problem in biology and medicine today. In this study two peptide-protein complexes, belonging to the group membranotropic homeostatic tissue-specific bioregulators, isolated from liver and serum of mammals were investigated. A brief description of the physicochemical properties of these complexes: the composition of peptides and proteins included in the data complexes, the study of the secondary structure, the formation of nano-sized particles in the solution. On the model of  $CCl_4$  induced hepatic fibrosis in mice were investigated protective effect of the studied complexes. We demonstrated, that bioregulator isolated from serum did not show hepatoprotective activity and bioregulator isolated from liver reduced progression of induced liver fibrosis in mice.

**Keywords:** bioregulators, liver, blood serum, fibrosis, cirrhosis, hepatoprotectors

Процессы восстановления в печени у млекопитающих часто протекают по механизму заместительной или атипичной регенерации, которая также именуется фиброзом. Она сопровождается замещением функциональной ткани соединительнотканными волокнами. Фиброз возникает в ответ на повреждение печени и обратим лишь на начальных этапах. На заключительных этапах фиброз является причиной 90% летальных исходов при хронических заболеваниях печени. В связи с этим поиск путей терапии фиброза печени является актуальной медицинской и социальной проблемой [8].

Структурные изменения в печени начинаются с изменения состава и чрезмерного накопления белков внеклеточного матрикса (ВКМ). Например, формирование фиброзных септ обусловлено увеличением син-

теза коллагена, в основном клетками Ито, и связано с активацией клеток Купфера, которые усиливают экспрессию фибриногенных цитокинов и факторов роста. Активация звездчатых клеток приводит к накоплению соединительнотканного матрикса, что влечет за собой потерю микроворсинок гепатоцитами и нарушение их функции. Фиброгенез характеризуется угнетением ВКМ-деградирующих ферментов – матриксных металлопротеиназ. Таким образом, при фиброзе происходит функциональное изменение практически всех клеточных популяций печени [10, 12].

Для моделирования фиброза печени в эксперименте применяют четыреххлористый углерод ( $CCl_4$ ), который, действуя специфически на гепатоциты, вызывает их некроз и жировую дистрофию [13, 15].



Существует несколько подходов к терапии фиброза печени: лечение основного заболевания, ослабление воспалительного и иммунного ответа, торможение активации клеток Купфера, нейтрализация ответа звездчатых клеток, стимуляция апоптоза звездчатых клеток, усиление деградации ВКМ [8].

Ранее была изучена группа мембранотропных гомеостатических тканеспецифических биорегуляторов (МГТБ), которые в сверхмалых дозах оказывали влияние на восстановительные процессы в различных тканях [5]. Эти биологически активные вещества были выделены в отдельную группу на основании общности физико-химических свойств и характера биологического действия. Они характеризуется наличием тканевой, но не видовой специфичности и представляют собой пептидно-белковые комплексы, локализованные внеклеточно. Было показано, что МГТБ могут влиять практически на все биологические процессы: адгезия, миграция, направленность и темп дифференцировки, апоптоз клеток, а также они способны стимулировать клеточные источники регенерации, таким образом восстанавливая нормальные функцию и строение поврежденной ткани [5].

Целью данной работы явилось изучение влияния МГТБ, выделенных из печени и сыворотки крови млекопитающих на регенерацию печени мыши на фоне ее токсического повреждения  $CCl_4$ . В работе описана характеристика двух пептидно-белковых комплексов – МГТБ, выделенных из сыворотки крови и печени млекопитающих, а также было изучено их влияние на развитие индуцированного фиброза печени у мышей.

### Материалы и методы исследования

Для выделения биорегулятора из печени использовали крыс Wistar обоего пола, весом 220–260 г. Содержание и манипуляции с животными проводили в соответствии с директивой 86/609/ЕЕС по обращению человека с лабораторными животными. После декапитации животных под эфирным наркозом печень перфузировали через портальную вену 10 мл раствора Рингера ( $0,15\text{ M NaCl}$ ;  $1\text{ mM CaCl}_2$ ;  $5\text{ mM KCl}$ ;  $1\text{ mM HEPES}$ ), удаляя основную массу крови. Печень извлекали, разрезали на фрагменты размером приблизительно  $1,5\text{--}2,0\text{ см}^3$  и помещали на  $2\text{--}2,5\text{ ч}$  в р-р Рингера при  $4\text{--}8\text{ }^\circ\text{C}$ . Тканевой экстракт центрифугировали и далее осаждали белки сульфатом аммония (Реахим, Россия). Биорегулятор сыворотки крови получали из сыворотки крови крупного рогатого скота (БиолоГ, Россия).

К сыворотке крови и экстракту печени крыс добавляли при перемешивании сульфат аммония ( $780\text{ г/л}$ ), образовавшийся раствор оставляли на 5 суток при  $4\text{ }^\circ\text{C}$ , центрифугировали ( $12000\text{ g}$ ;  $30\text{ мин}$ ), супернатанты и осадки собирали отдельно и диализовали против воды до полного удаления следов соли.

Фракции супернатантов концентрировали в вакуумном роторном испарителе при  $40\text{ }^\circ\text{C}$ .

Электрофорез в  $12,5\%$ -м полиакриламидном геле проводили в денатурирующих условиях по методу Лэмли (толщина геля –  $0,75\text{ мм}$ , размер  $8 \times 10\text{ см}$ ). Окрашивание гелей проводили с помощью красителя Кумасси G-250 (Sigma, Германия) [11].

Исследование пептидно-белковых комплексов осуществляли на времяпролетном MALDI-TOF масс-спектрометре UltraFlex 2 (Bruker, Германия), оснащенном азотным лазером  $337\text{ нм}$  с частотой импульса до  $20\text{ Гц}$ . Все измерения проводили в линейном и рефлекторном режиме, определяя положительные ионы. Для накопления масс-спектров мощность лазерного излучения устанавливали на уровне минимального порогового значения, достаточного для десорбции-ионизации образца. Внешнюю калибровку проводили с использованием точных значений молекулярных масс известных белков. Образец наносили на три ячейки планшета, для каждой из которых записывали спектр, полученный в результате суммирования 10 серий спектров по 50 импульсов лазера для каждой. Для записи, обработки и анализа масс-спектров использовали программное обеспечение (Bruker, Германия): flexControl 2.4 (Build 38) и flexAnalysis 2.4 (Build 11). Точность измерения масс составляла  $\pm 2\text{ Да}$ . В качестве матрицы использовали насыщенный раствор  $\alpha$ -циано-4-гидроксикоричной кислоты (Sigma, Германия) в смеси  $50\%$ -го ацетонитрила и  $2,5\%$ -й трифторуксусной кислоты. Все использованные реактивы, включая воду, были аналитической или специальной для масс-спектрометрии чистоты.

Подготовка образцов, содержащих белки-модуляторы, для масс-спектрометрии проводилась следующим образом: на мишени смешивали по  $0,5\text{ мкл}$  раствора образца и раствора  $2,5$ -дигидроксибензойной кислоты (Sigma, Германия)  $20\text{ мг/мл}$  в  $20\%$ -м ацетонитриле в воде с  $0,5\%$  ТФУ, полученную смесь высушивали на воздухе.

Масс-спектры были получены на MALDI-времяпролетном масс-спектрометре Ultraflex II (Bruker, Германия), оснащенном УФ-лазером (Nd) в режиме положительных ионов с использованием рефлектрона и в тандемном режиме (MS/MS); точность измеренных масс после докалибровки по пикам автолиза трипсина составляла  $0,005\%$  ( $50\text{ ppm}$ ), точность измеренных моноизотопных масс фрагментов была в пределах  $2\text{ Да}$ .

Триптический гидролиз белка в полиакриламидном геле проводили следующим образом: кусочек геля размером около  $2 \times 2\text{ мм}$  дважды промывали для удаления красителя в  $100\text{ мкл}$   $40\%$ -го раствора ацетонитрила в  $0,1\text{ M NH}_4\text{HCO}_3$  в течение  $20\text{ мин}$  при комнатной температуре. После удаления раствора для дегидратации геля добавляли  $100\text{ мкл}$  ацетонитрила. Удалив ацетонитрил и высушив кусочек геля, прибавляли к нему  $4\text{ мкл}$  раствора модифицированного трипсина (Promega, США) в  $0,05\text{ M NH}_4\text{HCO}_3$  с концентрацией  $15\text{ мкг/мл}$ . Гидролиз проводили в течение  $18\text{ ч}$  при  $37\text{ }^\circ\text{C}$ , затем к раствору добавляли  $7\text{ мкл}$   $0,5\%$  ТФУ в  $10\%$ -м растворе ацетонитрила в воде и тщательно перемешивали. Раствор, образующийся над гелем, использовали для получения MALDI-масс-спектров.

Идентификацию белков осуществляли при помощи программы Mascot ([www.matrixscience.com](http://www.matrixscience.com)). Поиск проводился в базе данных NCBI среди белков всех организмов с указанной точностью с учетом воз-

возможного окисления метионинов кислородом воздуха и возможной модификации цистеинов акриламидом. Кандидатные белки, имеющие параметр достоверности score > 83 в базе данных NCBI считали определенными надежно ( $p < 0,05$ ).

Эксперименты по определению гидродинамического радиуса частиц в растворах комплексов выполняли методом динамического рассеяния света на приборе PhotoCorr Complex (ФотоКор, Россия), снабженном автоматическим гониометром, мультывременным коррелятором реального времени PhotoCorr-FC и гелий-неоновым лазером Uniphase 1135P мощностью 20 мВт ( $\lambda = 633$  нм) в качестве источника света. Измерения проводили при угле рассеяния  $90^\circ$  и температуре  $25^\circ\text{C}$ . Пыль из растворов удаляли фильтрованием через мембраны Millex-GV с диаметром пор 0,22 мкм (Millipore, Германия).

Спектры кругового дихроизма в УФ-области (195–260 нм) снимали на КД-спектрометре Jasco 720 (Япония) при  $20^\circ\text{C}$  в кварцевых кюветках с длиной оптического пути 1 мм. Скорость сканирования составила 50 нм/мин, шаг – 1 нм, накопление каждого шага – 2 сек. Концентрация исследуемого белка в водном растворе составляла 100 мкг/мл. Итоговый спектр получали по результатам усреднения данных трех сканирований и вычитания спектра базовой линии (контроля). Содержание элементов вторичной структуры оценивали с помощью программы CDNN (Applied Photophysics, Великобритания)

Фиброз печени индуцировали с помощью регулярного внутрибрюшинного введения  $\text{CCl}_4$  в количестве 1 мкл/г веса животного в 30%-м растворе персикового масла согласно стандартным методикам [7]. Инъекции проводили в течение 60 дней дважды в неделю.

В эксперименте использовали мышей-самцов гибридов (F1: C57Bl/СВА) в возрасте двух месяцев. Содержание и манипуляции с животными проводили в соответствии с директивой 86/609/ЕЕС по обращению человека с лабораторными животными. В эксперименте использовали 6 групп животных: мыши, получавшие внутрибрюшинные инъекции  $\text{CCl}_4$  (ООО «Компонент-реактив», Россия) – 1 мкл/г в виде 30% масляного раствора (персиковое масло, ГаленоФарм) 2 раза в неделю (группа № 1); мыши, получавшие внутрибрюшинные инъекции  $\text{CCl}_4$  и питьевой раствор биорегулятора, выделенного из печени крыс, в концентрации, соответствующей  $10^{-12}$  мг белка/мл (группа № 2); мыши, получавшие внутрибрюшинные инъекции  $\text{CCl}_4$  и питьевой раствор биорегулятора, выделенного из сыворотки крови крупного рогатого скота, в концентрации, соответствующей  $10^{-12}$  мг белка/мл (группа № 3); мыши, получавшие внутрибрюшинные инъекции  $\text{CCl}_4$  и Эссенциале Форте (Sanofi-Aventis, Франция) в виде питьевой раствора в концентрации 1,5 мг/мл, согласно рекомендации производителя (группа № 4); интактный контроль (группа № 5); мыши, получавшие внутрибрюшинные инъекции масла (группа № 6). Общее количество мышей в каждой экспериментальной группе было 10 голов.

Растворы биорегуляторов приготавливали путем последовательного 10-кратного разбавления исходного комплекса с концентрацией 0,1 мг/мл. Концентрацию белка в исходном комплексе определяли спектрофотометрически [1].

Для проведения гистологического исследования печени мыши проводили забор биологического материала до начала эксперимента (контроль), на 30-

и 60-е сутки эксперимента. Животных выводили из эксперимента следующим образом: после предварительной наркотизации проводили дислокацию шейных позвонков. Забор гистологического материала проводили от всех долей печени, фиксировали в ФСУ (формалин (Serva, Германия): спирт (Serva, Германия): уксусная кислота (Serva, Германия), в соотношении 9:6:1). Дальнейшую обработку материала проводили по стандартной методике. Окраску полученных срезов проводили по сложному многокрасочному методу Маллори (Serva, Германия), позволяющему специфично окрасить коллаген. Полученные гистологические препараты анализировали с использованием световой микроскопии на микроскопе Leica DM RXA2 (Leica, Германия).

Для проведения качественной оценки степени развития фиброза использовали шкалу METAVIR. Оценка проводится по развитию септ в порто-портальном и порто-центральных направлениях (F-fibrosis; F0-F4): F0 – фиброз отсутствует; F1 – звездчатое расширение портальных трактов без образования септ; F2 – расширение портальных трактов с единичными порто-портальными септами; F3 – многочисленные порто-портальные септы без цирроза; F4 – цирроз (формирование ложных долек) [2].

### Результаты исследования и их обсуждение

В настоящей работе были изучены 2 представителя группы МГТБ, представляющие собой пептидно-белковые комплексы фракций супернатантов, полученные из сыворотки крови и экстракта печени. Согласно разработанному подходу [5] исследуемые комплексы были охарактеризованы с помощью ряда физико-химических и биологических методов. Было показано, что в данных комплексах присутствуют как биологически активные пептиды, так и белки, модулирующие их активность – белки-модуляторы.

Методом электрофореза в полиакриламидном геле было показано, что в обоих комплексах присутствуют белки, с мол. массами приблизительно 66000 Да, которые соответствуют сывороточному альбумину (рис. 1).

Ранее было показано, что белком-модулятором для биорегулятора, выделенного из сыворотки крови, является изоформа сывороточного альбумина, молекулярная масса которого составила 67855 Да [3]. Молекулярная масса зрелого сывороточного альбумина быка составляет 66397 Да. Использование алгоритма *PROPSEARCH* (база данных SwissProt) показало, что белок-модулятор сыворотки крови относится к группе преальбуминов сыворотки крови млекопитающих. Физиологическая функция преальбуминов до сих пор остается недостаточно ясной [6]. При «созревании» молекулы бычьего сывороточного альбумина происходит протеолитическое отщепление фрагмента из 23 аминокислотных остатков с N-концевой части молекулы преаль-

бумина. Молекула преальбумина обладает сформировавшейся вторичной структурой, которая характеризуется высоким содержанием  $\alpha$ -спиралей (около 80%). Высокое содержание  $\alpha$ -спиралей (79%) было выявлено и в структуре молекулы модулятора сывороточного и печеночного биорегулятора методом кругового дихроизма: на это указывало наличие характерных минимумов при длинах волн 208 и 222 нм, соответственно [9]. Также вторичная структура белка-модулятора представлена  $\beta$  – складчатой структурой (2%) и статистическим клубком (19%).

Ранние данные по результатам секвенирования показали, что N-концевая аминокислотная последовательность молекулы сывороточного модулятора содержит 10 аминокислотных остатков и отличается от N-концевого мотива молекулы бычьего сывороточного альбумина: Ала-Про-Лиз-Лиз-Сер-Глу-Иле-Ала-Лей-Фен [3].

Для более точного определения молекулярных масс изоформ сывороточного альбумина в комплексе супернатанта печени был применен метод масс-спектрометрии после предварительного проведения триптического гидролиза. Расчетная молекулярная масса, согласно пептидам триптического гидролизата для изоформы сывороточного альбумина, выделенного из печени составила 68674 Да. В базе данных uniprot название белка gi|55628 соответствует белку семей-

ства сывороточных альбуминов, находится в плазме крови *rattus norvegicus*. Соответственно, исходя из этого, белки-модуляторы, полученные из сыворотки крови и печени представляют собой малоизученные изоформы сывороточного альбумина.

Исследование комплексов фракций супернатантов печени и сыворотки крови методом MALDI-TOF масс-спектрометрии показало, что в них присутствуют небольшие пептиды (таблица).

Исследование комплексов фракций супернатантов печени и сыворотки крови методом кругового дихроизма показало преобладание во вторичной структуре изучаемых комплексов  $\beta$ -структур и статистического клубка (таблица).

Исходя из данных метода кругового дихроизма, наличие незначительного количества спиралей указывает на присутствие в комплексах небольшого количества изоформ альбумина. Методом лазерного динамического светорассеяния было показано наличие крупных наноразмерных частиц в водных растворах МГТБ печени ( $100 \pm 4,6$  нм) и сыворотки крови ( $62,05 \pm 3,0$  нм) соответственно.

Далее оба МГТБ исследовали на модели индуцированного фиброза у млекопитающих. Исследование показало, что МГТБ, выделенные из печени и сыворотки крови, по-разному влияют на его развитие.

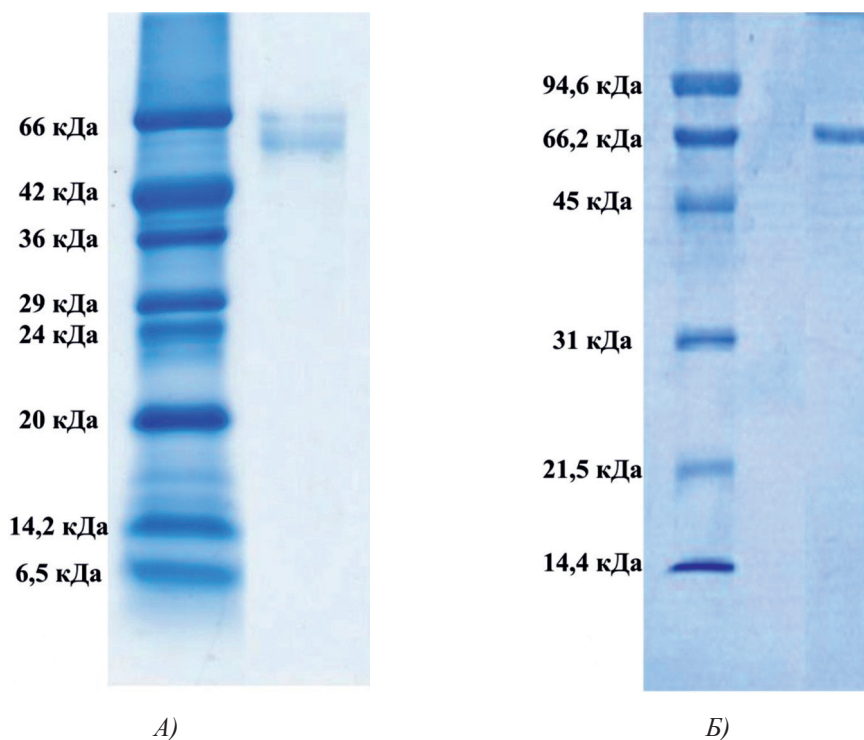
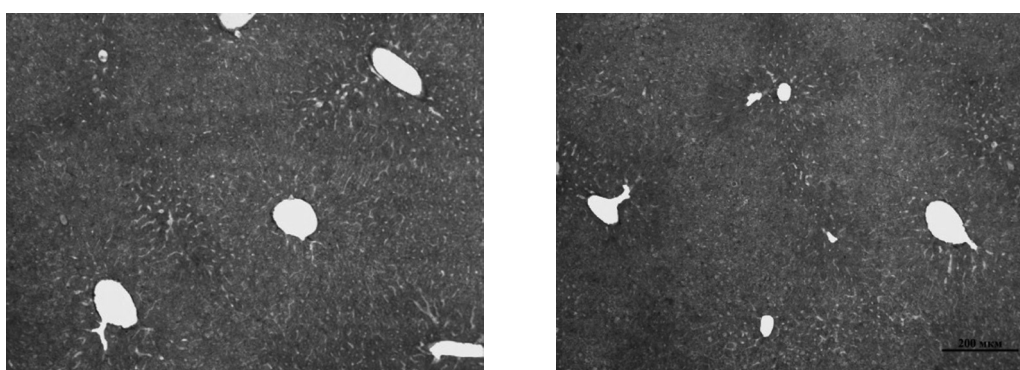


Рис. 1. Электрофорез в 12,5-м% полиакриламидном геле комплекса супернатанта тканевого экстракта печени крысы (А), комплекса супернатанта сыворотки крови (Б)

## Физико-химические свойства исследуемых комплексов

Название комплекса	Молекулярные ионы (m/z)	Элементы вторичной структуры				Статистический клубок
		$\alpha$ -спираль	$\beta$ -структуры			
			Антипараллельные складки	Параллельные складки	$\beta$ -изгибы	
Комплекс супернатанта сыворотки крови	1132, 1338, 1447, 1498, 1627, 1665, 1794, 2430, 2553, 2592, 2619, 2755, 2943, 2961, 3108	$8,0 \pm 0,5$	$40,0 \pm 0,5$	$2,0 \pm 0,5$	$18,0 \pm 0,5$	$33,0 \pm 0,5$
Комплекс супернатанта экстракта печени крыс	1510, 1677, 1734, 1871, 1996, 2215, 2299, 2908, 3007, 3640	$5,0 \pm 0,4$	$55,3 \pm 2,6$	$2,4 \pm 0,4$	$17,3 \pm 1,0$	$19,8 \pm 2,4$



А)

Б)

Рис. 2. Состояние ткани печени контрольных мышей. А – интактный контроль (группа № 5); Б – группа мышей, получавших внутрибрюшинные инъекции масла в течение 60 дней (группа № 6); окраска по методу Маллори. Увеличение 100х

Проведенный анализ гистологической картины ткани печени показал, что на протяжении всего эксперимента не было выявлено различий между интактным контролем (группа № 5) и группой, получавшей инъекции масла без  $CCl_4$  (группа № 6) (рис. 2).

На 30-е сутки эксперимента в группе мышей с индуцированным фиброзом (группа № 1) нам удалось выявить очаги коллагеновых тяжей в области портальных трактов. Тяжи коллагена начинают распространяться по периферии дольки печени, образуя множественные порто-портальные септы. В периферических областях дольки коллагеновых волокон не было обнаружено. Такая гистологическая картина соответствует стадии F2-F3 по шкале METAVIR. Аналогичная картина была выявлена в группах мышей с индуцированным фиброзом, получавших с питьевой водой биорегулятор, выделенный из сыворотки крови (группа № 3), и Эссенциале Форте (группа № 4) (рис. 3). В контрольной группе (группа № 5) животных такой картины отмечено не было (рис. 2).

На 30-е сутки эксперимента в группе мышей с индуцированным фиброзом, полу-

чавших с питьевой водой МГТБ, выделенный из печени (группа № 2), были выявлены очаги коллагеновых тяжей и единичные порто-портальные септы. Такая гистологическая картина соответствует стадии F2 по шкале METAVIR (рис. 3).

На 60-е сутки эксперимента анализ гистологической картины показал, что в группе мышей с индуцированным фиброзом (группа № 1) на многих участках паренхимы печени произошло объединение порто-портальных септ, образовались порто-портальные мосты, и видны единичные участки в области центральных вен дольки, где начинает образовываться коллаген. Такая картина соответствует стадии F3 по шкале METAVIR. Аналогичная картина была выявлена в группах мышей с индуцированным фиброзом, получавших с питьевой водой биорегулятор, выделенный из сыворотки крови (группа № 3), и Эссенциале Форте (группа № 4) (рис. 4). В контрольной группе животных таких изменений не наблюдалось, гистологическая картина была аналогична таковой на 30-е сутки эксперимента (рис. 2).

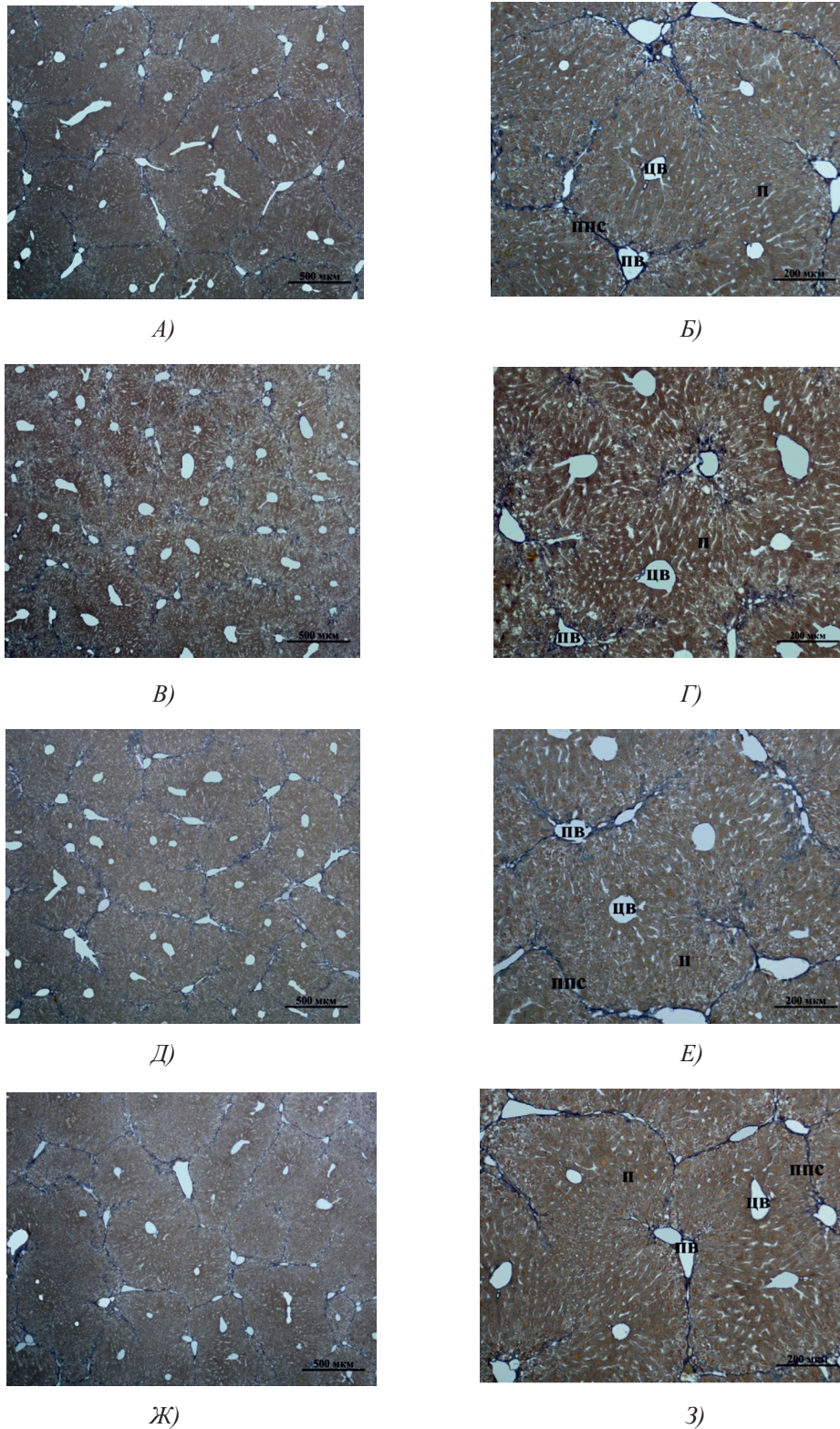


Рис. 3. Состояние ткани печени мыши на 30-е сутки эксперимента. Окраска по методу Маллори. А, Б – группа мышей с индуцированным фиброзом (группа № 1); В, Г – группа мышей с индуцированным фиброзом, получавшая питьевой раствор МГТБ, выделенного из печени (группа № 2); Д, Е – группа мышей с индуцированным фиброзом, получавшая питьевой раствор МГТБ, выделенного из сыворотки крови (группа № 3); Ж, З – группа мышей с индуцированным фиброзом, получавшая раствор препарата Эссенциале Форте (группа № 4). Окраска по методу Маллори. А, В, Д, Ж – увеличение 40х; Б, Г, Е, З – увеличение 100х; пв – портальная вена, ппс – порто-портальная септа, п – паренхима

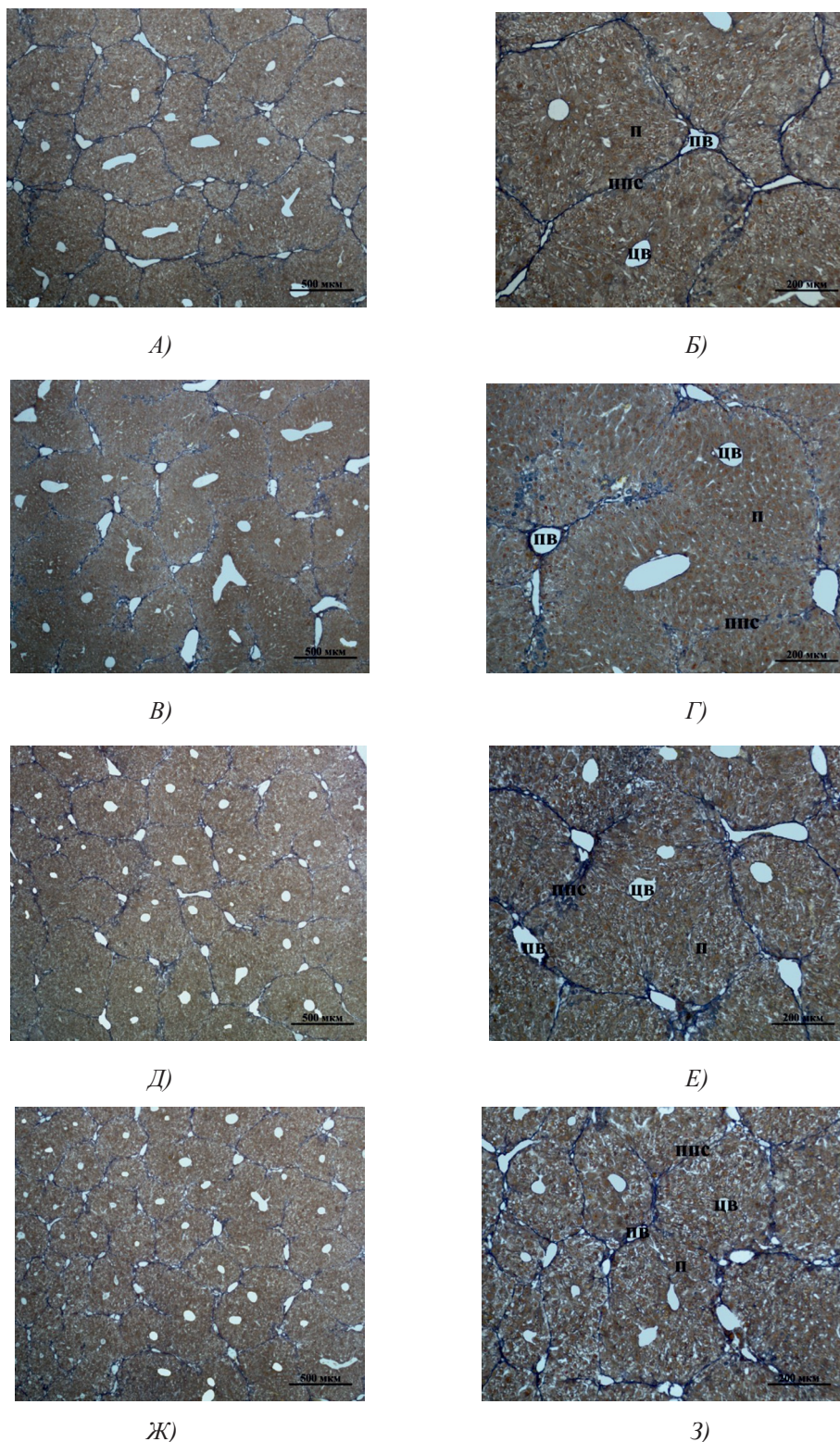


Рис. 4. Состояние ткани печени мыши на 60-е сутки эксперимента. А, Б – группа мышей с индуцированным фиброзом (группа № 1); В, Г – группа мышей с индуцированным фиброзом, получавшая питьевой раствор МГТБ, выделенного из печени (группа № 2); Д, Е – группа мышей с индуцированным фиброзом, получавшая питьевой раствор МГТБ, выделенного из сыворотки крови (группа № 3); Ж, З – Группа мышей с индуцированным фиброзом, получавшая раствор препарата Эссенциале Форте (группа № 4). Окраска по методу Маллори. А, В, Д, Ж – увеличение 40х; Б, Г, Е, З – увеличение 100х; пв – портальная вена, цв – центральная вена, ппс – порто-портальная септа, п – паренхима

На 60-е сутки эксперимента в группе мышей с индуцированным фиброзом, получавших с питьевой водой МГТБ, выделенный из печени (группа № 2), были выявлены множественные порто-портальные септы, которые, однако, практически не образовывали порто-портальные мосты. В областях центральных вен долек коллагеновых волокон выявлено не было. Такая гистологическая картина соответствует стадии F2-F3 по шкале METAVIR (рис. 4).

Ранее на модели роллерного органотипического культивирования печени тритонов было показано, что МГТБ сыворотки крови стимулировал митозы соединительнотканых клеток. Очевидно, данный МГТБ способен поддерживать процессы кроветворения в капсулярной области печени амфибий [4].

В настоящем исследовании было показано, что МГТБ, выделенный из сыворотки крови, не проявлял гепатопротекторную активность. Это можно объяснить тем, что у тритонов, в отличие от млекопитающих, во взрослом состоянии продолжается кроветворение в печени. Поскольку исследуемые биорегуляторы обладают тканеспецифичным действием, то, соответственно, он влиял на клетки кроветворения у тритона, но не влиял на клетки паренхимы печени у мыши.

Ранее было показано, что, в отличие от МГТБ сыворотки крови, МГТБ печени активировал меланомакрофаги и угнетал процессы кроветворения в печени амфибий [4]. Согласно литературным источникам, эти клетки являются рекрутированными макрофагами, относящимися к мононуклеарно-фагоцитарной системе, способны автономно синтезировать меланин [14]. Суммируя представленные литературные данные, а также результаты исследования специфической активности МГТБ печени, можно предположить, что он проявлял гепатопротекторное свойство [4].

Результаты проведенного исследования подтвердили это предположение. В данной работе было показано, что при пероральном приеме МГТБ, выделенного из печени, на фоне токсического повреждения печени мыши снижаются темпы развития фиброза.

Гепатопротекторное действие МГТБ, выделенного из печени, можно объяснить его действием на клеточные источники регенерации в данной ткани, поскольку для МГТБ, выделенных из других тканей, была продемонстрирована способность МГТБ стимулировать процессы восстановления и репарации в патологически измененных тканях [5].

## Заключение

Таким образом, исходя из данных исследования обоих биорегуляторов (МГТБ), показано, что они присутствуют в растворе в виде наноразмерных пептидно-белковых комплексов.

На модели  $CCl_4$  индуцированного фиброза печени мыши изучено протекторное действие исследуемых комплексов. Показано, что биорегулятор, выделенный из сыворотки крови, не проявлял гепатопротекторную активность, а биорегулятор, выделенный из печени, снижал темпы развития фиброза на фоне токсического повреждения печени мыши.

## Список литературы

1. Дарбре А. Практическая химия белка. – М.: Мир, 1989. – С. 300–302.
2. Ивкова А.Н., Никитин И.Г., Сторожаков Г.И. Фиброз печени: от теории – к практике // Лечебное дело. – 2003. – № 1. – С. 60–70.
3. Ямска В.П., Рыбакова Е.Ю., Виноградов А.А., Вечеркин В.В., Ямсков И.А. Исследование белка-инактиватора адгезивного гликопротеина из сыворотки крови млекопитающих // Прикладная биохимия и микробиология. – 2004. – Т. 40, № 4. – С. 407–413.
4. Ямска В.П., Борисенко А.В., Краснов М.С., Ильина А.П., Рыбакова Е.Ю., Мальцев Д.И., Ямсков И.А. Влияние биорегуляторов, выделенных из печени, сыворотки крови и желчи млекопитающих, на состояние ткани печени тритона при органотипическом культивировании // Клеточные технологии в биологии и медицине. – 2010. – № 3. – С. 156–164.
5. Ямска В.П., Краснов М.С., Ямсков И.А. Новые экспериментальные и теоретические аспекты в биорегуляции. Механизм действия мембранотропных гомеостатических тканеспецифических биорегуляторов // Saarbrücken: Lambert Academic Publishing. – 2012. – P. 136.
6. Brown J.R. Structural origins of mammalian albumin // Fed. Proc. – 1976. – Vol. 35, № 10. – P. 2141–2144.
7. Chang J.B., Wu M.F., Yang Y.Y., Leu S.J., Chen Y.L., Yu C.S., Yu C.C., Chang S.J., Lu H.F., Chung J.G. Carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity and its amelioration by *Agaricus blazei* Murrill extract in a mouse model // In Vivo. – 2011. – Vol. 25, № 6. – P. 971–976.
8. Friedman S.L. Hepatic fibrosis – overview // Toxicology. – 2008. – Vol. 254, № 3. – P. 120–129.
9. Greenfield N., Fasman G.D. Computed circular dichroism spectra for the evaluation of protein conformation // *Biochemistry*. – 1969. – Vol. 8, № 10. – P. 4108–4116.
10. Hernandez-Gea V., Friedman S.L. Pathogenesis of liver fibrosis // Annu. Rev. Pathol. – 2011. – Vol. 6. – P. 425–456.
11. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 // *Nature*. – 1970. – Vol. 227. – P. 680–685.
12. Lee U.E., Friedman S.L. Mechanisms of hepatic fibrogenesis // Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol. – 2011. – Vol. 25, № 2. – P. 195–206.
13. Shiryayeva A., Baidyuk E., Arkadieva A., Okovityy S., Morozov V., Sakuta G. Hepatocyte mitochondrion electron-transport chain alterations in  $CCl_4$  and alcohol induced hepatitis in rats and their correction with simvastatin // *J Bioenerg Biomembr*. – 2008. – Vol. 40, № 1. – P. 27–34.
14. Sichel G., Scalia M., Corsaro C. Amphibia Kupffer cells // *Microsc Res Tech*. – 2002. – Vol. 57, № 6. – P. 477–490.
15. Takahashi S., Hirose M., Tamano S., Ozaki M., Orita S., Ito T., Takeuchi M., Ochi H., Fukada S., Kasai H.,

Shirai T. Immunohistochemical detection of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine in paraffin-embedded sections of rat liver after carbon tetrachloride treatment // *Toxicologic Pathology*. – 1998. – Vol. 26. № 2. – P. 247–252.

### References

1. Darbre A. *Prakticheskaja himija belka* [Practical protein chemistry] Moscow, Mir, 1989, pp. 300–302.
2. Ivkova A.N., Nikitin I.G., Storozhakov G.I. *Lechebnoe delo*, 2003, no. 1, pp. 60–70.
3. Jamskova V.P., Rybakova E.Ju., Vinogradov A.A., Vecherkin V.V., Jamskov I.A. *Prikladnaja biohimija i mikrobiologija*, 2004, V. 40, no. 4, pp. 407–413.
4. Jamskova V.P., Borisenko A.V., Krasnov M.S., Il'ina A.P., Rybakova E.Ju., Mal'cev D.I., Jamskov I.A. *Kletochnye tehnologii v biologii i medicine*, 2010, no. 3, pp. 156–164.
5. Jamskova V.P., Krasnov M.S., Jamskov I.A. *Novye jeksperimental'nye i teoreticheskie aspekty v bioreguljacii. Mehanizm dejstvija membranotropnyh gomeostaticeskikh tkanespecificeskikh bioreguljatorov* [New experimental and theoretical aspects of bioregulation. Mechanism of action of membratotropic homeostatic tissue-specific bioregulators] Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012, 136 p.
6. Brown J.R. *Fed. Proc.*, 1976, Vol. 35, no. 10, pp. 2141–2144.
7. Chang J.B., Wu M.F., Yang Y.Y., Leu S.J., Chen Y.L., Yu C.S., Yu C.C., Chang S.J., Lu H.F., Chung J.G. *In Vivo*, 2011, Vol. 25, no. 6, pp. 971–976.
8. Friedman S.L. *Toxicology*, 2008, Vol. 254, no. 3, pp. 120–129.
9. Greenfield N., Fasman G.D. *Biochemistry*, 1969, Vol. 8, no. 10, pp. 4108–4116.
10. Hernandez-Gea V., Friedman S.L. *Annu. Rev. Pathol.*, 2011, Vol. 6, pp. 425–456.
11. Laemmli U.K. *Nature*, 1970, Vol. 227, pp. 680–685.
12. Lee U.E., Friedman S.L. *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.*, 2011, Vol. 25, no. 2, pp. 195–206.
13. Shiryayeva A., Baidyuk E., Arkadieva A., Okovityy S., Morozov V., Sakuta G. *J Bioenerg Biomembr.*, 2008, Vol. 40, no. 1, pp. 27–34.
14. Sichel G., Scalia M., Corsaro C. *Microsc Res Tech.*, 2002, Vol. 57, no. 6, pp. 477–490.
15. Takahashi S., Hirose M., Tamano S., Ozaki M., Oriata S., Ito T., Takeuchi M., Ochi H., Fukada S., Kasai H., Shirai T. *Toxicologic Pathology*, 1998, Vol. 26, no. 2, pp. 247–252.

### Рецензенты:

Александрова М.А., д.б.н., заведующий лабораторией экспериментальной нейробиологии ФГБУН «Института биологии развития им. Н.К. Кольцова» РАН, г. Москва;

Шарова Н.П., д.б.н., заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией биохимии процессов онтогенеза ФГБУН «Института биологии развития им. Н.К. Кольцова» РАН, г. Москва.



УДК 618.1-006-018:612.015.1

## ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА У БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ СОЧЕТАНИИ С МИОМОЙ МАТКИ

**Франциянц Е.М., Верескунова М.И., Кечеджиева Э.Э., Кечеджиева С.М., Черярина Н.Д.**  
 ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт» Минздрава России,  
 Ростов-на-Дону, e-mail: super.gormon@yandex.ru

Изучены некоторые показатели метаболического синдрома у женщин с патологией рака молочной железы и сочетанной патологией рака молочной железы и миомы матки постменопаузального и перименопаузального периодов. Выявлено, что у больных раком молочной железы в самостоятельном варианте имеются нарушения в антропометрических показателях и липидном спектре сыворотки крови (абдоминальное ожирение, изменение липидограммы крови, повышенный уровень натощак глюкозы и инсулина, свидетельствующий о наличии инсулинорезистентности, сочетание соматической патологии с преобладанием артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца), тогда как у женщин с сочетанной патологией (рак молочной железы и миома матки) ни антропометрические показатели, ни данные липидного обмена не выходили за пределы нормативных значений. Однако на основании выявленных принципиальных отличий метаболического фона пока нельзя дать однозначного ответа на вопрос: являются ли пременопаузальный и постменопаузальный рак разными заболеваниями или одной болезнью.

**Ключевые слова:** рак молочной железы в сочетании с миомой матки, метаболический синдром

## MANIFESTATIONS OF METABOLIC SYNDROME IN PATIENTS WITH BREAST CANCER WHEN COMBINED WITH UTERINE MYOMA

**Francijanc E.M., Vereskunova M.I., Kechedzhieva E.E., Kechedzhieva S.M., Cherjarina N.D.**  
 FSBI «Rostov research Institute of Oncology» of the Ministry of health of Russia, Rostov-on-Don,  
 e-mail: super.gormon@yandex.ru

Studied some parameters of metabolic syndrome in women with pathology of breast cancer and combined pathology of breast cancer and uterine fibroids postmenopausal and perimenopausal periods. The results revealed that patients with breast cancer have an independent form violations in anthropometric indices and lipid spectrum of blood serum (abdominal obesity, changes of blood lipids, elevated levels of fasting glucose and insulin levels, indicating the presence of insulin resistance, a combination of somatic pathology with a prevalence of arterial hypertension and ischemic heart disease), whereas in women with combined pathology (breast cancer and uterine cancer) none of the anthropometric indicators, no data of lipid metabolism were within normative values. However, based on the identified fundamental differences in the metabolic background while it is impossible to give a definite answer to the question are premenopausal and postmenopausal cancer different diseases or one disease.

**Keywords:** breast cancer in combination with uterine cancer, metabolic syndrome

Частота рака молочной железы имеет два пика – это 45–50 лет и свыше 55 лет, т.е. периоды перименопаузы и постменопаузы. Это в свое время послужило основанием для предположения о двух типах рака, соответствующих этим периодам. А различная реакция на эстрогены при этих двух типах рака молочной железы поставила вопрос: пременопаузальный и постменопаузальный рак – одна болезнь или две? И при таком разграничении неизбежно возникает другой вопрос: имеется ли два типа метаболического фона, на котором они возникают [4]? В 90-е годы XX столетия в онкологии прочно завоевала место концепция «метаболического синдрома», в истории формирования которой особую значимость имели исследования В.М. Дильмана и Я.В. Бохмана. Именно они впервые указали на тесную взаимосвязь метаболического синдрома, как маркера внегонадного стероидогенеза, и рака органов репродуктивной системы.

Вместе с тем конкретизация клинических и метаболических нарушений, как проявлений метаболического синдрома

при раке органов репродуктивной системы, в настоящее время не завершена.

К сегодняшнему моменту нет единого мнения о первопричине возникновения метаболического синдрома – является ли это состояние предопределенным генетически или развивается исключительно вследствие воздействия факторов внешней среды [6].

Ряд исследователей полагает, что развитие метаболического синдрома обусловлено существованием одного или группы взаимодействующих между собой генов, которые могут одновременно стимулировать развитие всех компонентов синдрома [2]. Общепринятой считается патогенетическая модель, принятая в 1999 году на симпозиуме, посвященном метаболическому синдрому, одновременно учитывающая и влияние генетических факторов (олиго- и полигенное) и воздействие среды [9]. Комплекс причин: генетические дефекты, средовые влияния – в итоге реализуется в развитии ключевого патогенеза метаболического синдрома, причиной которого, наряду с перечисленными факторами, могут быть гормональные и метаболические нарушения [7].

В процессе старения в организме закономерно происходит увеличение содержания жира вне зависимости от того, наблюдается или не наблюдается увеличение массы тела. Возрастное ожирение связано не только и не столько с нарушением регуляции аппетита, сколько с существенными нарушениями в энергетическом обмене, которые и создают условия для повышенного накопления жира даже при сбалансированном по калорийности питании. В результате регуляторный тип ожирения дополняется метаболическим типом ожирения. Этот процесс имеет фундаментальное значение не только для механизма формирования ожирения, но и детерминированных с ним болезней. С точки зрения гормонзависимых опухолей, какими считается рак молочной железы, особую значимость приобретает феномен увеличения при ожирении биотрансформации андростендиона в эстрон. Таким образом, увеличение индекса массы тела в постменопаузе становится фактором риска чрезмерной продукции эстрогена, а отсюда и такого метаболита, как 16 $\alpha$ -гидроксистерон [1].

Очевидно одно, формируется убедительная точка зрения в отношении возрастающего онкологического риска у женщин постменопаузального периода в связи с метаболическим синдромом.

Мы не встретили исследований, посвященных изучению показателей, формирующих метаболический синдром, конкретно у женщин постменопаузального или перименопаузального возраста. А это, с нашей точки зрения, актуально для выяснения патогенеза гиперпластических процессов в органах женской репродуктивной системы.

**Целью** настоящей работы явилось изучение некоторых параметров организма, характеризующих метаболический синдром, у больных раком молочной железы в самостоятельном варианте и при сочетании с миомой матки.

#### Материалы и методы исследования

Контрольную группу составили 37 больных раком молочной железы. Медиана возраста составила  $58,3 \pm 1,8$ . Основную группу составили 36 женщин, имеющих сочетанную патологию: рак молочной железы и сопутствующую миому матки. Медиана возраста в основной группе составила  $52,3 \pm 2,1$ . У 24 больных контрольной группы и 25 женщин основной установлена II (А и В) стадия рака молочной железы, III А стадию рака имели соответственно 13 и 11 больных. В качестве группы сравнения была обследована 21 условно здоровая женщина соответствующей возрастной группы.

Содержание глюкозы, общего холестерина (ОХС), холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП) и триглицеридов (ТГ) в сыворотке крови, полученной натощак после 14-часового голодания, определяли ферментативным методом с помо-

щью стандартных наборов «Ольвекс-диагностикум» (С.-Петербург). Расчетным путем вычисляли концентрацию холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП) по формуле

$$\text{ХС-ЛПНП (ммоль/л)} = \text{ОХС} - (\text{ТГ} : 2,2 + \text{ХС-ЛПВП}).$$

Инсулин определяли с помощью ИФА. Индекс массы тела рассчитывали по формуле: вес в кг, деленный на квадрат роста в м.

Статистический анализ результатов проводили с помощью пакета Statistica (версия 8). Оценка достоверности произведена с использованием t-критерия Стьюдента. Уровень  $P < 0,05$  принимали как значимый.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты некоторых антропометрических данных больных контрольной и основной групп представлены в табл. 1.

Найдено, что в контрольной группе 23 больных (62,2%) имели повышенный на 39,4% относительно показателя у здоровых доноров индекс массы тела, и только у 14 (37,8%) больных этот показатель находился в пределах возрастной нормы. При изучении показателя отношения объема талии и бедер (ОТ/ОБ), который у этих больных превышал нормативные значения на 26,7%, было установлено, что женщины страдали абдоминальным (висцеральным) типом ожирения. У 26 (70,3%) больных имело место наличие артериальной гипертензии, причем у 11 больных этот диагноз был зафиксирован в истории болезни, а 15 женщин к врачу по этому поводу не обращались и лечение проводили периодически самостоятельно.

В отличие от больных контрольной группы, 32 (88,9%) женщины с сочетанной патологией (рак молочной железы и миома матки) имели антропометрические показатели, не выходящие за пределы нормативных показателей. Только у 4 (11,1%) больных индекс массы тела превышал значения здоровых доноров на 23,9%.

Соотношение объема талии и бедер (ОТ/ОБ), которое у этих больных превышало нормативные значения лишь на 13,3%, не могло свидетельствовать об абдоминальном (висцеральном) типе ожирения у этих женщин. В данном случае могла идти речь только об ожирении 2 степени.

Наличие нестойкой артериальной гипертензии зафиксировано у 12 (33,3%) из обследованных больных основной группы, которое связывали с возникновением перименопаузы. Женщины отмечали периодические подъемы давления, часто связываемые с изменением погоды или стрессорным состоянием. Однако ни одна из этих больных основной группы не состояла на учете у терапевта по поводу гипертонии.

Результаты изучения липидного спектра сыворотки крови больных представлены в табл. 2.

Оказалось, что у всех женщин контрольной группы имело место нарушение липидного обмена. Так, уровень общего холестерина в крови больных раком молочной железы при самостоятельном варианте развития был повышен на 34,9%, триглицеридов – на 38,5%, уровень липопротеидов низкой плотности – 37% при уменьшении на 43,8% содержания в крови липопротеидов высокой плотности. Уровень глюкозы у этих больных натощак превышал верхнюю границу нормы у 27 из 37 (73%) больных раком молочной железы. Содержание инсулина в крови натощак было повышено у 22 (59,5%) больных контрольной группы. Вместе с тем диагноз сахарного диабета был зафиксирован в истории болезни только у 9 (24,3%) из обследованных женщин.

Ни у одной из обследованных больных основной группы не обнаружено состояния дислипидемии, а также толерантности к глюкозе и инсулинорезистентности (табл. 2).

**Заключение**

Совокупность выявленных нарушений липидного обмена у большинства женщин контрольной группы, абдоминальное ожирение, повышенный уровень натощак глюкозы и инсулина, свидетельствующий о наличии инсулинорезистентности, сочетание соматической патологии с преобладанием артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца позволили нам сделать вывод о наличии практически у 2/3 больных раком молочной железы признаков метаболического синдрома.

Метаболический синдром определяется как комплекс метаболических, гормональных и клинических нарушений, являющихся факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [5]. Кроме того, у боль-

ных с метаболическим синдромом отмечают предрасположенность к развитию ряда других состояний, включая сахарный диабет 2 типа и некоторые формы рака [10]. Практически все составляющие метаболического синдрома: абдоминально-висцеральное ожирение, дислипидемия, нарушение толерантности к глюкозе, атеросклероз/ишемическая болезнь сердца (ИБС), нарушение гемостаза, микроальбуминурия, гиперандрогения – являются установленными факторами риска развития этих заболеваний [3]. Всероссийским научным обществом кардиологов для диагностики метаболического синдрома были приняты критерии американской программы Adult Treatment Panel III (АТР III) [7]. Согласно этому документу для установления диагноза метаболического синдрома необходимо наличие трех или более из шести нижеперечисленных критериев:

- гипергликемия натощак: уровень глюкозы натощак  $\geq 6,1$  ммоль/л;
- абдоминальное ожирение: ОТ  $> 102$  см для мужчин и  $> 88$  см для женщин;
- гипертриглицеридемия: уровень ТГ плазмы крови  $\geq 1,7$  ммоль/л;
- низкий уровень холестерина ЛПВП  $< 1,04$  ммоль/л для мужчин и  $< 1,3$  ммоль/л для женщин;
- АД  $\geq 130/85$  мм рт. ст.
- инсулинорезистентность.

Таким образом, на основании нашего исследования можно выделить пять компонентов, входящих в состав метаболического синдрома, являющихся фоном развития рака молочной железы и, вероятно, связанных с повышенным риском развития рака молочной железы у постменопаузальных больных контрольной группы. Вместе с тем мы не обнаружили ни одного из указанных факторов у больных основной группы, большинство из которых находилось в состоянии перименопаузы.

**Таблица 1**

Антропометрическая характеристика больных и показатели артериального давления

Группы	ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	ОТ (см)	ОБ (см)	ОТ/ОБ	АД сист. (мм рт.ст.)	АД диаст. (мм рт.ст.)
Здоровые доноры (n = 21)	26,4 ± 0,8	85,4 ± 1,6	112,7 ± 2,4	0,75 ± 0,06	121,1 ± 1,4	78,3 ± 2,2
Больные контрольной группы (n = 37)	36,8 ± 3,7 <sup>1</sup>	121,6 ± 4,7 <sup>1</sup>	134,1 ± 2,7 <sup>1</sup>	0,95 ± 0,04 <sup>1</sup>	162,2 ± 10,3	97,8 ± 4,1
	26,6 ± 1,2 (n = 14)	87,5 ± 2,1 (n = 14)	110,1 ± 1,4 (n = 14)	0,79 ± 0,03 (n = 14)	120,9 ± 10,3 (n = 11)	85,5 ± 7,2 (n = 11)
Больные основной группы (n = 36)	32,7 ± 2,5 <sup>1</sup>	109,3 ± 1,9 <sup>1</sup>	127,1 ± 1,8 <sup>1</sup>	0,85 ± 0,06 <sup>1</sup>	142,2 ± 7,5	90,8 ± 5,1
	25,2 ± 2,1 (n = 32)	84,7 ± 2,3 (n = 14)	114,2 ± 1,5 (n = 32)	0,74 ± 0,1 (n = 32)	121,1 ± 8,3 (n = 24)	78,5 ± 7,2 (n = 24)

Примечание. <sup>1</sup> – достоверно по отношению к группе здоровых доноров (P < 0,05); ИМТ – индекс массы тела; ОТ – объем талии; ОБ – объем бедер.

Таблица 2

Показатели липидного спектра крови и уровня глюкозы у больных контрольной и основной групп

Группы	ОХС (ммоль/л)	ТГ (ммоль/л)	ЛПНП (ммоль/л)	ЛПВП (ммоль/л)	Глюкоза натощак (ммоль/л)	Инсулин натощак (ммоль/л)
Здоровые доноры	4,3 ± 0,2	1,3 ± 0,1	2,7 ± 0,1	1,6 ± 0,08	4,5 ± 0,3	5,2 ± 0,4
Больные контрольной группы	5,8 ± 0,2 <sup>1</sup>	1,8 ± 0,1 <sup>1</sup>	3,7 ± 0,2 <sup>1</sup>	0,9 ± 0,06 <sup>1</sup>	6,4 ± 0,2 <sup>1</sup> (n = 27)	12,7 ± 2,3 <sup>1</sup> (n = 22)
Больные основной группы	4,1 ± 0,2	1,4 ± 0,1	2,6 ± 0,2	1,7 ± 0,05	3,5 ± 0,3	6,1 ± 0,5

Примечание. <sup>1</sup> – достоверно по отношению к группе здоровых доноров (P < 0,05); ОХС – общий холестерин сыворотки крови; ТГ – триглицериды; ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; ЛПВП – липопротеиды высокой плотности.

Являются ли полученные нами результаты ответом на вопрос: пременопаузальный и постменопаузальный рак – одна болезнь или две? На первый взгляд, естественно, являются, так как выявлены принципиальные отличия метаболического фона. С другой стороны, наличие метаболического синдрома у большинства женщин контрольной группы и отсутствие признаков такового у больных основной группы может свидетельствовать о наличии двух типов метаболического фона, на котором возникает самостоятельно развивающийся рак молочной железы и рак молочной железы в сочетании с гиперпластическим процессом в матке.

Очевидно, с позиций приведенных показателей нецелесообразно делать серьезные выводы, так как понятие метаболического синдрома включает значительно более широкий спектр составляющих [8].

#### Список литературы

1. Ашрафян Л.А., Харченко Н.В., Степанова Е.В., Бабаева Н.А., Ивашина С.В., Саратян А.А. / Рак вульвы: этиопатогенетическая концепция. <http://www.rosoncweb.ru/congress/ru/09/24.htm>.
2. Бойцов С.А., Голощапов А.В. Связь основных параметров метаболического сердечно-сосудистого синдрома со степенью нарушения углеводного обмена и выраженностью абдоминального ожирения у мужчин. // Артериальная гипертензия. – 2003. – Т. 9, № 2. – С. 32–39.
3. Бутрова С.А. Метаболический синдром: патогенез, клиника, диагностика, подходы к лечению // Русский медицинский журнал. – 2001. – Т. 9, № 2. – С. 56–60.
4. Дильман В.М. Эндокринологическая онкология. – Ленинград: Медицина, 1983. – 408 с.
5. Казека Г.Р. Метаболический синдром. «Врачебный практикум». – Новосибирск, 2002. – 50 с.
6. Перова Н.В., Метельская В.А., Мамедов М.Н., Оганов Р.Г. Методы раннего выявления и коррекции метаболического синдрома // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2001. – Т. 4 (1). – С. 18–31.
7. Ройдберг Г.Е. Метаболический синдром. – М.: МЕД – пресс-информ, 2007. – 224 с.
8. Ружаткина Л.А., Ружаткин Д.С. Интегральный сердечно-сосудистый риск: метаболический синдром и дисфункция щитовидной железы // Сибирское медицинское обозрение. – 2010. – № 4 (64). – С. 11–16.
9. Borch-Johnsen K. The new classification of diabetes mellitus and IGT: a critical approach // Exp Clin Endocrinol Diabetes. – 2001. – Vol. 109. Suppl 2. – P. 86–93.

10. Grundy S., Brewer H., Cleeman J. et al. For the Conference participants. Definition of metabolic syndrome. / Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute / American Heart Association Conference on Scientific Issues Related to Definition. Circulation. – 2004. – Vol. 109. – P. 433–438.

#### References

1. Ashrafjan L.A., Harchenko N.V., Stepanova E.V., Babaeva N.A., Ivashina S.V., Saratjan A.A. / Rak vulvy: jetiopatogeneticheskaja koncepcija. <http://www.rosoncweb.ru/congress/ru/09/24.htm>.
2. Bojcov S.A., Goloshhapov A.V. Svjaz osnovnyh parametrov metabolicheskogo serdechno-sosudistogo sindroma so stepenju narusheniya uglevodnogo obmena i vyrazhennostju abdominalnogo ozhireniya u muzhchin. // Arterialnaja gipertenzija. 2003. T. 9, no. 2. pp. 32–39.
3. Butrova S.A. Metabolicheskij sindrom: patogenez, klinika, diagnostika, podhody k lecheniju // Russkij medicinskij zhurnal. 2001. T. 9, no. 2. pp. 56–60.
4. Dilman V.M. Jendokrinologicheskaja onkologija. Leningrad: Medicina, 1983. 408 p.
5. Kazeka G.R. Metabolicheskij sindrom. «Vrachebnij praktikum». Novosibirsk, 2002. 50 p.
6. Perova N.V., Metelskaja V.A., Mamedov M.N., Oganov R.G. Metody rannego vyjavlenija i korekcii metabolicheskogo sindroma // Profilaktika zaboolevanij i ukreplenie zdorovja. 2001. T. 4 (1). pp. 18–31.
7. Roidberg G.E. Metabolicheskij sindrom. M.: MED press-inform, 2007. 224 p.
8. Rujatkina L.A., Rujatkin D.S. Integralnyj serdechno-sosudistyj risk: metabolicheskij sindrom i disfunkcija shhitovidnoj zhelezy // Sibirskoe medicinskoe obozrenie. 2010. no. 4 (64). pp. 11–16.
9. Borch-Johnsen K. The new classification of diabetes mellitus and IGT: a critical approach // Exp Clin Endocrinol Diabetes. 2001. Vol. 109. Suppl 2. pp. 86–93.
10. Grundy S., Brewer H., Cleeman J. et al. For the Conference participants. Definition of metabolic syndrome. / Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute / American Heart Association Conference on Scientific Issues Related to Definition. Circulation. 2004. Vol. 109. pp. 433–438.

#### Рецензенты:

Непомнящая Е.М., д.м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории иммунофенотипирования опухолей, ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт» МЗ РФ, г. Ростов-на-Дону;

Шихлярова А.И., д.б.н., профессор, зав. лабораторией изыскания новых противоопухолевых средств, ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону.

УДК 61.575

## АНЕУПЛОИДИЯ ХРОМОСОМЫ 21 ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА

<sup>1,2,3</sup>Юров И.Ю., <sup>1,2,4</sup>Ворсанова С.Г., <sup>1,2,4</sup>Зеленова М.А., <sup>1,2,4</sup>Юров Ю.Б.

<sup>1</sup>ФГБНУ «Научный центр психического здоровья», Москва;

<sup>2</sup>Обособленное структурное подразделение ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова «Научно-исследовательский клинический институт педиатрии» Минздрава России, Москва;

<sup>3</sup>ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования», Москва;

<sup>4</sup>ГБОУ ВПО «Московский городской психолого-педагогический университет», Москва,  
e-mail: ivan.iourov@gmail.com

Многочисленные исследования показывают, что анеуплоидии хромосом приводят к заболеваниям, характеризующимся нарушением нервно-психического развития. Однако ученые отмечают трудности в воспроизводимости и анализе информации при изучении связи различных анеуплоидий с тем или иным заболеванием. Предположительной причиной этого может являться то, что большинство исследований проводятся на клетках крови, тогда как в последнее время было показано, что повышенный уровень анеуплоидии по определенным хромосомам обнаруживается в клетках головного мозга пациентов с нервными и психическими заболеваниями. Высоковероятно, что повышенный уровень анеуплоидии разных хромосом связан с функциональными нарушениями работы головного мозга. Однако для подтверждения такого предположения необходимо рассматривать каждую хромосому в отдельности, как у пациентов с болезнями мозга, так и в норме, для определения вклада анеуплоидии отдельных хромосом в патогенез заболевания. В наших исследованиях была изучена анеуплоидия хромосомы 21, имеющая наиболее явные фенотипические проявления при выявлении в клетках крови. Исследования головного мозга индивидуумов без признаков нервных и психических заболеваний позволили определить средний уровень анеуплоидии для этой хромосомы. Изучение индивидуумов с болезнями мозга выявило повышение уровня анеуплоидии хромосомы 21 в головном мозге у взрослых с болезнью Альцгеймера, в некоторых случаях до 20 раз. Необходимо отметить, что у индивидуумов с синдромом Дауна, или трисомией хромосомы 21, к определенному возрасту развиваются признаки нейродегенерации, характерные для болезни Альцгеймера. В работах различных авторов, включая наши исследования, показано, что существуют клинические проявления повышенного уровня анеуплоидии определенных хромосом в клетках головного мозга. Это является основанием для дополнительных исследований анеуплоидии отдельных хромосом в клетках головного мозга пациентов с нервными и психическими заболеваниями и в контрольных группах.

**Ключевые слова:** анеуплоидия, хромосома 21, заболевания головного мозга, мозаицизм

## ANEUPLOIDY OF CHROMOSOME 21 IN BRAIN DISORDERS

<sup>1,2,3</sup>Yurov I.Y., <sup>1,2,4</sup>Vorsanova S.G., <sup>1,2,4</sup>Zelenova M.A., <sup>1,2,4</sup>Yurov Y.B.

<sup>1</sup>National Research Center of Mental Health, Moscow;

<sup>2</sup>Research and Clinical Institute for Pediatrics at the Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health, Moscow;

<sup>3</sup>Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Health, Moscow;

<sup>4</sup>Moscow State University of Psychology and Education, Moscow,  
e-mail: ivan.iourov@gmail.com;

Numerous studies have shown that aneuploidy leads to various diseases featured by abnormal brain functioning and development. However, current research points out the difficulty in reproducibility of data on genetic variation manifested as aneuploidy associated with a particular disease. This phenomenon may occur because the majority of studies are limited to analysis of blood, whereas it has been repeatedly shown that increased levels of chromosome-specific aneuploidy are found exclusively in the diseased brain. Increased levels of aneuploidy are apparently associated with various functional brain disorders. In order to verify the assumption each chromosome must be considered separately, as in patients with brain diseases as in healthy individuals, for estimating the contribution of each chromosome to the pathogenesis of the disease. To confirm this hypothesis, we examined the aneuploidy of chromosome 21, which has the striking phenotypic consequences if detected in blood cells. A research, performed on brain samples of individuals without neurological and psychiatric disorders allowed to determine the background level of aneuploidy for this chromosome. Studies of patients with brain disorders showed that chromosome 21 aneuploidy affects specifically the cortex and cerebellum of patients with Alzheimer's disease and is increased, up to 20 times in some cases. It is to note that individuals with Down syndrome, or trisomy of chromosome 21, usually develop Alzheimer's neurodegeneration at certain age. A series of data, including our own research, show the presence of increased levels of aneuploidy of different chromosomes in the brain associated with clinical manifestations, which can form the basis for further study of chromosome-specific aneuploidy in the brain in health and disease.

**Keywords:** aneuploidy, chromosome 21, brain disorders, mosaicism

Различные формы численных и структурных аномалий хромосом (геномных вариаций), были уже неоднократно ассоциированы с нарушениями психики [1–7, 22–27,

33, 39, 46–48]. В случаях таких социально значимых заболеваний, как идиопатические формы умственной отсталости и аутизма, а также при шизофрении, геномные вари-

ации обнаруживаются в 30–50%, 5–40% и 1–10% случаев соответственно [3, 4, 39, 47, 51]. Численные аномалии хромосом, или анеуплоидия, как правило, являются маркерами патологических состояний и довольно часто несовместимы с жизнью [1, 43–45]. Анеуплоидия, которой предшествует каскад аномальных митотических делений, также обнаруживается практически при всех онкологических заболеваниях [1, 9, 23]. Более того, нарушение функционирования аппарата митотического деления, вероятно, ассоциировано со старением [9, 53]. Анеуплоидия аутосом является одной из наиболее частых форм численных хромосомных аномалий, выявляемых в материале спонтанных аборт и у мертворожденных детей. Частота хромосомных аномалий, обнаруживаемых в спонтанных абортусах, была оценена как 50–70% [44, 45]. Регулярные формы таких хромосомных аберраций являются результатом нерасхождения хромосом в мейозе, что ведет к появлению гамет с аномальным хромосомным набором. Мозаичные формы аномалий хромосом, напротив, возникают вследствие постмейотических ошибок [24]. Мейотический процесс чувствителен к влиянию эндогенных и экзогенных факторов. Возраст родителей, влияние алкоголя, табака, других мутагенных субстанций и подверженность радиации являются одними из наиболее широко известных причин, ассоциированных с нерасхождением хромосом в митозе. Исследования, проведенные на больших когортах и посвященные изучению ассоциации частоты синдрома Дауна и возраста матери (в случаях, где причина заболевания – нерасхождение хромосом 21 в материнском мейозе I или II), выявили корреляцию между этими двумя факторами [12–17, 34]. В исследовании 74 ядерных семей больных с синдромом Дауна было выявлено то, что нерасхождение в материнском мейозе было характерно для 58 семей (86%), в отцовском – для 7 семей (10%). Из доступных для анализа случаев материнское нерасхождение в I мейозе наблюдалось в 43 (64%) случаях, во II – в 15 (22%), нерасхождение в отцовском I мейозе – 2 (3%), II – 5 (7%) (рис. 1) [42]. Антенатальную гибель плода, как правило, связывают с трисомией хромосом 13, 18 и 21, тогда как спонтанные аборты в большей степени ассоциированы с трисомиями хромосом 2, 4, 7–9, 13–16, 18, 20–22 [1, 39, 41]. Показано, что большинство форм аутосомной анеуплоидии не совместимо с нормальным внутриутробным развитием [1, 31, 32, 43].

Цитогенетические исследования новорожденных и детей с пороками развития демонстрируют преобладание в данной группе

трисомии хромосомы 21 (синдром Дауна), намного реже – трисомии хромосом 18 и 13 (синдромы Эдвардса и Пагау, соответственно), в отдельных случаях – мозаичные формы численных аномалий других аутосом [1]. Трисомия хромосомы 21, являющаяся причиной более чем 95% случаев синдрома Дауна, остается значимой генетической причиной умственной отсталости и обнаруживается примерно у 1 из 600–800 живорожденных детей. Рожденные с синдромом Дауна представляют небольшое число из всех плодов с трисомией хромосомы 21, так как более 80% с этим синдромом погибают внутриутробно, вызывая 1–2% спонтанных абортов [10, 40]. Моносомия хромосомы 21 была обнаружена у живорожденного ребенка лишь в нескольких случаях, однако врожденные пороки развития, несовместимые с жизнью, влекли за собой гибель в течение первого дня после рождения [32, 43]. Следует отметить, что, несмотря на очевидно негативный эффект анеуплоидии в клетках крови, имеются предположения о том, что повышенные уровни анеуплоидии характерны для нормально развивающегося мозга плода. Изучение генетических аномалий головного мозга (не рассматривая онкологические заболевания) началось сравнительно недавно, в 2000 году [7, 23, 55]. Головной мозг взрослого человека в основном состоит из нейронов, которые являются постмитотическими, неделящимися клетками. Исследования хромосомного набора в клетках головного мозга были невозможны ввиду недоступности методов визуализации, позволяющих исследовать интерфазные ядра.

До появления интерфазного анализа считалось, что в головном мозге здорового человека, содержащем примерно  $10^{12}$  нейронов, хромосомный набор должен быть нормален и идентичен для всех клеток, как и в остальных тканях [7, 22, 27, 49–55]. Однако после проведения исследований головного мозга мышей были получены первые данные о различных формах соматических, геномных и хромосомных вариациях нейронов головного мозга [8, 23, 55]. С помощью флюоресцентной гибридизации *in situ* (FISH) и спектрального кариотипирования нейробластов коры головного мозга в развивающемся и взрослом мозге мышей было выявлено то, что более 30% нейробластов являются анеуплоидными. Визуализация метафазных хромосом также определила, что для многих нейронов коры головного мозга был характерен аномальный кариотип. Соответственно в головном мозге мышей были выявлены геномные вариации на хромосомном уровне в развивающихся и сформировавшихся нейронах [37].

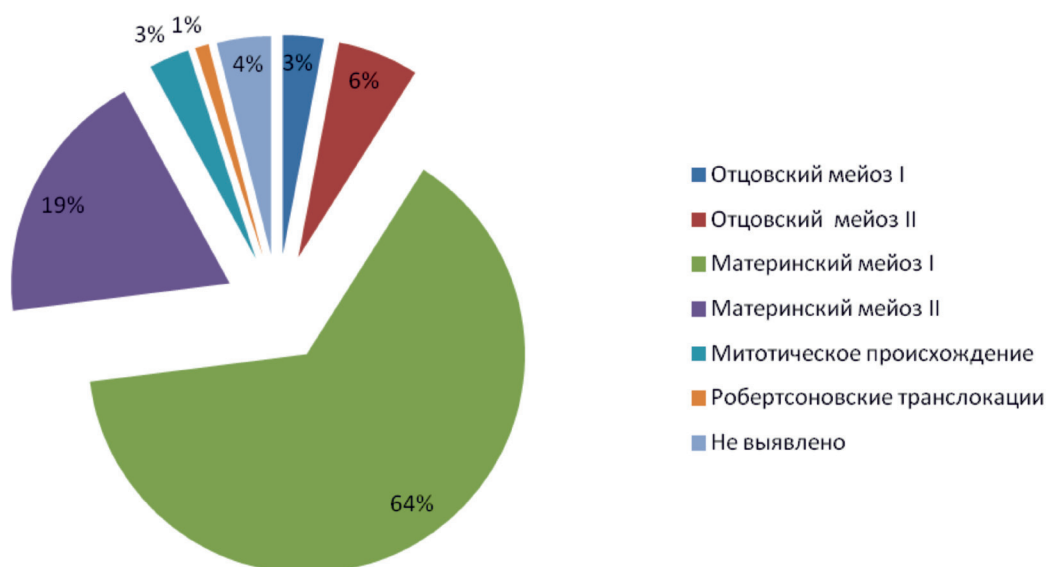


Рис. 1. Частота хромосомных нарушений при синдроме Дауна [12, 13, 42]

Сложно представить, что геном всех клеток человека одинаков. Организм взрослого человека состоит как минимум из  $10^{14}$  клеток 210 различных типов. Все они берут начало от одной диплоидной клетки (зиготы), которая делится путем митоза примерно  $10^{16}$  раз, приводя к образованию 45 поколений клеток. Геномные вариации в соматических клетках присутствуют постоянно как результат более 100 повреждений ДНК в день. Большая часть таких повреждений нейтрализуется системой репарации ДНК, однако в то же время эти процессы представляют собой источник экзогенного изменения генома и могут быть причиной различных патогенных процессов [27]. Несмотря на это, известно, что хромосомная нестабильность, ограниченная определенной тканью, может не приводить к нарушению ее функционирования [5, 15, 25, 29]. Было показано, что феномен хромосомного мозаицизма, ограниченного плацентой, идентифицируется приблизительно в 1–2% нормальных беременностей [30], а в эмбриональных тканях яичника отмечаются повышенные уровни анеуплоидии с вовлечением хромосомы 21 [16]. Тем не менее во многих работах были отмечены ассоциации между наследственными заболеваниями и мозаичными вариациями числа копий (CNV) [26, 33]. Мозаичные формы численных хромосомных аномалий наблюдаются при хромосомных синдромах в 3–18% случаев [1, 27, 39]. В литературе также описано большое количество случаев мозаичных численных и структурных хромосомных анома-

лий, при которых наблюдались умственная отсталость или другие нарушения психики, врожденные пороки развития, аутоиммунные болезни, а в некоторых случаях отсутствие клинических проявлений [1–7, 24–27, 39, 47]. Принимая во внимание и то, что возникновение мозаичных клонов, как предполагается, происходит в период внутриутробного развития, а также тот факт, что среди образцов, используемых для пренатальной диагностики, частота мозаицизма значительно выше по сравнению с постнатальным периодом, необходимо рассмотреть хромосомный мозаицизм в головном мозге в ходе онтогенеза. Первая попытка оценить число хромосом в мозге человека была предпринята группой ученых в 1991 году. Хотя ученые исследовали генетические изменения в опухлях мозга, при этом одновременно был выявлен высокий уровень трисомии у людей из контрольной группы (средний уровень – 2% на отдельную хромосому) (для более детального описания этих работ см. [23]). Дальнейшие работы, проведенные на интерфазных ядрах головного мозга, позволили сравнить уровни анеуплоидии у плода и взрослого индивидуума, оценить различия по уровням для отдельных хромосом у здоровых людей и у пациентов с невро-психическими, онкологическими и другими заболеваниями, а также в некоторых случаях определить пороговые значения в норме и патологии [18–23, 37, 46, 48–55]. Так, при исследовании анеуплоидии в клетках головного мозга плода было обнаружено то, что анеуплоидия

выявляется почти на всех этапах внутриутробного развития и достигает наивысшего уровня в первом триместре беременности [49, 50]. В одной из современных работ по данной теме описано исследование 12 образцов ткани мозга плода, полученных после прерывания беременности, не связанной с генетической причиной. После исследования хромосом 1, 18, 13/21, X и Y было выявлено, что частота ядер с аномальным хромосомным набором составляет от 0,2% до 4,4% в некультивированных клетках мозга, уровень анеуплоидии для различных хромосом варьировался от 0,4% до 11% [18, 21, 49]. Однако в мозге взрослого индивидуума средний уровень анеуплоидии на хромосому находится в диапазоне от 0,1 до 0,7%, с общей частотой анеуплоидии по всем хромосомам близкой к 10%, что в три раза меньше, чем в эмбриональном мозге [21]. Вероятно, такое снижение количества анеуплоидных клеток происходит за счет запрограммированной смерти аномальных клеток с хромосомными и геномными нарушениями, вследствие чего и наблюдается уменьшение

уровня нестабильности (анеуплоидии) в три раза в клетках головного мозга, согласно исследованиям постнатального мозга [20, 28, 50]. В мозге здорового взрослого индивидуума, как уже было отмечено, выявлен определенный уровень анеуплоидии по отдельным хромосомам [27, 53–55]. Исходя из того, что повышенные уровни анеуплоидии хромосом в головном мозге, обнаруживаемые пренатально, не выявляются у индивидуумов во взрослом возрасте, можно предположить, что для нормального развития центральной нервной системы анеуплоидия должна быть элиминирована [50]. Вероятно, элиминация анеуплоидных клеток в головном мозге замедляется с возрастом, что может быть ассоциировано со старением и малигнизацией. Это предположение поддерживается результатами последних исследований старения и онкологических заболеваний [23, 25, 38, 52, 53]. Предполагается, что наличие высокого уровня анеуплоидии в головном мозге характерно для онкологической патологии мозга и нервно-психических заболеваний (рис. 2).

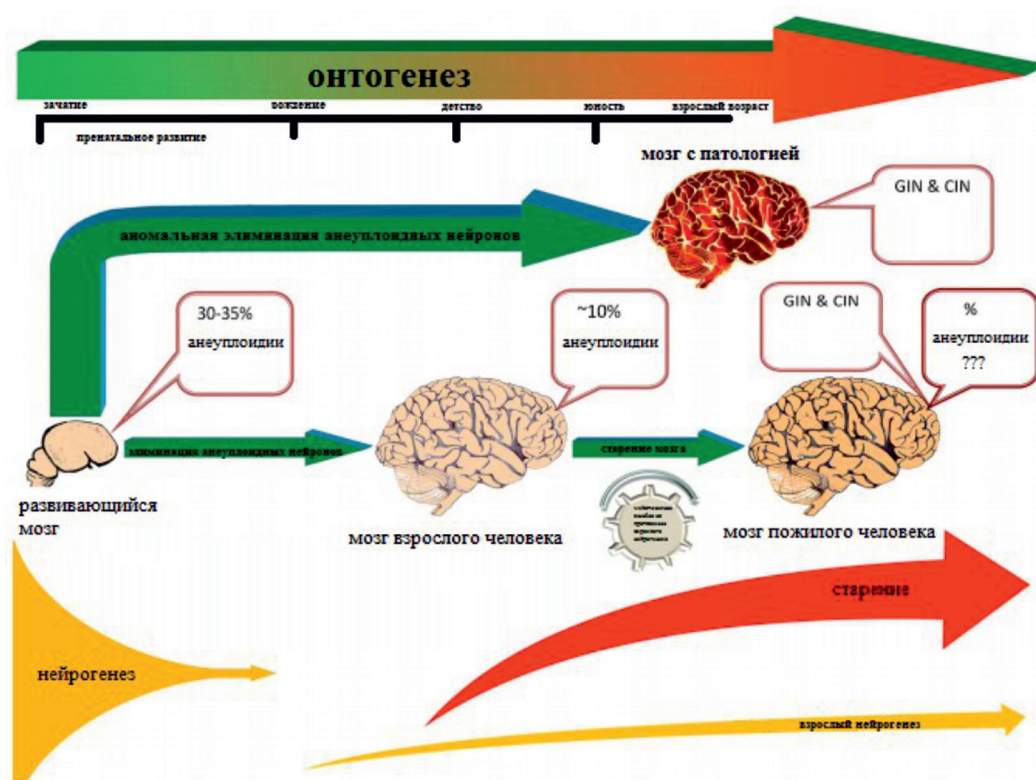


Рис 2. Анеуплоидный нейрон головного мозга может быть вовлечен в сети нейронального взаимодействия. Воздействуя на элементы нейрональных сетей через синаптическую активность, такой нейрон может продуцировать нарушения в клетках головного мозга либо быть связан с механизмом старения. Если уровень анеуплоидии относительно невелик, интеграция анеуплоидного нейрона в нейрональные сети может быть связана с механизмом нейронального разнообразия [53]



В данном контексте особый интерес представляет изучение клеток головного мозга при нервно-психических заболеваниях и выявление отличий уровня анеуплоидии от контрольной когорты. Группой авторов было проведено исследование образцов префронтальной коры (область 10, серое вещество), полученных от шести пациентов с шизофренией и двух пациентов из контрольной группы [55]. На момент смерти пациентам с шизофренией было от 22 до 77 лет, пациентам из контрольной группы – от 28 до 76 лет, время с момента смерти и до получения образца – 2–6,5 часа и 3–7 часов соответственно. Причины смерти в обеих группах – инфаркт, пневмония, эмболия легких. Было проанализировано 200 нейронов каждого образца мозга (по 200 ядер на каждую пробу ДНК). Большинство нейронов содержало две копии хромосом 1, 7, 8, 13, 16, 18, 21, 22, X (женщины) и XY – мужчины, однако у двух индивидуумов с шизофренией были обнаружены повышенные уровни анеуплоидии с вовлечением хромосом X и 18. У одного пациента было обнаружено 4% клеток с трисомией хромосомы X и 2,5% – с трисомией хромосомы 18, у другого – 3% клеток с трисомией X и 0,5% – с трисомией 18; у остальных индивидуумов, как с шизофренией, так и из контрольной группы, трисомии по исследованным хромосомам обнаружено не было [55]. Исходя из этого, можно предположить, что при нервно-психических заболеваниях, судя по всему, наблюдается увеличение уровней анеуплоидии по отдельным хромосомам, поэтому изучение геномной нестабильности в клетках головного мозга и лимфоцитах периферической крови у пациентов с нервно-психическими заболеваниями представляет собой непосредственный интерес для поиска вероятных маркеров этих заболеваний.

В настоящее время связь повышенного уровня анеуплоидии определенной хромосомы в головном мозге с конкретным заболеванием пока не определена, хотя очевидно, что исследования только культуры лимфоцитов периферической крови пациентов с нервно-психическими заболеваниями могут быть недостаточны для шизофрении и болезни Альцгеймера, поскольку при этих болезнях анеуплоидия может быть специфичной для клеток головного мозга. По-видимому, повышенные уровни анеуплоидии разных хромосом связаны с функциональными нарушениями мозга, однако для подтверждения этого предположения необходимо рассматривать каждую хромосому в отдельности, как в контрольной группе, так и у пациентов с нарушениями психики для определения их вклада в патогенез заболевания. В качестве одной из

самых значимых для нормального функционирования мозга можно считать хромосому 21. Как известно, трисомия хромосомы 21 является трисомией аутосомы, при которой плод может не только выжить после рождения, но и жить продолжительной жизнью по сравнению с другими самыми распространенными трисомиями (трисомии хромосом 18 и 13). Анализируя анеуплоидию хромосомы 21 в клетках головного мозга (постмортальные образцы) у здоровых индивидуумов и пациентов с нервно-психическими заболеваниями (таблица), в первую очередь, стоит обратить внимание на уровни анеуплоидии, полученные для контрольных групп в различных исследованиях [4–7, 19–29, 46, 47, 51–55]. В одной из работ авторы проанализировали более 5000 интерфазных ядер двух различных соматических тканей – ворсины хориона, постмортальные клетки мозга плода и взрослых индивидуумов. Было отмечено, что интерфазные трисомные ядра составляют от 0,3 до 0,7%, при этом в ворсинах хориона – от 0,4% до 0,7%, головном мозге плода – 0,3%, в постмортальных образцах мозга детей – 0,3%, взрослых – 0,42% [50]. Исследования анеуплоидии хромосомы 21 в клетках головного мозга показали, что средний уровень анеуплоидии этой хромосомы варьируется в пределах от 0,2 до 4%. Для сравнения, уровень анеуплоидии по хромосоме 21 в интерфазных культивируемых лимфоцитах был определен как ~0,6%. Хотя результаты этой работы не позволяют оценить уровень анеуплоидии в головном мозге, так как была проанализирована только одна хромосома, однако они позволяют предположить, что по определенным хромосомам средний уровень анеуплоидии может быть выше в одних исследованиях по сравнению с другими [16, 21, 23, 37]. Помимо этого, в ряде работ исследовались уровни анеуплоидии для хромосом 1, 7, 14 и 21 с помощью интерфазного многоцветового хромосомоспецифичного окрашивания (ICS-MCB). Средний уровень анеуплоидии для этих хромосом был определен в 1,4–2,6% (с пороговыми значениями от 2,0 до 3,8%). Из описанных исследований очевидно, что данные о среднем уровне анеуплоидии для хромосомы 21 немного расходятся, но в ранних исследованиях все результаты по анеуплоидии выше 4% свидетельствовали о повышении уровня анеуплоидии и, вероятно, об аномальных процессах в головном мозге [5–7, 18–22, 50, 51, 54]. В одной из работ [21] были исследованы клетки головного мозга пациентов с болезнью Альцгеймера и обнаружено увеличение уровня анеуплоидии, специфичной для хромосо-

мы 21, до 11%. Ассоциация болезни Альцгеймера со специфичной для клеток головного мозга анеуплоидией хромосомы 21 отмечалась и в нескольких других работах [11, 35, 36]. Значительно повышенный уровень анеуплоидии хромосомы 21 в коре головного мозга позволил предположить, что данный феномен связан с нейродегенерацией при болезни Альцгеймера [21]. Хотя причины повышенного уровня анеуплоидии хромосомы 21 в мозге больных болезнью Альцгеймера остаются в значительной степени неясными, последние исследования показывают, что анеуплоидные нейроны, скорее всего, являются более предрасположенными к селективной клеточной смерти при болезни Альцгеймера [38]. Стоит также отметить, что анализ фибробластов кожи методом FISH показал наличие статистически значимого числа клеток с дополнительной хромосомой 21. При анализе клеток мозжечка пациентов с болезнью Альцгеймера с помощью FISH/QFISH и ICS-MCB ученые обнаружили значительное увеличение (в 10 раз) уровня специфичной анеуплоидии хромосомы 21 в клетках мозжечка пациентов, который был вовлечен в прогрессирующую дегенерацию (6–15% по сравнению с 0,8–1,8% в контрольной группе) [21, 28]. Иными словами, при болезни Альцгеймера выявляются соматические вариации генома в виде низкопроцентного хромосомного мозаицизма по анеуплоидии хромосомы 21 [28, 52]. Для сравнения результатов анализа клеток головного мозга пациентов с болезнью Альцгеймера с другими болезнями мозга, а также с контрольной группой были проанализированы препараты клеток головного мозга с атаксией-телеангиэктазией и пациентов без психических заболеваний. Были исследованы поле Бродмана 10 для пациентов с болезнью Альцгеймера и поле Бродмана 24 для индивидуумов с атаксией-телеангиэктазией.

психических заболеваний, который примерно равен 1,4–2,6% (с пороговыми значениями 2,0 и 3,8%). Эти данные демонстрируют то, что процент стохастической анеуплоидии на пару хромосом (аномальные значения) в контрольных образцах стоит расценивать как увеличенный, т.е. соответствующий мозаичной клеточной линии. Средний уровень анеуплоидии после исследования на пяти хромосомах (хромосомы 1, 11, 17, 18, X и Y) был определен как 0,5%, с общим числом анеуплоидных клеток, приближающимся к 10%. Исследование примерно 100000 интерфазных ядер пациентов с болезнью Альцгеймера, проведенное с помощью ICS-MCB, показало отсутствие значимого увеличения уровней анеуплоидии для хромосом 1, 7, 14 и X по сравнению с контрольной группой ( $p > 0,05$ ; 2,5 и 3,6% для пациентов с болезнью Альцгеймера по сравнению с 0,8–2,0% в контрольной группе). Однако уровень анеуплоидии по хромосоме 21 в мозге пациентов с болезнью Альцгеймера составил 6–15% по сравнению с 0,8–1,8% в контрольной группе. Различие между этими результатами являлось статистически значимым ( $p < 0,001$ ). В группе с атаксией-телеангиэктазией тоже был выявлен повышенный уровень анеуплоидии по хромосоме 21, однако он был сравним с увеличением уровней по другим хромосомам (уровень анеуплоидии для хромосом 1, 7, 14, 21 и X – 2,3% – 3,1%) [19, 21].

Вероятно, анеуплоидия хромосомы 21 в клетках головного мозга при болезни Альцгеймера является неотъемлемой составляющей патогенного каскада нейродегенерации [11, 36]. Подтверждением этому предположению может служить тот факт, что, так как хромосома 21 также кодирует ген белка-предшественника амилоида, все индивидуумы с синдромом Дауна демонстрируют признаки болезни Альцгеймера, и у большинства развивается деменция к 30–40 годам [14, 34–36, 38, 40]. Связь между

#### Анеуплоидия хромосомы 21 в клетках головного мозга при нервно-психических заболеваниях

Заболевание	Форма анеуплоидии	Ссылки
Болезнь Альцгеймера	Мозаичная анеуплоидия хромосомы 21 (хромосомоспецифическая нестабильность), 6–15%	[22, 26, 28, 52]
Атаксия-телеангиэктазия	Мозаичная анеуплоидия и хромосомоспецифическая нестабильность, 2,3–3,1% (для хромосом 1, 7, 14, 21 и X)	[19, 21]
Шизофрения	Не выявлена	[51, 55]

Анализ хромосом 1, 7, 14 и 21 в 7000 ядрах 7 образцов головного мозга с помощью ICS-MCB выявил средний уровень анеуплоидии у индивидуумов без

синдромом Дауна и болезнью Альцгеймера была впервые описана два десятилетия назад [36]. У пациентов с синдромом Дауна в возрасте около 30 лет были выявлены из-

менения в головном мозге, которые гистологически неотличимы от обнаруживаемых у пациентов с болезнью Альцгеймера [11, 35, 36]. Известно, что ген *APP*, отвечающий за продукцию белка-предшественника бета-амилоида, находится на хромосоме 21 в участке q21, поэтому предполагается, что трисомия хромосомы 21 может привести к увеличению синтеза этого белка и соответственно к увеличению продукции бета-амилоидного пептида, избыточное количество которого наблюдается при болезни Альцгеймера. Тот факт, что у пациентов с синдромом Дауна, достигших возраста 30 или 40 лет, неврологические нарушения в точности повторяют клиническую картину при болезни Альцгеймера, обеспечивает вклад в понимание патогенеза болезни Альцгеймера, акцентируя внимание на нерасхождении хромосомы 21, где находится ген *APP*, и на последствиях его измененной экспрессии. Биохимические и генетические исследования показывают, что как в спорадических, так и в семейных случаях болезни Альцгеймера, у пациентов нарушен тот или иной этап клеточного цикла [35]. Дополнительная копия хромосомы 21, которая при регулярной трисомии в случае синдрома Дауна приводит к нейродегенерации и деменции, может быть причиной как генетической, так и спорадической формы болезни Альцгеймера, в зависимости от того, были ли хромосомная нестабильность и мозаичная анеуплоидия вызваны генетической мутацией или неблагоприятным воздействием окружающей среды. Кроме того, предполагается, что нарушение функции микротрубочек вносит вклад в процесс аномального митоза и геномной нестабильности [11]. Синдром Дауна как модель нейродегенерации позволил исследователям сделать некоторые предположения касательно гипотез болезни Альцгеймера.

Таким образом, вероятно, определенное число клеток в тканях пациентов с болезнью Альцгеймера должно быть анеуплоидным, в том числе должна присутствовать трисомия хромосомы 21 в клетках соматических тканей. Изменение стабильности генома и появление мозаичной трисомии по хромосоме 21 будет способствовать началу деменции и нейродегенерации, но более медленными темпами, чем при синдроме Дауна. Мутации, приводящие к семейной форме болезни Альцгеймера, скорее всего происходят в генах, кодирующих белки, непосредственно или косвенно участвующие в клеточном цикле и сегрегации хромосом. К анеуплоидии при болезни Альцгеймера, в том числе мозаичной трисомии хромосомы 21, могут приводить изменения в микро-

трубочках, аппарате митотического деления и белках, связанных с митозом.

### Заключение

Большое количество связей между нейронами головного мозга дает возможность предположить, что присутствие даже малого числа клеток с аномальным геномом может оказывать неблагоприятное влияние на весь организм и особенно на функционирование центральной нервной системы. Хотя роль анеуплоидии клеток головного мозга в формировании индивидуальных различий у здоровых людей еще не определена, но, тем не менее, предполагается, что повышенный уровень анеуплоидии различных хромосом характерен для определенных заболеваний головного мозга [19–23, 51–55]. Исследования анеуплоидии хромосомы 21 в клетках головного мозга у пациентов с болезнями мозга и в контрольных группах позволили установить пороговый уровень анеуплоидии для здоровых индивидуумов (не более 4%), а также выявить увеличение уровня анеуплоидии (до 6–15%) по данной хромосоме в мозге пациентов с болезнью Альцгеймера. Полученные результаты являются хромосомоспецифичными именно для данного заболевания и не наблюдаются при других нервно-психических заболеваниях, таких как атаксия-телеангиэктазия и шизофрения. В качестве основных причин приводящих, вероятно, к изменению клеточного цикла нейронов, называют возвращение постмитотического нейрона в цикл клеточного деления и невозможность полного прохождения (завершения) клеточного цикла. Пока не определено, является ли анеуплоидия ответом на нейродегенерацию, или же присутствует в мозге еще до ее начала. Несмотря на то, что описанные исследования позволяют сделать предположение о патогенном влиянии повышенного уровня анеуплоидии хромосомы 21 на функционирование головного мозга, их число недостаточно для более глубокого понимания роли анеуплоидии данной хромосомы. Мозаичная анеуплоидия в головном мозге может рассматриваться в качестве предполагаемого механизма генетического разнообразия или варибельности генома, как в здоровом мозге, так и в мозге пациентов с нервно-психическими заболеваниями [22]. Для более полного представления о связи анеуплоидии клеток головного мозга с болезнями мозга необходимы более подробные исследования межхромосомных вариаций как нейрональных, так и глиальных клеток. Дополнительные исследования хромосомы 21, проведенные на клетках головного мозга пациентов с болезнью Альцгеймера,

синдромом Дауна и в контрольных группах, возможно, будут способствовать более полному пониманию патогенеза заболеваний головного мозга.

*Исследования анеуплоидии в клетках головного мозга в лабораториях авторов выполняются за счёт гранта Российского Научного Фонда (проект № 14-35-00060).*

### Список литературы

1. Ворсанова С.Г., Юров Ю.Б., Чернышов В.Н. Медицинская цитогенетика. – М.: Медпрактика, 2006. – 300 с.
2. Ворсанова С.Г., Юров И.Ю., Соловьев И.В., Юров Ю.Б. Гетерохроматиновые районы хромосом человека: клинико-биологические аспекты. – М.: Медпрактика. – 2008. – 300 с.
3. Тиганов А.С., Юров Ю.Б., Ворсанова С.Г., Юров И.Ю. Нестабильность генома головного мозга: этиология, патогенез и новые биологические маркеры психических болезней // Вестн. РАМН. – 2012. – № 9. – С. 45–53.
4. Юров И.Ю., Ворсанова С.Г., Юров Ю.Б. Хромосомные аномалии при шизофрении // Журн. неврол. и психиатр. им. С.С. Корсакова. – 2006. – Т. 106, № 3. – С. 75–82.
5. Юров И.Ю., Ворсанова С.Г., Юров Ю.Б. Молекулярная нейрцитогенетика: нестабильность генома в мозге при психических заболеваниях // Психиатрия. — 2007. — № 4. — С. 36–43.
6. Юров И.Ю., Ворсанова С.Г., Юров Ю.Б. Вариации и нестабильность генома в клетках головного мозга при психических и нейродегенеративных заболеваниях // Психиатрия. – 2010. – № 3. – С. 7–12.
7. Юров Ю.Б., Ворсанова С.Г. Молекулярно-цитогенетические исследования хромосомных аномалий и нарушений при нервно-психических заболеваниях: поиск биологических маркеров для диагностики // Вестн. РАМН. – 2001. – № 7. – С. 26–31.
8. Юров Ю.Б., Рогаев Е.И., Ворсанова С.Г., Соловьев И.В., Ройзес Ж., Янковский Н.К., Бродянский В.М., Капанадзе Б.И., Марсэ Б. Исследование альфа-сателлитных ДНК в составе космидных библиотек, специфичных для хромосом 13, 21 и 22, с помощью флюоресцентной гибридизации *in situ* // Генетика. – 1998. – № 11. – С. 1470–1479.
9. Dierssen M., Herault Y., Estivill X. Aneuploidy: from a physiological mechanism of variance to Down syndrome // *Physiol Rev.* – 2009. – № 89(3). – С. 887–920.
10. Gardiner K., Herault Y., Lott I.T., Antonarakis S.E., Reeves R.H., Dierssen M. Down syndrome: from understanding the neurobiology to therapy // *J. Neurosci.* – 2010. – Т. 10, № 30(45). – P. 14943–14945.
11. Geller L.N., Potter H. Chromosome missegregation and trisomy 21 mosaicism in Alzheimer's disease. *Neurobiol. Dis.* – 1999. – № 6(3). – P. 167–179.
12. Hassold T., Hall H., Hunt P. The origin of human aneuploidy: where we have been, where we are going // *Hum. Mol. Genet.* – 2007. – № 16 (R2). – P. 203–208.
13. Hassold T., Hunt P. To err (meiotically) is human: the genesis of human aneuploidy // *Nat. Rev. Genet.* – 2001. – № 2(4). – P. 280–291.
14. Haydar T.F., Reeves R.H. Trisomy 21 and early brain development // *Trends Neurosci.* – 2012. – № 35(2). – P. 81–91.
15. Hultén M.A., Jonasson J., Iwarsson E., Uppal P., Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Iourov I.Y. Trisomy 21 mosaicism: we may all have a touch of Down syndrome // *Cytogenet. Genome Res.* – 2013. – № 139(3). – С. 189–192.
16. Hultén M.A., Patel S.D., Westgren M., Papadogiannaki N., Jonsson A.M., Jonasson J., Iwarsson E. On the paternal origin of trisomy 21 Down syndrome // *Mol. Cytogenet.* – 2010. – № 3. – 4 p.
17. Hultén M.A., Patel S.D., Tankimanova M., Westgren M., Papadogiannakis N., Jonsson A.M., Iwarsson E. On the origin of trisomy 21 Down syndrome // *Mol. Cytogenet.* – 2008. – № 1. – 21 p.
18. Iourov I.Y., Liehr T., Vorsanova S.G., Kolotii A.D., Yurov Y.B. Visualization of interphase chromosomes in postmitotic cells of the human brain by multicolour banding (MCB) // *Chromosome Res.* – 2006. – № 14. – P. 223–229.
19. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Liehr T., Kolotii A.D., Yurov Y.B. Increased chromosome instability dramatically disrupts neural genome integrity and mediates cerebellar degeneration in the ataxia-telangiectasia brain // *Hum. Mol. Genetics.* – 2009. – Т. 18, № 14. – P. 2656–2669.
20. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Single cell genomics of the brain: focus on neuronal diversity and neuropsychiatric diseases // *Curr. Genomics.* – 2012. – № 13(6). – P. 477–488.
21. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Liehr T., Yurov Y.B. Aneuploidy in the normal, Alzheimer's disease and ataxia-telangiectasia brain: differential expression and pathological meaning // *Neurobiology Dis.* – 2009. – № 34(2). – P. 212–220.
22. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Liehr T., Yurov Y.B. Mosaicism in the brain of humans // *Medizinische Genetik.* – 2014. – № 26(3). – P. 342–345.
23. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Chromosomal variations in mammalian neuronal cells: known facts and attractive hypotheses // *Int. Rev. Cytol.* – 2006. – № 249. – P. 143–191.
24. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Intercellular genomic (chromosomal) variations resulting in somatic mosaicism: mechanisms and consequences // *Curr. Genomics.* – 2006. – № 7(7). – P. 435–446.
25. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Chromosomal mosaicism goes global // *Mol. Cytogenet.* – 2008. – № 1. – 26 p.
26. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Molecular cytogenetics and cytogenomics of brain diseases // *Curr. Genomics.* – 2008. – № 9(7). – P. 452–465.
27. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Somatic genome variations in health and disease // *Curr. Genomics.* – 2010. – № 11(6). – P. 387–396.
28. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Genomic landscape of the Alzheimer's disease brain: chromosome instability–aneuploidy, but not tetraploidy–mediates neurodegeneration // *Neurodegenerative Dis.* – 2011. – № 8(1–2). – P. 35–37.
29. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Somatic Cell Genomics of Brain Disorders: A New Opportunity to Clarify Genetic-Environmental Interactions // *Cytogenet. Genome Res.* – 2013. – № 139(3). – P. 181–188.
30. Kalousek D.K., Vekemans M. Confined placental mosaicism and genomic imprinting // *Baillieres Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.* – 2000. – № 1. – P. 723–730.
31. Liehr T., Ewers E., Kosyakova N., Klaschka V., Rietz F., Wagner R., Weise A. Handling small supernumerary marker chromosomes in prenatal diagnosis // *Expert. Rev. Mol. Diagn.* – 2009. – № 9(4). – С. 317–324.
32. Mori M.A., Lapunzina P., Delicado A., Núñez G., Rodríguez J.I., de Torres M.L., Herrero F., Valverde E., López-Pajares I. A prenatally diagnosed patient with full monosomy 21: ultrasound, cytogenetic, clinical, molecular, and necropsy findings // *Am. J. Med. Genet. A.* – 2004. – № 127(1). – P. 69–73.
33. Notini A.J., Craig J.M., White S.J. Copy number variation and mosaicism // *Cytogenet. Genome Res.* – 2008. – № 123(1–4). – P. 270–277.
34. Patterson D., Costa A.C. Down syndrome and genetics – a case of linked histories // *Nat. Rev. Genet.* – 2005. – № 6. – P. 137–147.
35. Petronis A. Alzheimer's disease and Down syndrome: from meiosis to dementia // *Exp. Neurol.* – 1999. – № 158. – P. 403–413.
36. Potter H. Review and hypothesis: Alzheimer disease and Down syndrome-chromosome 21 nondisjunction may

underlie both disorders // *Am. J. Hum. Genetics.* – 1991. – № 48(6). – P. 1192.

37. Rehen S.K., McConnell M.J., Kaushal D., Kingsbury M.A., Yang A.H., Chun J. Chromosomal variation in neurons of the developing and adult mammalian nervous system // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2001. – № 98(23). – P. 13361–13366.

38. Russell H.S. Is aging part of Alzheimer's disease, or is Alzheimer's disease part of aging? // *Neurobiology of Aging.* – 2007. – № 28(10). – P. 1465–1480.

39. Schinzel A. Catalogue of unbalanced chromosome aberrations in man (2<sup>nd</sup> Ed). Berlin, New-York: Walter de Gruyter. – 2001. – P. 913.

40. Stanton L.R., Coetzee R.H. Down's syndrome and dementia // *Adv. Psych. Treatment.* – 2004. – № 10. – P. 50–58.

41. Vanneste E., Voet T., Le Caignec C., Ampe M., Konings P., Melotte C., Debrock S., Amyere M., Vikkula M., Schuit F., Fryns J.P., Verbeke G., D'Hooghe T., Moreau Y., Vermeesch J.R. Chromosome instability is common in human cleavage-stage embryos // *Nat. Med.* – 2009. – № 15. – P. 577–583.

42. Vorsanova S.G., Iourov I.Y., Beresheva A.K., Demidova I.A., Monakhov V.V., Kravets V.S., Bartseva O.B., Goyko E.A., Soloviev I.A., Yurov Y.B. Non-disjunction of chromosome 21, aliphoid DNA variation and sociogenetic features of Down syndrome // *Tsitol. Genet.* – 2005. – № 6. – P. 30–36.

43. Vorsanova S.G., Iourov I.Y., Voinova-Ulas V.Y., Weise A., Monakhov V.V., Kolotii A.D., Soloviev I.V., Novikov P.V., Yurov Y.B., Liehr T. Partial monosomy 7q34-qter and 21pter-q22.13 due to cryptic unbalanced translocation t(7;21) but not monosomy of the whole chromosome 21: a case report plus review of the literature // *Mol. Cytogenet.* – 2008. – № 1. – P. 1–13 p.

44. Vorsanova S.G., Iourov I.Y., Kolotii A.D., Beresheva A.K., Demidova I.A., Kurinnaya O.S., Kravets V.S., Monakhov V.V., Soloviev I.V., Yurov Y.B. Chromosomal mosaicism in spontaneous abortions: analysis of 650 cases // *Rus. J. Genetics.* – 2010. – № 46(10). – P. 1197–1200.

45. Vorsanova S.G., Kolotii A.D., Iourov I.Y., Monakhov V.V., Kirillova E.A., Soloviev I.S., Yurov Y.B. Evidence for high frequency of chromosomal mosaicism in spontaneous abortions revealed by interphase FISH analysis // *J. Histochem. Cytochem.* – 2005. – № 53(3). – P. 375–380.

46. Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Iourov I.Y. Human interphase chromosomes: a review of available molecular cytogenetic technologies // *Mol. Cytogenet.* – 2010. – № 3. – P. 1–10.

47. Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Soloviev I.V., Iourov I.Y. Molecular cytogenetic diagnosis and somatic genome variations // *Curr. Genomics.* – 2010. – № 11(6). – P. 440–446.

48. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Iourov I.Y. Human Interphase Chromosomes: Biomedical Aspects. – M: Springer. – 2013. – P. 216.

49. Yurov Y.B., Iourov I.Y., Monakhov V.V., Soloviev I.V., Vostrikov V.M., Vorsanova S.G. The variation of aneuploidy frequency in the developing and adult human brain revealed by an interphase FISH study // *J. Histochem. Cytochem.* – 2005. – № 53(3). – P. 385–390.

50. Yurov Y.B., Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Liehr T., Kolotii A.D., Kutsev S.I., Pellestor F., Beresheva A.K., Demidova I.A., Kravets V.S., Monakhov V.V., Soloviev I.V. Aneuploidy and confined chromosomal mosaicism in the developing human brain // *PLoS ONE.* – 2007. – № 2(6). – P. 558.

51. Yurov Y.B., Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Demidova I.A., Kravets V.S., Beresheva A.K., Kolotii A.D., Monakhov V.V., Uranova N.A., Vostrikov V.M., Soloviev I.V., Liehr T. The schizophrenia brain exhibits low-level aneuploidy involving chromosome 1 // *Schizophr. Res.* – 2008. – № 98(1–3). – P. 139–147.

52. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Iourov I.Y. The DNA Replication Stress Hypothesis of Alzheimer's Disease // *Scientific World Journal.* – 2011. – № 11. – P. 2602–2612.

53. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Iourov I.Y. GIN'n'CIN hypothesis of brain aging: deciphering the role of somatic genetic instabilities and neural aneuploidy during ontogeny // *Mol. Cytogenet.* – 2009. – № 2. – P. 23 p.

54. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Kolotii A.D., Liehr T., Iourov I.Y. Aneuploidy in the autistic brain: the first molecular cytogenetic study // *Balkan J. Medical Genetics.* – 2011. – № 14. – P. 73 p.

55. Yurov Y.B., Vostrikov V.M., Vorsanova S.G., Monakhov V.V., Iourov I.Y. Multicolor fluorescent *in situ* hybridization on post-mortem brain in schizophrenia as an approach for identification of low-level chromosomal aneuploidy in neuropsychiatric diseases // *Brain & Development.* – 2001. – № 23(S1). – P. 186–190.

## References

1. Vorsanova S.G., Yurov Ju.B., Chernyshov V.N. Medicinskaja citogenetika. M.: Medpraktika, 2006. 300 p.

2. Vorsanova S.G., Yurov I.Ju., Solovev I.V., Yurov Ju.B. Geterohromatinovye rajony hromosom cheloveka: kliniko biologicheskie aspekty. M.: Medpraktika. 2008. 300 p.

3. Tiganov A.S., Yurov Ju.B., Vorsanova S.G., Yurov I.Ju. Nestabilnost genoma golovnogogo mozga: jetiologija, patogenez i novye biologicheskie markery psichicheskikh boleznej // *Vestn. RAMN.* 2012. no. 9. pp. 45–53.

4. Yurov I.Ju., Vorsanova S. G., Yurov Ju. B. Hromosomnye anomalii pri shizofrenii // *Zhurn. nevrol. i psihiatr. im. S.S. Korsakova.* 2006. T. 106, no. 3. pp. 75–82.

5. Yurov I.Ju., Vorsanova S.G., Yurov Ju.B. Molekuljarnaja nejrocitogenetika: nestabilnost genoma v mozge pri psichicheskikh zabolevanijah // *Psihiatrija.* 2007. no. 4. pp. 36–43.

6. Yurov I.Ju., Vorsanova S.G., Yurov Ju.B. Variacii i nestabilnost genoma v kletkah golovnogogo mozga pri psichicheskikh i nejrodegenerativnyh zabolevanijah // *Psihiatrija.* 2010. no. 3. pp. 7–12.

7. Yurov Ju.B., Vorsanova S.G. Molekuljarno-citogeneticheskie issledovanija hromosomnyh anomalij i narushenij pri nervno-psichicheskikh zabolevanijah: poisk biologicheskikh markerov dlja diagnostiki // *Vestn. RAMN.* 2001. no. 7. pp. 26–31.

8. Yurov Ju.B., Rogaev E.I., Vorsanova S.G., Solovev I.V., Rojzes Zh., Jankovskij N.K., Brodjanskij V.M., Kapanadze B.I., Marsje B. Issledovanie alfa-satellitnyh DNK v sostave kosmidnyh bibliotek, specifichnyh dlja hromosom 13, 21 i 22, s pomoshhju fljuorescentnoj gibridizacii in situ // *Genetika.* 1998. no. 11. pp. 1470–1479.

9. Dierssen M., Herault Y., Estivill X. Aneuploidy: from a physiological mechanism of variance to Down syndrome // *Physiol Rev.* 2009. no. 89(3). pp. 887–920.

10. Gardiner K., Herault Y., Lott I.T., Antonarakis S.E., Reeves R.H., Dierssen M. Down syndrome: from understanding the neurobiology to therapy // *J. Neurosci.* 2010. T. 10, no. 30(45). pp. 14943–14945.

11. Geller L.N., Potter H. Chromosome missegregation and trisomy 21 mosaicism in Alzheimers disease. *Neurobiol. Dis.* 1999. no. 6(3). pp. 167–179.

12. Hassold T., Hall H., Hunt P. The origin of human aneuploidy: where we have been, where we are going // *Hum. Mol. Genet.* 2007. no. 16 (R2). pp. 203–208.

13. Hassold T., Hunt P. To err (meiotically) is human: the genesis of human aneuploidy // *Nat. Rev. Genet.* 2001. no. 2(4). pp. 280–291.

14. Haydar T.F., Reeves R.H. Trisomy 21 and early brain development // *Trends Neurosci.* 2012. no. 35(2). pp. 81–91.

15. Hultén M.A., Jonasson J., Iwarsson E., Uppal P., Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Iourov I.Y. Trisomy 21 mosaicism: we may all have a touch of Down syndrome // *Cytogenet. Genome Res.* 2013. no. 139(3). pp. 189–192.

16. Hultén M.A., Patel S.D., Westgren M., Papadogiannaki N., Jonsson A.M., Jonasson J., Iwarsson E. On the paternal origin of trisomy 21 Down syndrome // *Mol. Cytogenet.* 2010. no. 3. 4 p.

17. Hultén M.A., Patel S.D., Tankimanova M., Westgren M., Papadogiannakis N., Jonsson A.M., Iwarsson E. On the origin of trisomy 21 Down syndrome // *Mol. Cytogenet.* 2008. no. 1. 21 p.

18. Iourov I.Y., Liehr T., Vorsanova S.G., Kolotii A.D., Yurov Y.B. Visualization of interphase chromosomes in postmitotic cells of the human brain by multicolour banding (MCB) // *Chromosome Res.* 2006. no. 14. pp. 223–229.
19. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Liehr T., Kolotii A.D., Yurov Y.B. Increased chromosome instability dramatically disrupts neural genome integrity and mediates cerebellar degeneration in the ataxia-telangiectasia brain // *Hum. Mol. Genetics.* 2009. T. 18, no. 14. pp. 2656–2669.
20. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Single cell genomics of the brain: focus on neuronal diversity and neuropsychiatric diseases // *Curr. Genomics.* 2012. no. 13(6). pp. 477–488.
21. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Liehr T., Yurov Y.B. Aneuploidy in the normal, Alzheimers disease and ataxia-telangiectasia brain: differential expression and pathological meaning // *Neurobiology Dis.* 2009. no. 34(2). pp. 212–220.
22. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Liehr T., Yurov Y.B. Mosaik im Gehirn des Menschen // *Medizinische Genetik.* 2014. no. 26(3). pp. 342–345.
23. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Chromosomal variations in mammalian neuronal cells: known facts and attractive hypotheses // *Int. Rev. Cytol.* 2006. no. 249. pp. 143–191.
24. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Intercellular genomic (chromosomal) variations resulting in somatic mosaicism: mechanisms and consequences // *Curr. Genomics.* 2006. no. 7(7). pp. 435–446.
25. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Chromosomal mosaicism goes global // *Mol. Cytogenet.* 2008. no. 1. 26 p.
26. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Molecular cytogenetics and cytogenomics of brain diseases // *Curr. Genomics.* 2008. no. 9(7). pp. 452–465.
27. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Somatic genome variations in health and disease // *Curr. Genomics.* 2010. no. 11(6). pp. 387–396.
28. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Genomic landscape of the Alzheimers disease brain: chromosome instability–aneuploidy, but not tetraploidy–mediates neurodegeneration // *Neurodegenerative Dis.* 2011. no. 8(1–2). pp. 35–37.
29. Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Somatic Cell Genomics of Brain Disorders: A New Opportunity to Clarify Genetic-Environmental Interactions // *Cytogenet. Genome Res.* 2013. no. 139(3). pp. 181–188.
30. Kalousek D.K., Vekemans M. Confined placental mosaicism and genomic imprinting // *Baillieres Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.* 2000. no. 1. pp. 723–730.
31. Liehr T., Ewers E., Kosyakova N., Klaschka V., Rietz F., Wagner R., Weise A. Handling small supernumerary marker chromosomes in prenatal diagnosis // *Expert. Rev. Mol. Diagn.* 2009. no. 9(4). pp. 317–324.
32. Mori M.A., Lapunzina P., Delicado A., Núñez G., Rodríguez J.I., de Torres M.L., Herrero F., Valverde E., López-Pajares I. A prenatally diagnosed patient with full monosomy 21: ultrasound, cytogenetic, clinical, molecular, and necropsy findings // *Am. J. Med. Genet. A.* 2004. no. 127(1). pp. 69–73.
33. Notini A.J., Craig J.M., White S.J. Copy number variation and mosaicism // *Cytogenet. Genome Res.* 2008. no. 123(1–4). pp. 270–277.
34. Patterson D., Costa A.C. Down syndrome and genetics a case of linked histories // *Nat. Rev. Genet.* 2005. no. 6. pp. 137–147.
35. Petronis A. Alzheimers disease and Down syndrome: from meiosis to dementia // *Exp. Neurol.* 1999. no. 158. pp. 403–413.
36. Potter H. Review and hypothesis: Alzheimer disease and Down syndrome-chromosome 21 nondisjunction may underlie both disorders // *Am. J. Hum. Genetics.* 1991. no. 48(6). pp. 1192.
37. Rehen S.K., McConnell M.J., Kaushal D., Kingsbury M.A., Yang A.H., Chun J. Chromosomal variation in neurons of the developing and adult mammalian nervous system // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2001. no. 98(23). pp. 13361–13366.
38. Russell H.S. Is aging part of Alzheimers disease, or is Alzheimers disease part of aging? // *Neurobiology of Aging.* 2007. no. 28(10). pp. 1465–1480.
39. Schinzel A. Catalogue of unbalanced chromosome aberrations in man (2nd Ed). Berlin, New-York: Walter de Gruyter. 2001. pp. 913.
40. Stanton L.R., Coetzee R.H. Downs syndrome and dementia // *Adv. Psych. Treatment.* 2004. no. 10. pp. 50–58.
41. Vanneste E., Voet T., Le Caignec C., Ampe M., Konings P., Melotte C., Debrock S., Amyere M., Vikkula M., Schuit F., Fryns J.P., Verbeke G., DHooghe T., Moreau Y., Vermeesch J.R. Chromosome instability is common in human cleavage-stage embryos // *Nat. Med.* 2009. no. 15. pp. 577–583.
42. Vorsanova S.G., Iourov I.Y., Beresheva A.K., Demidova I.A., Monakhov V.V., Kravets V.S., Bartseva O.B., Goyko E.A., Soloviev I.A., Yurov Y.B. Non-disjunction of chromosome 21, alphoid DNA variation and sociogenetic features of Down syndrome // *Tsitol. Genet.* 2005. no. 6. pp. 30–36.
43. Vorsanova S.G., Iourov I.Y., Voinova-Ulas V.Y., Weise A., Monakhov V.V., Kolotii A.D., Soloviev I.V., Novikov P.V., Yurov Y.B., Liehr T. Partial monosomy 7q34-qter and 21pter-q22.13 due to cryptic unbalanced translocation t(7;21) but not monosomy of the whole chromosome 21: a case report plus review of the literature // *Mol. Cytogenet.* 2008. no. 1. 13 p.
44. Vorsanova S.G., Iourov I.Y., Kolotii A.D., Beresheva A.K., Demidova I.A., Kurinnaya O.S., Kravets V.S., Monakhov V.V., Soloviev I.V., Yurov Y.B. Chromosomal mosaicism in spontaneous abortions: analysis of 650 cases // *Rus. J. Genetics.* 2010. no. 46(10). pp. 1197–1200.
45. Vorsanova S.G., Kolotii A.D., Iourov I.Y., Monakhov V.V., Kirillova E.A., Soloviev I.S., Yurov Y.B. Evidence for high frequency of chromosomal mosaicism in spontaneous abortions revealed by interphase FISH analysis // *J. Histochem. Cytochem.* 2005. no. 53(3). pp. 375–380.
46. Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Iourov I.Y. Human interphase chromosomes: a review of available molecular cytogenetic technologies // *Mol. Cytogenet.* 2010. no. 3. 1 p.
47. Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Soloviev I.V., Iourov I.Y. Molecular cytogenetic diagnosis and somatic genome variations // *Curr. Genomics.* 2010. no. 11(6). pp. 440–446.
48. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Iourov I.Y. Human Interphase Chromosomes: Biomedical Aspects. M: Springer. 2013. pp. 216.
49. Yurov Y.B., Iourov I.Y., Monakhov V.V., Soloviev I.V., Vostrikov V.M., Vorsanova S.G. The variation of aneuploidy frequency in the developing and adult human brain revealed by an interphase FISH study // *J. Histochem. Cytochem.* 2005. no. 53(3). pp. 385–390.
50. Yurov Y.B., Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Liehr T., Kolotii A.D., Kutsev S.I., Pellestor F., Beresheva A.K., Demidova I.A., Kravets V.S., Monakhov V.V., Soloviev I.V. Aneuploidy and confined chromosomal mosaicism in the developing human brain // *PLoS ONE.* 2007. no. 2(6). pp. 558.
51. Yurov Y.B., Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Demidova I.A., Kravets V.S., Beresheva A.K., Kolotii A.D., Monakhov V.V., Uranova N.A., Vostrikov V.M., Soloviev I.V., Liehr T. The schizophrenia brain exhibits low-level aneuploidy involving chromosome 1 // *Schizophr. Res.* 2008. no. 98(1–3). pp. 139–147.
52. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Iourov I.Y. The DNA Replication Stress Hypothesis of Alzheimers Disease // *Scientific World Journal.* 2011. no. 11. pp. 2602–2612.
53. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Iourov I.Y. GINnCIN hypothesis of brain aging: deciphering the role of somatic genetic instabilities and neural aneuploidy during ontogeny // *Mol. Cytogenet.* 2009. no. 2. 23 p.
54. Yurov Y.B., Vorsanova S.G., Kolotii A.D., Liehr T., Iourov I.Y. Aneuploidy in the autistic brain: the first molecular cytogenetic study // *Balkan J. Medical Genetics.* 2011. no. 14. 73 p.
55. Yurov Y.B., Vostrikov V.M., Vorsanova S.G., Monakhov V.V., Iourov I.Y. Multicolor fluorescent in situ hybridization on post-mortem brain in schizophrenia as an approach for identification of low-level chromosomal aneuploidy in neuropsychiatric diseases // *Brain & Development.* 2001. no. 23(S1). pp. 186–190.

УДК 62-133.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СПИРАЛЬНО-ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ

**Бразник Ю.В., Несмеянов Н.П., Горшков П.С., Матусов М.Г.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород,  
e-mail: rruzhaya@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена изучению конструктивно-технологических и энергетических параметров работы смесительного оборудования, что является важной задачей при создании перспективных конструкций данного оборудования. В настоящее время нет четких методик определения ключевых параметров работы смесителей принудительного действия для получения сухих строительных модифицированных смесей. В статье приводятся методики определения качественного параметра работы смесительного оборудования и потребляемой мощности при смешивании сухих компонентов на примере работы высокоскоростного спирально-лопастного смесителя, учитывающие высокоскоростной режим смешивания сыпучих материалов. Качественное смешивание в смесителях данного класса происходит за счет псевдооживления слоев перемешиваемого материала, а также за счет создания противоточных конвективных потоков движения материала внутри смесительного барабана, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

**Ключевые слова:** сухие строительные смеси, смеситель, коэффициент неоднородности, мощность

## THE DEFINITION OF BASIC OPERATING PARAMETERS OF THE MIXING EQUIPMENT ON THE EXAMPLE OF THE SPIRAL-LOBANOVO MIXER

**Brazhnik Y.V., Nesmeyanov N.P., Gorshkov P.S., Matusov M.G.**

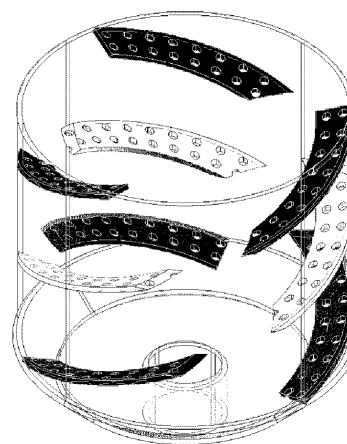
*The Belgorod state technological university of V.G. Shukhov, Belgorod, e-mail: rruzhaya@yandex.ru*

The present article is devoted to the study of design, technology and energy parameters of the mixing equipment, which is an important task in the creation of advanced designs of this equipment. Currently there are no clear methods for determining the key parameters of work of compulsory mixers for receiving the modified dry mortar mixtures. The article presents methods for determining a quality parameter of the mixing equipment and the power consumption when mixing the dry components of the example high-speed spiral-blade mixer, high speed mode taking into account the mixing of bulk materials. Quality of mixing in mixers of this class is due to the fluidization of the layer of mixed material, as well as through the creation of a countercurrent convective flow movement of the material inside the mixing drum, both in horizontal and in vertical directions.

**Keywords:** dry construction mixes, mixer, heterogeneity coefficient, power

В наши дни модифицированные сухие смеси сложного состава: шпаклевки, выравнивающие смеси, клеи высокой степени фиксации и т.д. – получают все более широкое распространение в строительстве. Сегодня производство сухих смесей является не только одним из крупнейших сегментов рынка, но и своеобразной испытательной базой, где перспективные разработки, как в области строительной химии, так и специального технологического оборудования, подвергаются самой серьезной проверке и апробации.

Достижение минимальных энергетических затрат при получении различных смесей с высоким качеством является в настоящее время актуальной задачей и возможно за счет решения вопросов в подсистеме формирования состава и стабилизации модифицированных строительных смесей и совершенствования смесительного оборудования с возможностью использования наиболее эффективных принципов смешивания.



*Рис. 1. Смесительный барабан спирально-лопастного смесителя*

Один из таких принципов смешивания сухих компонентов модифицированных смесей воплощен в новой запатентованной конструкции смесителя [4, 2], разработанной на кафедре механического оборудова-

ния БГТУ имени В.Г. Шухова. Конструкция смесительного барабана (рис. 1) позволяет создать движение материала вдоль корпуса по всей высоте слоя смеси и ее циркуляцию, что обеспечит создание противоточных конвективных потоков перемешиваемого материала как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях (рис. 2). Создание этих потоков обеспечивается за счет установленных спиралей на внутренней поверхности смесительного резервуара.

Давая оценку работы смесительного оборудования, стоит отметить, что наиболее важными ключевыми параметрами являются качественные и энергетические параметры, которые характеризуют степень эффективности создаваемого оборудования и позволяют с высокой долей вероятности использовать это оборудование для получения смесей любых типов.

Все методы, используемые для оценки качества смеси, можно разделить на две группы. К первой группе относятся методы, являющиеся основополагающими или основными для оценки качества. Они дают полное и подробное представление о сухих смесях, но не характеризуют работу оборудования, на котором были произведены эти смеси. Ко второй группе относится метод, который напрямую характеризует работу оборудования (в частности, смесительного) и используется для оценки качества на стадии получения сухих смесей перед их дальнейшим использованием.

Помимо основных критериев оценки качества сухих смесей, существует показатель, который в большей степени качественно характеризует работу смесительного оборудования, основанный на методе статистического анализа получаемой смеси.

Для математического описания процесса изменения концентрации ключевого компонента в роторном спирально-лопастном смесителе будем рассматривать диффузионную модель, которая соответствует потоку с поршневым движением материала (применительно к рассматриваемому смесителю – это циркуляция материала (рис. 3) в зоне 2), осложненная поперечным перемешиванием частиц сыпучего материала (применительно к рассматриваемому смесителю – это движение материала в радиальном направлении (зона 1, рис. 3)), подчиняющимся закону диффузии [1]. Согласно вышесказанному основное уравнение изменения концентрации ключевого компонента смеси можно записать следующим образом:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\bar{v}_z \cdot \frac{\partial C}{\partial Z} + \frac{\bar{D}_r}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \cdot \left( r \cdot \frac{\partial C}{\partial r} \right), \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация ключевого компонента смеси;

$\bar{v}_z$  – среднее значение скорости циркуляции материала вдоль оси  $Oz$ ;

$\bar{D}_r$  – среднее значение коэффициента поперечного перемешивания смеси.

С учетом того, что [4]

$$\bar{v}_z = \frac{1}{H_0 + \Delta z} \cdot \int_0^{H_0 + \Delta z} \sqrt{w^2 - 2 \cdot g \cdot z} \cdot dz = \frac{1}{3} \cdot \frac{w^3}{g \cdot (H_0 + \Delta z)} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{2 \cdot g \cdot (H_0 + \Delta z)}{w^3} \right)^{3/2} \right] \quad (2)$$

и за промежуток времени  $t$  при установившемся режиме циркуляции сыпучего материала вдоль оси  $Oz$  будет пройден путь  $2 \cdot z$ , т.е.

$$2 \cdot z = t \cdot \bar{v}_z, \quad (3)$$

уравнение (1) можно привести к следующему виду:

$$3 \cdot \frac{dC}{dt} = \frac{\bar{D}_r}{r} \cdot \frac{d}{dr} \cdot \left( r \cdot \frac{dC}{dr} \right). \quad (4)$$

Рассматривая коэффициент поперечного перемешивания сыпучего материала как произведение скорости движения материала вдоль радиального направления на величину пути, пройденного вдоль этого направления [1], выразим выражение (1) в следующем виде:

$$3 \cdot \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{A \cdot w \cdot l^2}{6} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot d}{2 \cdot l} \right) \cdot \left[ \frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial C}{\partial r} \right]. \quad (5)$$

Преобразуя данное выражение (5), получим

$$C(\varphi, \xi) = T(\varphi) \cdot \Phi(\xi). \quad (6)$$



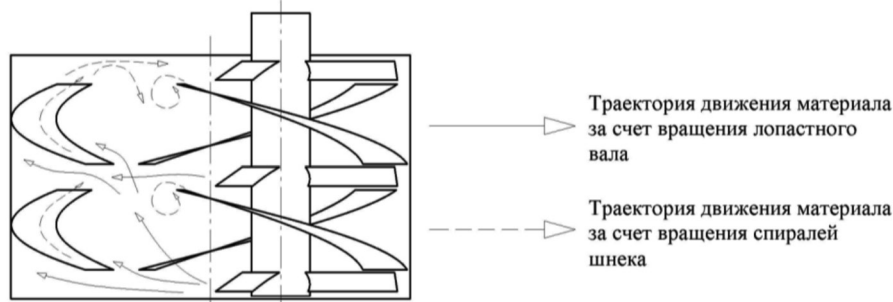


Рис. 2. Схема траекторий движения материала в спирально-лопастном смесителе

Полученное уравнение является функцией изменения концентрации ключевого компонента, решая которое получим

$$C(t,r) = C_0 \cdot \exp \left( - \frac{\psi_1^2 \cdot l^2 \cdot A \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot d}{2 \cdot l} \cdot w \cdot t \right)}{18 \cdot R^2} \cdot w \cdot t \right) \times J_0 \left( \psi_1 \cdot \frac{r}{R} \right) \quad (7)$$

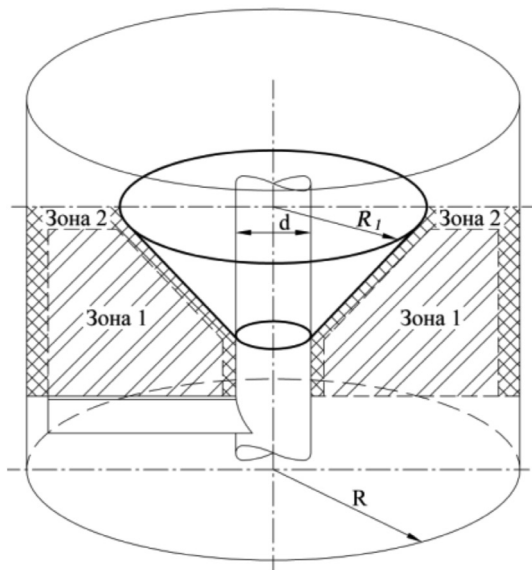


Рис. 3. Схема зон движения материала в спирально-лопастном смесителе

Постоянную  $C_0 = A_1 \cdot T_0$  можно определить, если исходить из следующего граничного условия:

$$C \left( t = 0, r = \frac{d}{2} \right) = C_H, \quad (8)$$

здесь  $C_H$  – начальное значение концентрации ключевого компонента смеси сыпучего

материала. Подстановка (8) в (7) позволит получить:

$$C_0 = \frac{C_H}{J_0 \left( \psi_1 \cdot \frac{d}{2R} \right)} \quad (9)$$

Подстановка полученного результата (9) в (7) позволяет получить следующее выражение, описывающее изменение концентрации ключевого компонента:

$$C(t,r) = \frac{C_H}{Z_0 \left( \psi_1 \cdot \frac{d}{2R} \right)} \times \exp \left( - \frac{\psi_1^2 \cdot l^2 \cdot A \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot d}{2 \cdot l} \cdot w \cdot t \right)}{18 \cdot R^2} \cdot w \cdot t \right) \times Z_0 \left( \psi_1 \cdot \frac{r}{R} \right) \quad (10)$$

Таким образом, полученное соотношение (10) позволяет описать процесс изменения концентрации ключевого компонента сыпучего материала в спирально-лопастном смесителе в зависимости от конструктивных ( $l, d, R$ ) и технологических параметров ( $\lambda, \omega, t$ ) и найти распределение концентрации основного компонента сухой смеси в зависимости от времени и радиальной координаты.

Рассматривая энергетические параметры работы смесительного оборудования, стоит отметить, что на сегодняшний день нет четкой методики расчета потребляемой мощности смесительного оборудования с использованием лопастных мешалок, установленных на вертикальных или близко вертикальных лопастных валах. Существующая методика расчета мощности смесителей с вертикальным валом была предложена Поповым Н.П. [5] для машин с многоярусными лопастными мешалками и гладкими стенками смесительного барабана.

С учетом установки спиралей на внутренней поверхности смесительного барабана (рис. 1) и используя принцип встречных конвективных потоков материала с образованием псевдооживленного слоя, нами предлагается новый подход к определению энергетических параметров работы спирально-лопастного смесителя, включающий в себя определение мощности на подъем материала по спиральной поверхности  $N_c$ , определение мощности затрачиваемой на поддержание скоростного режима смеси  $N_b$ , и мощности, расходуемой на преодоление сил сопротивления движению лопасти  $N_d$ .

Мощность на подъем материала по поверхности одной спирали определяется следующей формулой:

$$N_c = \frac{\gamma_l \cdot g \cdot l_0^2}{2 \cdot \pi} \cdot w \cdot (\sin \delta_0 + f \cdot \cos \delta_0) \times \Delta r \cdot \sum_{i=1}^n (H_i - h_0), \quad (11)$$

где  $l_0$  – длина винтовой линии спирали шнека;  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора;  $\delta_0$  – угол подъема винтовой спирали;  $f$  – коэффициент трения перемешиваемого материала о поверхность шнека;  $H_i$  – высота слоя материала над  $i$  лопастью;  $h_0$  – высота подъема спирали.

Для определения мощности, затрачиваемой на поддержание скоростного режима смеси будем исходить из определения энергии вихревого движения в зоне воронки, которое с учетом представленной схемы (рис. 4) можно привести к следующему виду:

$$E = 2\pi\alpha U_0^2 (H_{max} - Z_0) \int_0^{R_0} \left( \frac{d\theta}{dr} \right)^2 r dr. \quad (12)$$

При задании угла

$$\theta = 2\text{arctg} \frac{R_0}{r}$$

энергия вихря в зоне воронки будет определяться

$$E = 8\pi\alpha U_0^2 (H_{max} - Z_0) \int_0^{R_0} \frac{R_0^4 r dr}{(r^2 + R_0^2)^2}. \quad (13)$$

Тогда с учетом преобразования формулы (13), находим выражение для величины мощности, необходимой для поддержания скоростного режима смеси:

$$N_b = 2\pi \cdot \frac{\gamma_0 V_b}{k} \cdot \frac{(H_{max} - Z_0)}{R_0} \cdot w \times \left[ w^2 (a + L)^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{4f_0^2} \right) - 2gZ_0 \right] \quad (14)$$

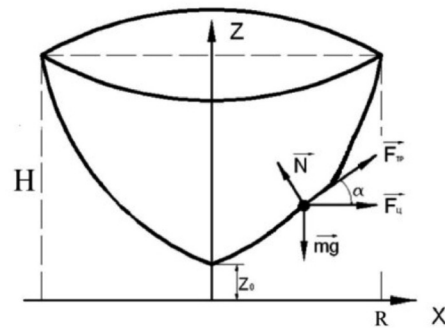


Рис. 4. Схема сил, действующих на частицу материала смеси, находящейся на свободной поверхности воронки

Таким образом, полученное соотношение (14) определяет значение мощности, которую необходимо затратить для поддержания скоростного движения частиц смеси.

Мощность  $N_d$ , необходимая для преодоления сил сопротивления движению лопасти смесителя, будет складываться из мощности  $N_1$ , затрачиваемой на преодоление силы сопротивления оказываемой давлением материала смеси на поверхность лопасти, из мощности  $N_2$ , затрачиваемой на преодоление сопротивления трения по внутренней боковой поверхности цилиндрического корпуса вследствие давления центробежной силой  $F_{ц}$ , из мощности  $N_3$ , затрачиваемой на преодоление сопротивления сдвига смеси материала относительно смеси, расположенной над лопастью,  $N_4$  – мощности на преодоление сопротивления трения по дну цилиндрического корпуса при перемещении лопастью материала.

Для определения вышеперечисленных мощностей примем расчетную схему действия сил на лопасть спирально-лопастного смесителя (рис. 5).

Мощность, затрачиваемая на преодоление силы сопротивления оказываемой давлением материала смеси на поверхность лопасти:

$$N_1 = \frac{\pi\gamma_0}{2k} \cdot h \cdot (L^2 - a^2) (L + a) w \cdot g \cdot \text{ctga}. \quad (15)$$

Величина мощности  $N_2$ , затрачиваемой на преодоление сопротивления трения по внутренней боковой поверхности цилиндрического корпуса вследствие давления центробежной силой, будет согласно определению находиться из следующего соотношения:

$$N_2 = \frac{\pi f_0 \gamma_0}{k} h \cdot w^3 (L^2 - a^2) \cdot (L + a)^2 \cdot \text{cosa}. \quad (16)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления сдвига смеси материала

относительно смеси, расположенной над лопастью:

$$N_3 = A_3 \cdot w = \frac{L \cdot h \cdot \gamma_0 \cdot g \cdot w}{4k} (L^2 - a^2) \cos \alpha. \quad (17)$$

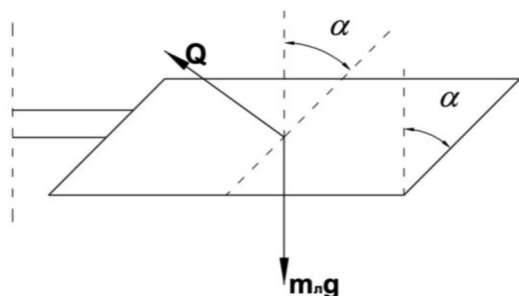


Рис. 5. Расчетная схема к определению сил, действующих на лопасть

Величина мощности  $N_4$ , мощности на преодоление сопротивления трения по дну цилиндрического корпуса при перемещении лопастью материала, определяется:

$$N_4 = \frac{1}{2} \cdot f_0 \cdot \frac{\pi \cdot h \cdot \gamma_0 \cdot g \cdot w}{k} \cdot \frac{(L^2 - a^2)^2}{L + a}. \quad (18)$$

Если на валу находится  $n$  лопастей, тогда полную мощность  $N_0$ , затрачиваемую на приведение в движение в высокоскоростном лопастном смесителе материала, будет определять следующее выражение:

$$N_0 = N_b + \psi h (N_1 + N_2 + N_3) + N_4, \quad (19)$$

где  $\psi$  – коэффициент, учитывающий взаимное влияние лопастей друг на друга при их движении.

Таким образом, разработанная методика для определения ключевых параметров работы смесительного оборудования, учитывающая принцип высокоскоростного режима смешивания сыпучих материалов с учетом противоточных конвективных потоков перемешиваемого материала, позволяет получать различные сухие смеси с высоким качеством при минимальных энергетических затратах в зависимости от конструктивно-технологических параметров лопастных смесителей принудительного действия.

### Список литературы

1. Бражник Ю.В. Разработка спирально-лопастного смесителя с высокоскоростным режимом смешивания для сыпучих материалов / Ю.В. Бражник, Н.П. Несмеянов, В.П. Воронов // Вестник ИрГТУ, 2015. – № 8.
2. Воронов В.П. Спирально-лопастной противоточный смеситель для производства сухих строительных смесей / В.П. Воронов, Н.П. Несмеянов, П.С. Горшков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – № 1. – С. 66.
3. Горшков П.С. Новые способы комплексного снижения энергетических затрат при получении сухих строительных цементных смесей / П.С. Горшков, Н.П. Несмеянов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – № 2. – С. 49.
4. Горшков П.С. Роторный спирально-лопастной смеситель периодического действия: Диссертация канд. техн. наук. – Белгород, 2013. – 153 с.
5. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: «Машиностроение», 1973. – 216 с.
6. Чемеричко Г.И. Качественная оценка процесса смешивания в роторном спирально-лопастном смесителе / Г.И. Чемеричко, Н.П. Несмеянов, П.С. Горшков, Ю.С. Бражник // Межвузовский сборник статей. Энергоэффективные технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. – Белгород, БГТУ, 2013. – Вып. XII. – С. 469.

### References

1. Brazhnik Ju.V. Razrabotka spiralno-lopastnogo smesitelja s vysokoskorostnym rezhimom smeshivanija dlja sypuchih materialov / Ju.V. Brazhnik, N.P. Nesmejanov, V.P. Voronov // Vestnik IrGTU, 2015. no. 8.
2. Voronov V.P. Spiralno-lopastnoj protivotochnyj smesitel dlja proizvodstva suhix stroitelnyh smesej / V.P. Voronov, N.P. Nesmejanov, P.S. Gorshkov // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova, 2012. no. 1. pp. 66.
3. Gorshkov P.S. Novye sposoby kompleksnogo snizhenija jenergeticheskix zatrat pri poluchenii suhix stroitelnyh cementnyh smesej / P.S. Gorshkov, N.P. Nesmejanov // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2012. no. 2. pp. 49.
4. Gorshkov P.S. Rotornyj spiralno-lopastnoj smesitel periodicheskogo dejstvija: Dissertacija kand. tehn. nauk. Belgorod, 2013. 153 p.
5. Makarov Ju.I. Apparaty dlja smeshenija sypuchih materialov / Ju.I. Makarov. M.: «Mashinostroenie», 1973. 216 p.
6. Chemerichko G.I. Kachestvennaja ocenka procesa smeshivanija v rotornom spiralno-lopastnom smesitele / G.I. Chemerichko, N.P. Nesmejanov, P.S. Gorshkov, Ju.S. Brazhnik // Mezhvuzovskij sbornik statej. Jenergojeffektivnye tehnologicheskie komplekсы i oborudovanie dlja proizvodstva stroitelnyh materialov. – Belgorod, BGTU 2013. Vyp. XII. P. 469.

### Рецензенты:

Севостьянов В.С., д.т.н., профессор, ректор БИЭИ, г. Белгород;  
 Шарапов Р.Р., д.т.н., профессор кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород.

УДК 629.7.035.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ НА ЛОПАТКАХ КОМПРЕССОРА ВЕРТОЛЕТНОГО ГТД

Головина Н.Я., Кривошеева С.Я.

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, филиал в г. Сургуте, Сургут,  
e-mail: ntgolovina@rambler.ru*

В условиях работы на запыленном воздухе происходит загрязнение проточной части двигателя. Это приводит к ухудшению характеристик силовых установок двигателя. В данной работе приводятся результаты исследований массы, плотности, толщины слоя и микроструктуры отложений на лопатках ротора компрессора вертолетного ГТД, имеющего номинальную мощность 883 кВт после отработки 1500 ч. Исследования проводились на десяти лопатках каждой ступени. Лопатки взвешивались до и после очистки, затем рассчитывалась средняя масса отложений. Результаты исследования показывают, что на последних ступенях компрессора плотность отложений больше, чем на первых. Режим с полным проявлением шероховатости для указанного двигателя реализуется на первых шести ступенях компрессора. Сделан вывод о том, что на характеристики пограничного слоя и значение коэффициента трения на поверхности лопаток наибольшее влияние оказывает среднеарифметический размер высоты неровностей  $R_z$ . Полученные данные используются для разработки способов очистки проточной части компрессора.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель (ГТД), вертолет, лопатка, отложения

## THE STUDY OF DEPOSITS ON THE COMPRESSOR BLADES OF THE HELICOPTER GTE

Golovina N.Y., Krivosheeva S.Y.

*Tyumen State Oil and Gas University, branch in Surgut, Surgut, e-mail: ntgolovina@rambler.ru*

In the dusty air pollution flowing part of the engine. This leads to a deterioration of the characteristics of the power plant engine. In this paper, the results of studies of mass, density, thickness and microstructure of the deposits on the blades of the rotor compressor helicopter GTE having a nominal capacity of 883 kW after working 1500 hours. Studies were conducted on ten blades of each stage. The blades were weighed before and after cleaning, and then calculated the average mass of sediment. The results study show that in the last stages of the compressor, the density of the sediments is greater than the first stages. Mode with the full manifestation of roughness for the specified engine is implemented on the first six stages of the compressor. The conclusion is that the characteristics of the boundary layer and the coefficient of friction to the surface of the blades has the greatest influence average size height of irregularities  $R_z$ . The data obtained are used to develop methods of cleaning flow compressor parts.

**Keywords:** gas turbine engine (GTE), a helicopter, blade, deposits

Эксплуатация вертолетов вблизи промышленных предприятий и с грунтовых площадок приводит к значительному ухудшению характеристик их силовых установок вследствие образования шероховатых отложений на лопатках компрессора. Механизм образования отложений представляет собой сложную картину взаимодействия частиц пыли и сажи с турбулентным пограничным слоем на поверхности лопаток [2]. Осаждению способствуют вторичные течения в межлопаточных каналах и повышенная турбулентность потока. Отложения образуются на спинках лопаток и представляют собой слой сажи с мелкодисперсной пылью, который ухудшает качество их поверхности из-за роста шероховатости.

Учет влияния шероховатости на развитие пограничного слоя и расчет потерь в компрессоре с отложениями на лопатках необходимы при решении вопросов диагностирования загрязненных газотурбинных двигателей (ГТД). Кроме того, распределение толщины слоя и плотности отложений по ступеням компрессора должно учиты-

ваться при разработке эффективных способов очистки его проточной части [4, 5].

В настоящей работе приводятся результаты исследований массы  $m$ , плотности  $\rho$ , толщины слоя  $h$  и микроструктуры отложений, образующихся на лопатках ротора компрессора вертолетного ГТД, имеющего номинальную мощность 883 кВт после отработки 1500 ч.

На рис. 1 представлено распределение массы отложений на лопатках ротора по ступеням компрессора. Измерения проводились на аналитических весах WA-31 по данным взвешивания десяти лопаток каждой ступени. Лопатки взвешивали до очистки и после нее, затем рассчитывали среднюю массу отложений, отнесенную к площади  $F$  поверхности спинки пера. Из рис. 1 видно, что наиболее загрязненными являются первые семь ступеней компрессора. Такой характер зависимости обусловлен наиболее сильным влиянием вторичных течений на первых ступенях, радиальным зазором в рабочих решетках и интенсивным вихреобразованием потока у лопаток регулируемых направляющих аппаратов.

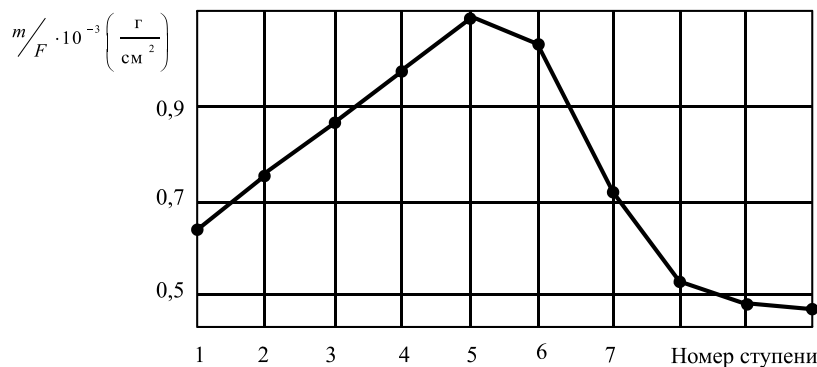


Рис. 1. Распределение массы отложений на лопатках ротора по ступеням компрессора

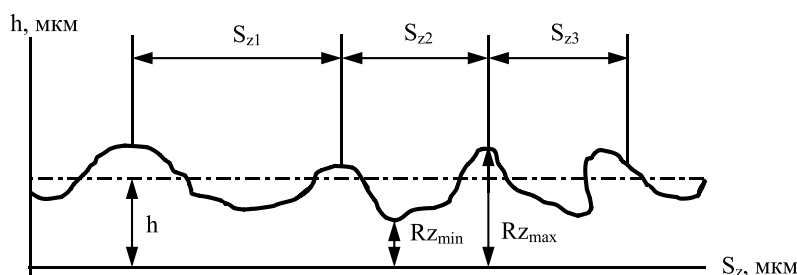


Рис. 2. Микроструктура рельефа отложений на лопатках ротора первой ступени ( $\times 240$ )

Исследование микроструктуры рельефа отложений выполнялось на шлифах поперечного разреза пера лопаток каждой ступени. Анализировались фотографии, полученные на микроскопе МИМ-8 при 240-кратном увеличении. На рис. 2 показана характерная форма рельефа отложений, образующихся на спинке профиля пера лопатки первой ступени ротора.

Отложения представлены в виде темного слоя между эпоксидным клеем, применявшимся при изготовлении шлифов, и поверхностью лопатки. Видно, что отложения имеют развитую шероховатую поверхность со сложной конфигурацией выступов и впадин. Обработка экспериментальных данных позволяет получить осредненную величину толщины слоя отложений  $h$  для каждой ступени, по которой рассчитывается их плотность. Результаты измерений и расчетные параметры приведены в таблице.

Анализ изменения плотности отложений по ступеням компрессора позволяет сделать вывод, что на последних ступенях плотность больше, чем на первых. Увеличение плотности происходит под действием повышенных давления и температуры газа, а также под влиянием активной турбулентной диффузии.

Статистическое описание параметров шероховатости позволяет определить для каждой ступени среднеарифметический размер высоты неровностей  $R_z$  (таблица), характеризующийся разностью средних

величин пяти наибольших выступов и наибольших впадин на определенной базе.

Шероховатость поверхности вносит существенный вклад в формирование пограничного слоя, который при определенных условиях может реализоваться в квазигладкое течение или режим с полным проявлением шероховатости [1]. Шероховатость не проявляется до тех пор, пока выступы элементов шероховатости утоплены в вязком ламинарном подслое. Это происходит до достижения некоторого критического числа Рейнольдса  $Re_{кр} = 100$ , вычисленного по величине эквивалентной шероховатости принят параметр  $R_z$ . Используя данные о газодинамических параметрах потока и геометрических размерах лопаток вертолетного ГТД, можно рассчитывать для каждой ступени допускаемые значения  $R_{zm}$ , при которых проявление шероховатости отсутствует (таблица).

Сравнение полученных величин  $R_z$  с расчетным  $R_{zm}$  показывает, что режим с полным проявлением шероховатости для двигателя, имеющего 1500 ч, реализуется на первых шести ступенях компрессора. На этом режиме пульсационное движение в пограничном слое посредством кажущихся напряжений извлекает часть энергии из потенциального потока. Затем эта энергия за счет турбулентной диссипации преобразуется в тепло. Коэффициент трения на шероховатой поверхности при таком режиме течения в несколько раз больше, чем на гидравлически гладкой.

Параметр	Номер ступени									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m \cdot 10^{-3}, \text{ г}$	13,6	12,1	10,1	8,30	7,60	6,00	3,50	2,40	2,00	1,60
$F, \text{ см}^2$	22,0	16,3	11,6	8,70	7,20	6,00	4,80	4,50	4,10	3,50
$h, \text{ мкм}$	53,0	42,0	32,5	24,5	18,0	12,5	7,60	4,80	4,00	3,40
$m/F \cdot 10^{-3}, \text{ г/см}^2$	0,62	0,74	0,87	0,95	1,05	1,00	0,73	0,53	0,49	0,46
$\rho, \text{ г/см}^3$	0,12	0,18	0,27	0,38	0,58	0,80	0,96	1,10	1,23	1,33
$R_z, \text{ мкм}$	35,0	22,0	15,1	10,4	7,10	4,80	3,20	2,20	1,60	1,30
$R_{z\text{м}}, \text{ мкм}$	6,0	4,7	4,2	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7
$S_z, \text{ мкм}$	110	76	59	48	40	33	28	25	23	22
$N$	3,1	3,5	3,9	4,6	5,6	6,9	8,7	11,2	14,4	16,9

Величина коэффициента трения и характеристики пограничного слоя на шероховатой поверхности, кроме того, зависят от продольного расстояния между вершинами элементов шероховатости и распределения ее по поверхности. В таблице представлены данные о параметре распределения элементов шероховатости  $N$  по поверхности. Этот параметр характеризуется отношением среднеарифметического расстояния между вершинами неровностей  $S_z$  к величине  $R_z$ .

В работе [3] экспериментальным путем получены значения параметра  $N$ , при которых возникают различные режимы и структуры течения. Например, при  $N \leq 7$  сопротивление поверхности практически постоянно, так как за элементами шероховатости образуются небольшие вращающиеся вихри, которые остаются между ними и не оказывают влияния на течение газа вдали от стенки. Увеличение параметра  $N > 7$  приводит к интенсивному росту амплитуды скорости и изменению структуры течения за счет отрыва крупных вихрей и их проникновения в основной поток. Сопротивление такой поверхности увеличивается в 2–2,5 раза. При  $N > 16$  происходит постепенное снижение сопротивления поверхности вследствие повторного присоединения потока.

Из таблицы видно, что значения параметра  $N > 7$  имеют место на четырех последних ступенях. Однако здесь по параметру  $R_z$  режим течения соответствует гидравлически гладкому. Значит, структура турбулентного течения вблизи таких элементов шероховатости соответствует режиму без взаимодействия аэродинамических следов и не зависит от параметра  $N$  на всех ступенях компрессора.

Таким образом, исследование микроструктуры рельефа отложений, образующихся на лопатках ротора компрессора вертолетного ГТД после отработки 1500 ч,

показывает, что при расчете влияния шероховатости на характеристики пограничного слоя и при оценке коэффициента трения на поверхности лопаток необходимо учитывать параметр  $R_z$ , а влиянием параметра  $N$  можно пренебречь. Полученные данные о распределении плотности и массы отложений по ступеням компрессора позволяют разработать эффективные способы очистки проточной части компрессора.

#### Список литературы

1. Белянин Н.М. Влияние шероховатости поверхности лопаток на течение газа в компрессоре // Тр. ЦИАМ. – М., 1985. – Вып. 1128. – С. 138–149.
2. Занун Э.-С. Масштабирование усредненного потока вдоль пограничных слоев на гладкой и шероховатой стенках // Теплофизика и аэромеханика. – 2010. Т. 17, № 1. – С. 23–42.
3. Ломов С.А., Ломов И.С. Основы математической теории пограничного слоя. – Издательство МГУ, 2011. – 455 с.
4. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 742 с.
5. Zanoun E.-S., Durst F., Saleh O., Al-Salaymeh A. Wall skin friction and mean velocity profiles of fully developed turbulent pipe flows // Exp. Therm. Fluid Sci. – 2007. – № 32(1). – P. 249–261.

#### References

1. Beljanin N.M. Vlijanie sherohovatosti poverhnosti lopatok na techenie gaza v kompressore // Tr. CIAM. M., 1985. Vyp. 1128. pp. 138–149.
2. Zanun Je.-S. Masshtabirovanie usrednennogo potoka vdol pogranychih sloev na gladoj i sherohovatoj stenkah // Teplofizika i aeromehanika. 2010. T. 17, no. 1. pp. 23–42.
3. Lomov S.A., Lomov I.S. Osnovy matematicheskoj teorii pogranychih sloja. Izdatelstvo MGU, 2011. 455 p.
4. Shlihting G. Teorija pogranychih sloja. M.: Nauka, 1974. 742 p.
5. Zanoun E.-S., Durst F., Saleh O., Al-Salaymeh A. Wall skin friction and mean velocity profiles of fully developed turbulent pipe flows // Exp. Therm. Fluid Sci. 2007. no. 32(1). pp. 249–261.

#### Рецензенты:

Бахарев М.С., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Нефтегазовое дело», Тюменский государственный нефтегазовый университет, филиал в городе Сургуте, г. Сургут;

Федоров В.Н., д.т.н., профессор, начальник отдела гидродинамических скважин, ООО «БашНИПИнефть», г. Уфа.

УДК 681.52

## СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОВ, ПЕРЕМЕЩАЕМЫХ МОСТОВЫМИ КРАНАМИ С СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО УСПОКОЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ

<sup>1</sup>Мещеряков В.Н., <sup>2</sup>Колмыков В.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Липецк,  
e-mail: mesherek@stu.lipetsk.ru;

<sup>2</sup>ОАО «НЛМК», Липецк, e-mail: kolmykov\_vv@mail.ru, dmitrymigunov@yahoo.com

В статье рассмотрено устройство подавления колебаний груза, перемещаемого мостовыми кранами. Предложена функциональная схема трехмассовой электромеханической системы механизма передвижения тележки с системой управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора асинхронного двигателя с устройством ограничения колебаний груза. Рассмотрены способы определения параметров перемещаемого груза (вес груза и длина подвеса), необходимые для функционирования устройства подавления колебаний. Наиболее предпочтительным способом определения веса груза является косвенный способ на основе энергетических характеристик электропривода подъема – зависимость потребляемой мощности от веса поднимаемого груза. Данная зависимость является линейной, что позволяет вводить ее в память программируемого логического контроллера по двум точкам. Длину подвеса можно определять с помощью датчика угла поворота барабана или пересчитывать в соответствии со скоростью электропривода и конструктивных параметров механизма подъема. Коррекция значения длины подвеса осуществляется по сигналу от датчика ограничителя высоты подъема.

**Ключевые слова:** мостовые краны, устройство подавления колебаний, способы определения веса поднимаемого груза, тензодатчик, способы определения длины подвеса

## METHODS FOR DETERMINING PARAMETERS OF CARGO TRANSPORTED BY BRIDGE CRANES WITH AUTOMATIC SWINGING SUPPRESSION SYSTEM

<sup>1</sup>Mescheryakov V.N., <sup>2</sup>Kolmykov V.V.

<sup>1</sup>Federal State Educational Institution of Higher Professional Education

«Lipetsk State Technical University», Lipetsk, e-mail: mesherek@stu.lipetsk.ru;

<sup>2</sup>OAO «NLMK», Lipetsk, e-mail: kolmykov\_vv@mail.ru, dmitrymigunov@yahoo.com

The article presents the device for swinging suppression of cargo transported by bridged cranes. The functional diagram of a three-mass electromechanical system of the ceiling crab drive mechanism with control system based on the indirect exposure to the vector of the rotor flux linkage of the induction motor and the device with the function of cargo swinging restriction is proposed. The methods of determining the parameters of transported cargo (weight and suspension length) used for the device for swinging suppression. The preferred method of determining the weight of the cargo is an indirect method based on the energy characteristics of the electric drive lift mechanism. It is a dependence of the power consumption from the cargo weight. This dependence is a linear, which allows to input this data in the memory of the controller by two points. The suspension length can be determined by the encoder of the winch or be counted in accordance with the actual speed and the parameters of the lifting mechanism. The value adjustment of the suspension length is based on a signal from the sensor of the height lifting limiter.

**Keywords:** bridge crane, device for swinging suppression, methods for determining the cargo weight, ceiling crab, methods for determining the suspension length

В современных системах автоматизации крановых механизмов электропривода выполняют функции ведомого звена. Высший уровень реализуется на базе программируемых логических контроллеров. Зарубежные поставщики кранового оборудования разрабатывают и предлагают потребителям специализированные системы управления, позволяющие подавлять колебания груза при движении подъемно-транспортных механизмов [1, 2].

При перемещении тележки (или моста) подвешенный груз подвержен раскачиванию. Без использования различных устройств ограничения колебаний только опытные операторы способны эффективно управлять перемещением груза. Использование систем подавления колебаний обеспечивает значительную экономии времени за счет снижения потерь времени на ожидание прекращения колебаний груза при выполнении сложных опе-

раций по точному позиционированию. Кроме того, раскачивание транспортируемого груза является одним из факторов, вызывающих деформацию конструкции мостовых кранов и увеличивающих нагрузку на привод [3].

Для разработки устройства ограничения колебаний из дифференциального уравнения, описывающего отклонение груза при движении тележки мостового крана [4], получим передаточную функцию

$$W_{гт}(p) = \frac{x_0(p)}{M_{дин.т}} = \frac{k_t / m_t}{p^2 + \frac{K_{св}}{m_t} p + \left(1 + \frac{m_t}{m_{II}}\right) \frac{g}{l_{II}}}, \quad (1)$$

где  $K_{св}$  – коэффициент сопротивления воздуха, учитывающий аэродинамическую

силу, наветренную площадь груза, изменение ветрового давления по высоте;  $x_0$  – отклонение груза от положения равновесия;  $l_n$  – длина подвеса;  $m_p$ ,  $m_T$  – масса груза и тележки.

Полученная передаточная функция представляет собой колебательное звено с коэффициентом усиления колебательного звена  $\frac{k_T l_n}{g(m_T + m_r)}$  и относительным коэффициентом затухания колебательного звена  $\frac{K_{св}}{2m_T} \sqrt{\frac{m_T l_n}{g(m_T + m_r)}}$ .

В процессе колебаний груза происходит их затухание. На интенсивность рассеивания энергии при колебаниях влияет много факторов. Известные способы ограничения колебаний [9], сводятся в конечном итоге к ограничению динамического момента или заданию определенного закона изменения динамического момента, вследствие которого колебания груза в конце переходного процесса отсутствуют. Таким образом, основным способом ограничения колебаний является изменение динамического момента в зависимости от величины отклонения перемещаемого груза от положения равновесия.

Использование модели для оценки раскачивания груза на основе внутренних переменных привода, длины грузового каната и веса груза позволит корректировать сигнал задания скорости электропривода (динамический момент), таким образом, что при достижении заданной скорости или остановки раскачка груза практически от-

сутствует. Для этого в систему управления необходимо ввести корректирующий сигнал, пропорциональный величине отклонения груза от положения равновесия [9].

Корректирующий сигнал, пропорциональный отклонению груза от положения равновесия, можно получить косвенно [9]. Для этого необходимо иметь модель системы «точка подвеса – груз». Используя передаточную функцию (1) и имея в каждый момент времени значение скорости точки подвеса груза, можно вычислить значение отклонения груза  $x_0$ .

На основании уравнения (1) строим схему устройства ограничения колебаний в плоскости движения тележки мостового крана [9]. Функциональная схема определения угла отклонения в плоскости движения тележки представлена на рис. 1. Входными параметрами являются ускорение тележки  $\frac{d\omega}{dt}$  – выход блока задатчика интенсивности и измеренные с помощью датчиков длина подвеса  $l_n$  и масса груза  $m_T$ . Выход – величина отклонения груза от вертикальной оси  $x_0$  в плоскости движения тележки.

Устройство [9] ограничения раскачивания груза в плоскости движения тележки содержит (рис. 1) задатчик интенсивности – 1; пропорциональные усилители 4, 9 и 18 с коэффициентами усиления  $K_T$ ,  $K_{св}$  и  $K_{кор,Т}$  соответственно; сумматоры – 5, 16, 19; интеграторы – 6, 7; делители – 8, 13 и 15; блоки умножения – 11, 14; блоки формирующие константные значения: 10 (масса тележки – паспортные данные), 12 (ускорение свободного падения –  $9,81 \text{ м/с}^2$ ), 17 (число 1).

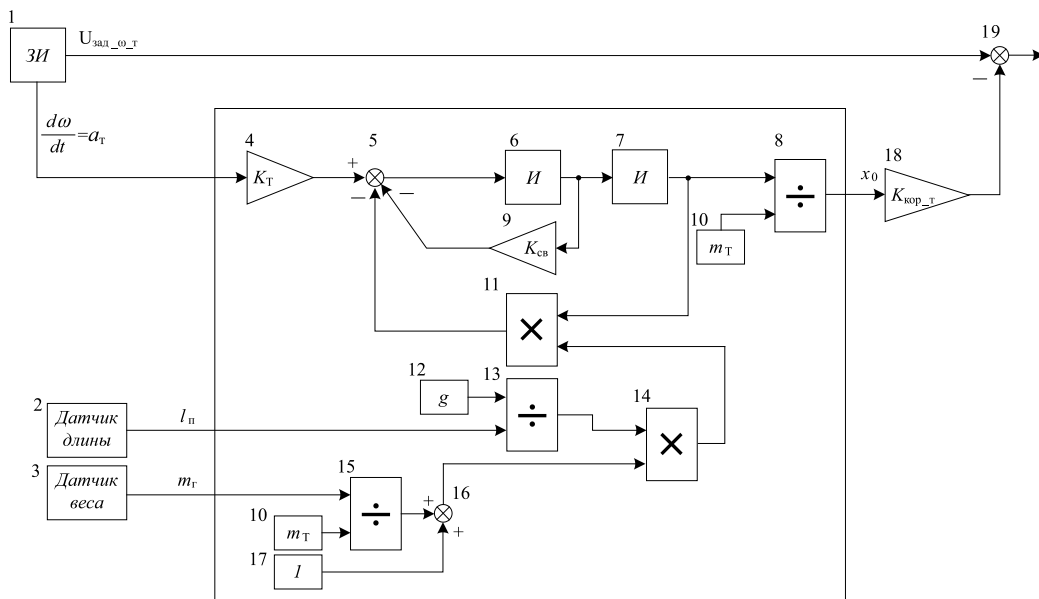


Рис. 1. Функциональная схема определения угла отклонения груза в плоскости движения тележки



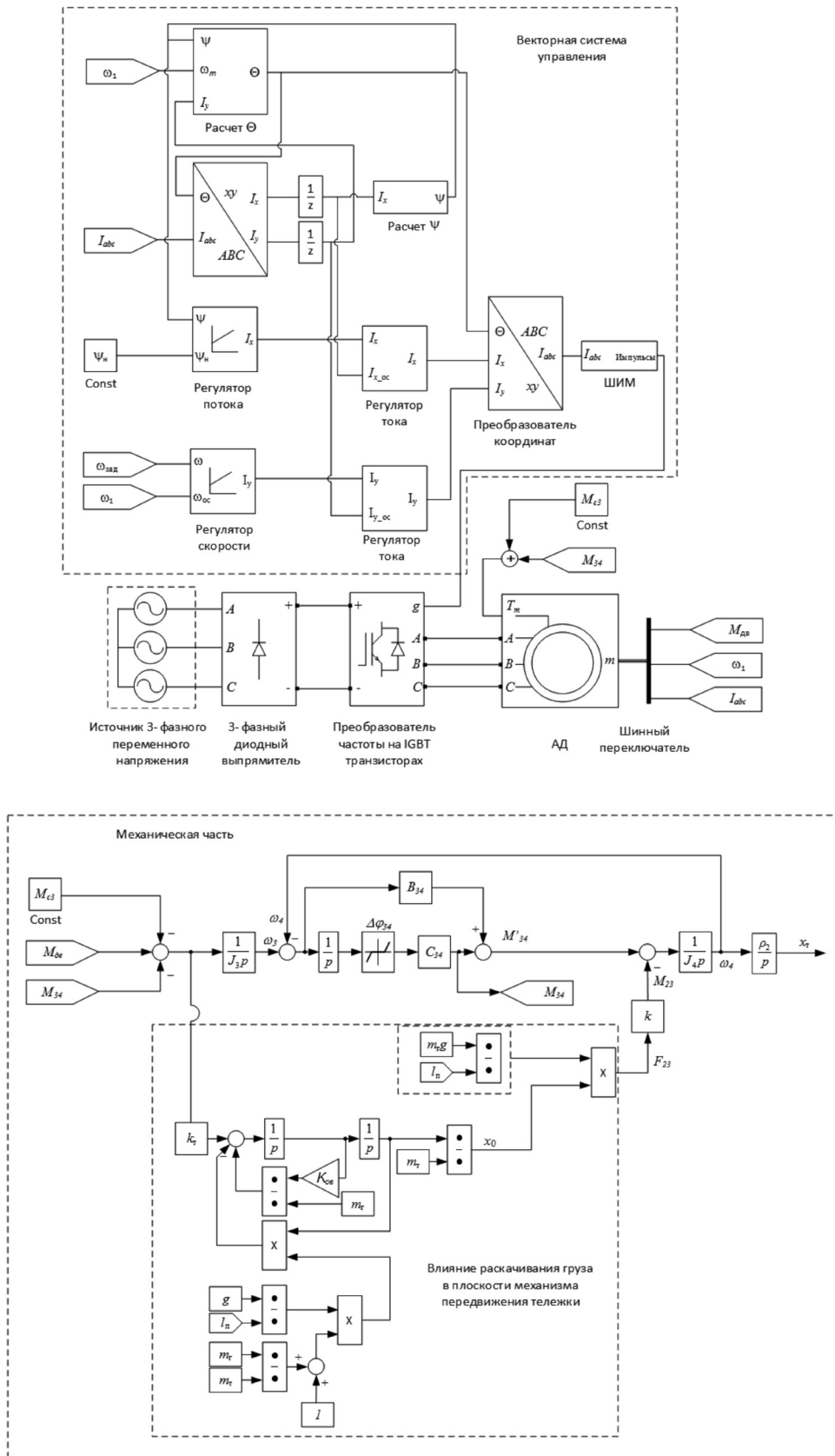


Рис. 2. Функциональная схема трехмассовой электромеханической системы механизма передвижения тележки с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора асинхронного двигателя



Рис. 3. Способы определения веса груза

Полученное значение угла отклонения груза от вертикальной оси в плоскости движения тележки поступает на вход пропорционального усилителя 18 с коэффициентом масштабирования  $K_{кор.г}$ . Сигнал с выхода усилителя вычитается из сигнала задания на скорость. Разница поступает на вход регулятора скорости и является заданием скорости (рис. 1).

Влияние корректирующих сигналов на систему регулирования механизмами горизонтального перемещения мостового крана определяется величиной коэффициента коррекции.

Функциональная схема системы с ограничением колебаний груза представлена на рис. 2. Она отображает простую систему управления, включающую в себя только систему ограничения колебаний груза [6].

Для корректной работы предложенного устройства подавления колебаний необходимо знать вес груза и длину подвеса. Рассмотрим способы определения указанных величин.

Руководящие документы Ростехнадзора [8] регламентируют необходимость установки ряда приборов безопасности на грузоподъемные краны. К этой категории относятся ограничители предельной нагрузки кранов (или ограничители грузоподъемности – ОГП). ОГП являются приборами безопасности и предназначены для защиты конструкций и механизмов электрических грузоподъемных механизмов от перегрузки путем отключения привода механизма путем отключения превышающей 115% от номинальной. Как правило, ОГП состоят из датчиков силы,

микропроцессора и исполнительных реле. Обзор ограничителей грузоподъемности отечественного производства (ПС80, ОГМК «МОСТ-1», ОГМК «Волна», ОПН «Альфа-М»), показал, что отсутствует возможность передачи веса поднимаемых грузов в сторонние системы (наличие регистраторов позволяет сохранять информацию о режимах работы грузоподъемных механизмов, но считывание данных производится с помощью специальных устройств, имеющих возможность подключения к персональному компьютеру для обработки полученных данных).

Таким образом, ОГП не могут использоваться для определения веса груза в системе ограничения колебаний груза. Обзор способов определения веса груза представлен на рис. 3.

В системе можно использовать прямые методы измерения веса груза на крюке: встроенные силоизмерители в конструкции крана или внешние датчики силы. Тензометрические датчики имеют пределы взвешивания от нескольких граммов до сотен тысяч тонн. Как правило, тензодатчики состоят из цельного металлического упругого элемента, который одновременно является корпусом. В наиболее чувствительном месте такого элемента располагаются тензорезисторы, закрываемые снаружи, как правило, металлическими крышками. В корпусе датчика располагается разъем либо кабельный ввод для подключения к вторичной аппаратуре. Каждый такой тензодатчик обычно имеет четыре тензорезистора, включенных в мостовую схему [5]. Некоторые производители вклю-

чают в схему несколько дополнительных тензорезисторов, обеспечивающих температурную стабильность показаний датчика. Вывод с питающей и измерительной диагоналей моста подключается к вторичной аппаратуре.

Для подключения тензодатчика к программируемому логическому контроллеру (ПЛК) необходимо, чтобы ПЛК поддерживал функцию подключения тензомостов (в модульных ПЛК – наличие модуля для подключения тензодатчика). В случае отсутствия модулей подключения тензодатчиков можно использовать преобразователи (усилители), осуществляющие преобразование сигнала тензодатчика в нормированный электрический сигнал.

В косвенных методах, вес груза определяется на основании энергетических показателей электропривода механизма подъема (поскольку транспортировке груза всегда предшествует подъем груза с опоры). Принцип измерения веса груза, как силы, действующей на канатную систему от массы груза, состоит в определении его по заранее снятой зависимости одного или нескольких информационных параметров от веса поднимаемого груза [7]. Наиболее информативными параметрами асинхронного двигателя (АД) для измерения веса груза на крюке являются частота вращения вала АД, ток статора и потребляемая мощность.

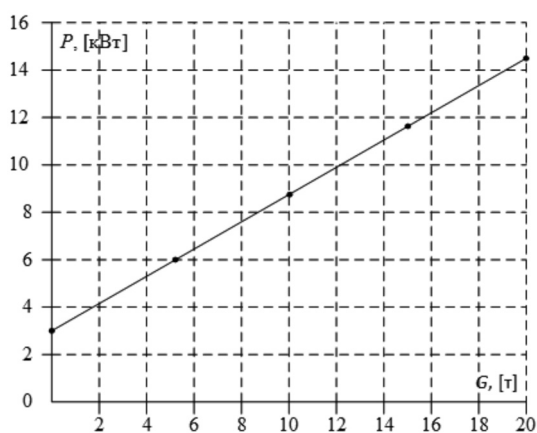


Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности от массы поднимаемого груза

Использование частоты вращения вала АД в качестве информационного параметра усложняется установкой датчика частоты вращения на вал двигателя, что часто затруднительно и экономически не целесообразно. Такого недостатка лишены методы косвенного измерения массы груза по току статора и потребляемой мощности двигателя. Ток статора нелинейно зависит от веса

груза, поэтому при построении рабочей характеристики необходимо измерять ее по нескольким точкам, а для этого необходимо поднимать несколько грузов известных масс, что повышает трудоемкость работ [7]. Наиболее предпочтительным информативным параметром асинхронного двигателя является потребляемая мощность двигателя. Зависимость потребляемой мощности от веса поднимаемого груза представлена на рис. 4. Данная зависимость является линейной, что позволяет вводить ее в память ПЛК по двум точкам. При расчете веса поднимаемого груза необходимо учесть время переходного процесса при пуске АД, т.к. на данном участке времени информативные параметры не обеспечивают достоверность измерения веса груза.

Длину подвеса можно определять с помощью датчика угла поворота барабана или пересчитывать в соответствии со скоростью электропривода и конструктивных параметров механизма подъема. В процессе работы мостового крана, очевидно, будет накапливаться ошибка в определении длины подвеса. Корректировать ошибку можно с помощью ограничителя механизма подъема (грузозахватное устройство в верхнем положении) – при его срабатывании внести константу, равную минимальной длине подвеса. Максимальное значение длины подвеса можно определить в процессе наладки мостового крана, используя формулу периода колебаний математического маятника (справедлива для физического маятника при малых колебаниях)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_n}{g}}$$

Замерив время периода колебания груза при максимальной длине подвеса, определим его длину:

$$l_n = T^2 \frac{g}{4\pi^2} \approx 0,25 T^2.$$

Или воспользуемся лазерным дальномером.

#### Список литературы

1. Инструкция по эксплуатации DRIVEPAC Anti-Sway Control for Cranes for T400 Technology Module in SIMOVERT MASTER DRIVES 6SE70/71 and SIMOREG DC-MASTER 6RA70. Siemens AG, 2002. – 363 с.
2. Инструкция по эксплуатации SIMOREG DC Master Серия 6RA70 Микропроцессорные преобразователи от 6 кВт до 1900 кВт для приводов постоянного тока с регулируемой скоростью. Siemens AG, 1998. – 716 с.
3. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.
4. Колмыков В.В., Сериков С.А. Математическая модель раскачивания груза в электротехнической системе мостового крана. – Автоматизированные системы управле-

ния на производстве / Материалы III международной научно-практической конференции. – Днепропетровск, 2006. – С. 110–116.

5. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.

6. Мешеряков В.Н., Колмыков В.В. Трехмассовая электромеханическая система тележки мостового крана / Современное общество, образование и наука: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, 31 марта 2015 г.: в 16 частях. Часть 2. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – 164 с.

7. Орлов Ю.А., Дементьев Ю.Н., Одинокопылов Г.И., Орлов Д.Ю., Одинокопылов И.Г., Столяров Д.П. Система защиты мостового крана на основе мониторинга параметров электропривода механизма подъема / Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312, № 4. – С. 119–124.

8. ПБ10-382-00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. [Текст]. – Утв. Постановлением Госгортехнадзора от 31.12.99 № 98. – М.: НПО ОБТ ГОСГОРТЕХНАДЗОР РОССИИ, 2001.

9. Устройство автоматического успокоения маятниковых колебаний груза, перемещаемого тележкой мостового крана / А.В. Щедринов, С.А. Сериков, В.В. Колмыков, А.А. Коврыжкин: пат. на полез. модель № 85890 Рос. Федерация, МПК В66С13/06. № 2009112243/22; заявл. 02.04.2009; опубл. 20.08.2009. Бюл. № 23.

### Referens

1. Instrukcija po jekspluatacii DRIVEPAC Anti-Sway Control for Cranes for T400 Technology Module in SIMOVERT MASTER DRIVES 6SE70/71 and SIMOREG DC-MASTER 6RA70. Siemens AG, 2002. 363 p.

2. Instrukcija po jekspluatacii SIMOREG DC Master Serija 6RA70 Mikroproces-sornyje preobrazovатели ot 6 kVt do 1900 kVt dlja privodov postojannogo toka s reguliruemoj skorostju. Siemens AG, 1998. 716 p.

3. Kim D.P. Teorija avtomaticheskogo upravlenija. T. 1. Linejnye sistemy. M.: FIZMATLIT, 2003. 288 p.

4. Kolmykov V.V., Serikov S.A. Matematicheskaja model raskachivaniya gruzu v jelectrotehničeskoj sisteme mostovogo kрана. Avtomatizirovannye sistemy upravlenija na proizvodstve / Materialy III mezhdunarodnoj nauchno praktičeskoj konferencii. Dnepropetrovsk, 2006. pp. 110–116.

5. Levshina E.S., Novickij P.V. Jelectricheskie izmerenija fizicheskikh velichin. L.: Jenergoatomizdat, 1983. 320 p.

6. Meshherjakov V.N., Kolmykov V.V. Trehmassovaja jelectromehaničeskaja sistema te-lezhki mostovogo kрана / Sovremennoe obshhestvo, obrazovanie i nauka: sbornik nauchnyh tru-dov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, 31 marta 2015 g.: v 16 chastjah. Chast 2. Tambov: ООО «Konsaltingovaja kompanija Jukom», 2015. 164 p.

7. Orlov Ju.A., Dementev Ju.N., Odnokopylov G.I., Orlov D.Ju., Odnokopylov I.G., Stoljarov D.P. Sistema zashhity mostovogo kрана na osnove monitoringa parametrov jelectroprivoda mehazizma podjoma / Izvestija Tomskogo politehničeskogo universiteta. 2008. T. 312, no. 4. pp. 119–124.

8. PB10-382-00. Pravila ustrojstva i bezopasnoj jekspluatacii gruzopodemnyh kранov. [Tekst]. Utv. Postanovleniem Gosgortehnadzora ot 31.12.99 no. 98. M.: NPOOBT GOSGORTEHNADZOR ROSSII, 2001.

9. Ustrojstvo avtomaticheskogo uspokoenija majatnikovyh kolebanij gruzu, pereme-shhaemogo telezhkoj mostovogo kрана / A.V. Shhedrinov, S.A. Serikov, V.V. Kolmykov, A.A. Kovryzhkin: pat. na polez. model no. 85890 Ros. Federacija, MPK B66C13/06. no. 2009112243/22; zajavl. 02.04.2009; opubl. 20.08.2009. Bjul. no. 23.

### Рецензенты:

Сараев П.В., д.т.н., профессор, декан факультета автоматизации и информатики, Липецкий государственный технический университет, г. Липецк;

Кудинов Ю.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой информатики, Липецкий государственный технический университет, г. Липецк.

УДК 630.383

## РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

**Тимохов Р.С., Бурмистров В.А., Арутюнян А.Ю.**

*ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта,  
e-mail: chonochka@mail.ru*

В статье приведены расчеты показателей надежности, основанные на процессе наблюдений, фактических данных о периодичности, перечне операций и трудоёмкости ТО; сведениях об отказах подконтрольных автомобилей, времени простоев, видах текущего ремонта и трудоёмкости их выполнения. В результате проведенного анализа из перечня операций по обслуживанию узлов, агрегатов и систем, лимитирующих надежность автомобиля, выделяются операции, оказывающие существенное влияние на критерий оптимизации и рассматриваемые показатели. Расчет показателей надежности производился на основании анализа отказов, зафиксированных у подконтрольных автомобилей, с помощью известных методов теории вероятностей и математической статистики. Определение функциональных показателей производилось путем непосредственного их измерения или с помощью существующих способов диагностики. Определены удельные затраты на ТО и ремонт подконтрольных автомобилей.

**Ключевые слова:** автомобиль, автопоезд, ремонт, обслуживание, эксплуатация, математическая модель, операции, задача, надежность

## CALCULATION OF INDICATORS OF RELIABILITY OF FORESTRY TRACTOR-TRAILER

**Timokhov R.S., Burmistrov V.A., Arutyunyan A.Y.**

*FGBOU VPO «Ukhta State Technical University», Ukhta,  
e-mail: chonochka@mail.ru*

The article presents the calculation of reliability indices, based on the process of observation, evidence of periodicity, the list of operations and time consuming TO; information on faults, controlled cars, downtime, maintenance and types of complexity of their implementation. The analysis from the list of maintenance operations units, assemblies and systems, limiting the reliability of the car, stand operations have a significant impact on the optimization criterion and indicators are considered. Calculation of reliability based on an analysis of failures recorded in controlled cars, using known methods of probability theory and mathematical statistics. The definition of functional parameters was performed by directly measuring them or by the existing methods of diagnosis. Determine the specific costs of maintenance and repair of controlled vehicles.

**Keywords:** the car, trailer, repair, maintenance, operation, mathematical model, operations, task, reliability

Расчет показателей надежности лесовозных автопоездов производится на основании анализа отказов, зафиксированных у подконтрольных автомобилей, с помощью известных методов теории вероятностей и математической статистики.

Для построения целевой функции (1) необходима статистическая информация 3 видов:

– информация, позволяющая выявить операции, для которых целесообразно корректирование периодичности;

– информация, с помощью которой можно построить математическую модель зависимости величины суммарных удельных приведенных затрат на техническое обслуживание и ремонт автомобилей (агрегатов) от периодичности выполнения выявленных операций;

– информация, позволяющая построить математические модели, описывающие связь показателей надёжности и функциональных показателей с периодичностью выполнения операций технического обслуживания.

$$\begin{aligned}
 C_{\text{уд}} &= C_0 + C_1 l + C_2 l^2 \rightarrow \min; \\
 P_1 &= a_{01} + a_{11} l + a_{21} l^2 = \overline{P_1}; \\
 P_2 &= a_{02} + a_{12} l + a_{22} l^2 = \overline{P_2}; \\
 &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 P_m &= a_{0m} + a_{1m} l + a_{2m} l^2 = \overline{P_m}; \\
 \Phi_1 &= b_{01} + b_{11} l + b_{21} l^2 = \overline{\Phi_1}; \\
 \Phi_2 &= b_{02} + b_{12} l + b_{22} l^2 = \overline{\Phi_2}; \\
 &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 \Phi_k &= b_{0k} + b_{1k} l + b_{2k} l^2 = \overline{\Phi_k}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Для получения информации первого вида целесообразно использовать результаты наблюдений за группой автомобилей, эксплуатирующихся в исследуемом хозяйстве. Целью этих наблюдений является выявление таких операций технического обслуживания, периодичность выполнения которых в наибольшей степени оказывается на удельные затраты, показатели надежности и показатели функциональных свойств.

Этой цели соответствует план NRT [11]. Для получения достаточно объективных данных при корректировании режимов ТО количество подконтрольных автомобилей должно быть не менее 10–15 м и может быть не более 20–25, а продолжительность наблюдения не менее 3–6 месяцев [2]. При анализе влияния периодичности выполнения операций ТО на перечисленные показатели можно также использовать парный корреляционный анализ.

В качестве показателя тесноты связи используется корреляционное отношение, определяемое по формуле

$$\rho = \sqrt{\frac{S_x^2(Y)}{S_n^2(Y)}}, \quad (2)$$

где

$$S_x^2(Y) = \frac{1}{N-1} \sum_1^N (\hat{y} - \bar{y}^*)^2, \quad (3)$$

$$S_n^2(Y) = \frac{1}{N-1} \sum_1^N (y_j - \bar{y})^2, \quad (4)$$

где  $S_x^2(y)$  – дисперсия отклонения линии регрессии от общей средней;

$S_n^2(y)$  – полная дисперсия зависимой переменной (удельных затрат, показателя надежности, функционального показателя);  $N$  – объем наблюдений.

Для оценки значимости корреляционного отношения используется критерий Стьюдента, вычисление которого производится по формуле

$$t = \frac{\rho}{S_p}, \quad (5)$$

где  $S_p$  – среднеквадратичное отклонение корреляционного отношения.

Связь между рассматриваемыми величинами является существенной в том случае, если расчетное значение  $t$  больше табличного при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

В результате проведенного анализа из перечня операций по обслуживанию узлов, агрегатов и систем, лимитирующих надежность автомобиля, выделяются операции оказывающие существенное влияние на критерий оптимизации и рассматриваемые показатели. Эти операции группируются по видам и условиям выполнения с учетом возможности установления для каждой группы единой периодичности.

Далее для каждой группы операций определяется состав ограничений, накладываемых на целевую функцию (1). Для этого определяются показатели надежности

и функциональные показатели, которые зависят от периодичности выполнения рассматриваемых операций, и обосновываются нормативные значения этих показателей. Информация, необходимая для оценки коэффициентов регрессии уравнений, входящих в построенную целевую функцию, собирается по результатам эксплуатации группы подконтрольных автомобилей, имеющих различную периодичность выполнения рассматриваемых групп операций. В качестве середины интервала можно взять периодичность, рекомендуемую положением. Нижние и верхние границы устанавливаются для каждого конкретного случая с таким расчетом, чтобы оптимальная периодичность лежала в пределах рассматриваемого интервала.

Количество подконтрольных автомобилей принимается с таким расчетом, чтобы получаемая информация обеспечивала эффективность применения методов корреляционного анализа. В рассматриваемом случае число коэффициентов регрессии равно трем. Поэтому объем выборки должен быть не менее 15–21 шт. В связи с тем, что при эксплуатации возможна потеря информации по различным причинам, количество подконтрольных автомобилей должно быть не менее 25 шт.

Периодичность выполнения рассматриваемых операций ТО для подконтрольных автомобилей устанавливается таким образом, чтобы ее значения варьировались в пределах принятого интервала.

При выборе подконтрольных автомобилей необходимо, чтобы условия их работы были типичными для данной модели. Несмещенность оценок параметров целевой функции обеспечивается за счет получения при испытаниях подконтрольных автомобилей вероятностного аналога моделируемой зависимости.

В процессе наблюдений для каждого подконтрольного автомобиля определяются удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт, значения показателей надежности и функциональных показателей, включенных в целевую функцию.

Определение функциональных показателей производится путем непосредственного их измерения или с помощью существующих способов диагностики.

При определении удельных затрат на ТО и ремонт значения показателей надежности и функциональных показателей включены в целевую функцию.

Определение функциональных показателей производится путем непосредственного их измерения или с помощью существующих способов диагностики.

Переменными затратами являются затраты на оплату труда ремонтного персонала  $C_{тр}$ , на запасные части и материалы  $C_{зч}$ . Кроме того при изменении объема ТО и ТР будет меняться объем капитальных вложений. Поэтому переменные затраты будут равны

$$C_{пер} = C_{тр} + C_{зч} + E_n K_o. \quad (6)$$

Определение расходов на запасные части и материалы, используемые при ТО и ТР, производятся по формуле

$$C_{зч} = \sum_{j=1}^k \Pi_j, \quad (7)$$

где  $\Pi_j$  – стоимость  $j$  детали или материала по прейскуранту;  $j$  – количество материалов и деталей, заменяемых на рассматриваемом интервале пробега.

Затраты на оплату труда ремонтного персонала определяются

$$C_{тр} = C_{тар} \sum t, \quad (8)$$

где  $C_{тар}$  – средняя тарифная ставка ремонтных рабочих;  $\sum t$  – суммарная трудоемкость технического обслуживания и ремонта на интервале пробега.

Определение капитальных вложений на техническое обслуживание и текущий ремонт производится по формуле

$$K = mH, \quad (9)$$

где  $H$  – норма капитальных вложений на одного производственного рабочего;  $m$  – количество рабочих, необходимых для обслуживания и ремонта подконтрольного автомобиля на интервале пробега.

Величина  $m$  рассчитывается по формуле

$$m = \frac{\sum t_i}{T_\phi}, \quad (10)$$

где  $\sum t_i$  – суммарная трудоемкость ТО и ремонта в рассматриваемом интервале пробега;  $T_\phi$  – фонд времени ремонтных рабочих за этот период. Для получения удельных затрат, полученное значение  $C_{пер}$  делится на интервал пробега.

После определения для каждого подконтрольного автомобиля значений функциональных показателей, показателей надежности и удельных затрат полученная информация представляется в виде матрицы:

$$\begin{matrix} x_1, P_{11}, P_{21}, \dots, P_{m_1}, \Phi_{11}, \Phi_{21}, \dots, \Phi_{k_1} \\ x_2, P_{12}, P_{22}, \dots, P_{m_2}, \Phi_{12}, \Phi_{22}, \dots, \Phi_{k_2} \\ \dots \dots \dots \dots \\ x_n, P_{1n}, P_{2n}, \dots, P_{m_n}, \Phi_{1n}, \Phi_{2n}, \dots, \Phi_{k_n} \end{matrix} \quad (11)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – значения периодичностей у подконтрольных автомобилей;

$P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in}$  – значения показателей надежности подконтрольных автомобилей;

$\Phi_{j1}, \Phi_{j2}, \dots, \Phi_{jn}$  – значения функциональных показателей подконтрольных автомобилей.

Матрица исходных данных (11) используется для нахождения коэффициентов регрессии моделей, входящих в целевую функцию (1).

Основная задача состоит в определении коэффициентов регрессии уравнения

$$y = b_o + b_1 x + b_2 x^2. \quad (12)$$

В данном случае задача оценивания  $b_i$  представляет собой нахождение криволинейной регрессии по методу наименьших квадратов.

С помощью системы ортогональных полиномов Чебышева уравнение (12) можно представлять в следующем виде:

$$y = c_o + c_1 \phi_1(x) + c_2 \phi_2(x). \quad (13)$$

Для этого уравнения формулы для вычисления полиномов Чебышева будут иметь вид

$$\begin{aligned} \phi_1(x) &= x - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j, \quad (14) \\ \phi_2(x) &= x^2 - \frac{\sum x^2 (x - \bar{x})}{\sum (x - \bar{x})^2} (x - \bar{x}) - \frac{\sum x^2}{N} = \\ &= x^2 - \frac{\sum x^3 - \frac{1}{N} \sum x^2 \sum x}{\sum x^2 - \frac{1}{N} (\sum x)^2} \left( x - \frac{1}{N} \sum x \right) - \frac{\sum x^2}{N}. \end{aligned}$$

Значения коэффициентов, входящих в уравнение (14), определяются по формулам

$$C_o = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^S m_j \bar{y}_j, \quad (15)$$

$$C_1 = \frac{\sum_{j=1}^S \phi_1(\bar{x}_j) m_j \bar{y}_j}{\sum_{j=1}^S \phi_1^2(\bar{x}_j) m_j}, \quad (16)$$

$$C_2 = \frac{\sum_{j=1}^S \phi_2(\bar{x}_j) m_j \bar{y}_j}{\sum_{j=1}^S \phi_2^2(\bar{x}_j) m_j}, \quad (17)$$

где  $S$  – число интервалов изменения периодичностей выполнения операций ТО;  $x_j, y_j$  – среднее значение величин  $x$  и  $y$  в  $j$  интервале;  $m_j$  – количество автомобилей, у которых периодичность находится в  $j$  интервале.

Проверка адекватности построенного уравнения производится с помощью  $F$ -критерия. При соблюдении условия (17) гипотеза об адекватности принимается

$$F = \frac{S_n^2(y)}{S_{\text{ост}}^2(y)} > F_\alpha(f_m, f_{\text{ост}}), \quad (18)$$

где  $S_{\text{ост}}^2(y)$  – остаточная дисперсия, характеризующая рассеивание экспериментальных точек относительно линии регрессии;

$S_n^2(y)$  – полная дисперсия, характеризующая рассеивание точек около общей средней.

Значения  $S_{\text{ост}}^2(y)$  и  $S_n^2(y)$  определяем по формулам

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{1}{N - k - 1} \sum_{j=1}^N (y_j - \hat{y}_j)^2, \quad (19)$$

$$\begin{aligned} S_n^2(y) &= S_p^2(y) + S_{\text{ост}}^2(y) = \\ &= \frac{1}{f_p} \sum_{j=1}^N (\hat{y}_j - \bar{y})^2 + S_{\text{ост}}^2(y), \end{aligned} \quad (20)$$

где  $k$  – порядок параболы (в рассматриваемом случае = 2);  $f_p$  – число степеней свободы, соответствующее дисперсии регрессии.

Значения  $f_n$  и  $f_{\text{ост}}$  вычисляются по формуле  $f_n = N - 1$ ,  $f_{\text{ост}} = m - 1$ . В случае адекватности уравнений построенная целевая функция используется для расчёта оптимальной периодичности. Если условие адекватности не соблюдается, то в многочлены вводятся добавочные члены, после чего вновь рассчитываются коэффициенты регрессии и определяется адекватность уточненной модели. Этот процесс последовательно повторяется до тех пор, пока не будут получены модели, удовлетворяющие условию адекватности.

Для отыскания минимума построенной целевой функции могут быть использованы различные методы. Выбор того или иного из них определяется видом функции и ее ограничениями.

В данном случае целевая функция нелинейна, непрерывна и имеет ограничения в виде неравенств. Характерной ее чертой является непрерывная дифференцируемость. Для оптимизации подобных функций целесообразно использовать методы дифференциального исчисления. Целевая функция (1) является строго выпуклой. Ее минимум достигается в точке  $A$ , где частная производная равна нулю. В общем случае минимум может лежать как внутри, так и за пределами допустимой области, определяемой характером накладываемых на целевую функцию ограничений.

В том случае, если минимум находится в допустимой области, точка  $A$  определяет оптимальную периодичность выполнения

операций ТО. Если же минимум целевой функции находится вне допустимой области, то минимум целевой функции лежит на ее границе. Для решения задачи в этом случае необходимо определить значения целевой функции на границах допустимой области, выбрать из них минимальные и определить соответствующую этому значению функцию периодичности выполнения операций ТО.

### Список литературы

1. Бурмистров В.А. К вопросу разработки методики оценки и повышения профессионального мастерства водителей транспортных средств [Электронный ресурс] / В.А. Бурмистров, А.В. Скрипников // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-10603> (дата обращения: 03.11.2013).
2. Бурмистров В.А. Корректирование перечня работ технического обслуживания автомобилей [Электронный ресурс] / В.А. Бурмистров // Современные проблемы науки и образования № 5. – Москва, 2013. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/111-10442>.
3. Коцегаров В.Г. Оборудование для лесосечных работ и материалы к технологическим расчетам [Текст]: учеб. пособие / В.Г. Коцегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков, Е.В. Юн. – Л.: ЛТА, 1989. – 108 с.
4. Официальный сайт Комитета лесов Республики Коми [Электронный ресурс]: URL: <http://komles.rkomi.ru/index.phtml> – [дата обращения 25.05.2015].
5. Российская Федерация. Законы. Лесной кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: [федер. закон: принят Гос. Думой 08.11.2006; одобрен Советом Федерации 24.11.2006; изм., внес. ФЗ от 01.03.2015 № -200-ФЗ] // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. [дата обращения 19.04.2015].
6. Характеристика лесного фонда [Электронный ресурс]: URL: <http://www.agiks.ru/>. – [дата обращения 25.05.2015].

### References

1. Burmistrov V.A. K voprosu razrabotki metodiki ocenki i povysheniya professionalnogo masterstva voditelej transportnyh sredstv [Elektronnyj resurs] / V.A. Burmistrov, A.V. Skrypnikov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. no. 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-10603> (data obrashhenija: 03.11.2013).
2. Burmistrov V.A. Korrekcionirovanie perechnja rabot tehničeskogo obsluživanija avtomobilej [Elektronnyj resurs] / V.A. Burmistrov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya no. 5. Moskva, 2013. Rezhim dostupa: <http://www.science-education.ru/111-10442>.
3. Kochegarov V.G. Oborudovanie dlja lesosechnyh rabot i materialy k tehnologičeskim rasčetaм [Tekst]: ucheb. posobie / V.G. Kochegarov, Ju.A. Bit, V.N. Menshikov, E.V. Jun. L.: LTA, 1989. 108 p.
4. Oficialnyj sajt Komiteta lesov Respubliki Komi [Elektronnyj resurs]: URL: <http://komles.rkomi.ru/index.phtml> [data obrashhenija 25.05.2015].
5. Rossijskaja Federacija. Zakony. Lesnoj kodeks Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]: [feder. zakon: prinjat Gos. Dumoj 08.11.2006; odobr. Sovetom Federacii 24.11.2006; izm., vnes. FZ ot 01.03.2015 no. -200-FZ] // Spravočno-pravovaja sistema KonsultantPljus. [data obrashhenija 19.04.2015].
6. Harakteristika lesnogo fonda [Elektronnyj resurs]: URL: <http://www.agiks.ru/>. [data obrashhenija 25.05.2015].

### Рецензенты:

Павлов А.И., д.т.н., профессор, профессор кафедры лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта.

Сушков С.И., д.т.н., профессор кафедры технологии машин и лесозаготовок, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта.



УДК 539.25:621.791.14:620.186.12

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ВЫСОПРОЧНОГО СПЛАВА В95Т1 В ЗОНЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

<sup>1</sup>Фортунa С.В., <sup>1,2</sup>Тарасов С.Ю., <sup>1,2</sup>Иванов А.Н., <sup>1,2</sup>Рубцов В.Е., <sup>1,2</sup>Колубаев Е.А.

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, e-mail: s\_fortuna@ispms.ru;

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, e-mail: tsy@ispms.ru, ivan@ispms.ru, rvy@ispms.ru, eak@ispms.ru

С целью повышения прочностных характеристик неразъёмных соединений, полученных методами сварки трением с перемешиванием (СТП), было разработано технологическое оборудование, позволяющее одновременно осуществлять СТП и ультразвуковое воздействие на свариваемые детали (СТП-УЗ). В работе представлены результаты исследований микроструктуры и прочностных свойств (микротвёрдости) основного металла и неразъёмных соединений листового проката из высокопрочного алюминиевого сплава В95Т1, полученных методами СТП и модифицированным СТП-УЗ. Измерения микротвёрдости свидетельствуют, что наложение ультразвукового воздействия увеличивает прочностные свойства соединений. Результаты исследований методами оптической и просвечивающей электронной микроскопии показывают, что этот эффект связан с третичным выделением из пересыщенного твёрдого раствора мелкодисперсных интерметаллидных соединений в виде когерентных фаз S ( $Al_2CuMg$ ) и T ( $Al_3Mg_4Zn_3$ ).

**Ключевые слова:** сварка трением с перемешиванием, интерметаллидные соединения, выделения, микроструктура

## MICROSTRUCTURAL SPECIFICITY OF ULTRASONIC-ASSISTED FRICTION STIR WELDED JOINTS ON V95T1 ALUMINUM ALLOY

<sup>1</sup>Fortuna S.V., <sup>1,2</sup>Tarasov S.Y., <sup>1,2</sup>Ivanov A.N., <sup>1,2</sup>Rubtsov V.E., <sup>1,2</sup>Kolubaev E.A.

<sup>1</sup>Institute of Strength Physics and Materials Science of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, e-mail: s\_fortuna@ispms.ru;

<sup>2</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: tsy@ispms.ru, ivan@ispms.ru, rvy@ispms.ru, eak@ispms.ru

To improve strength of friction stir welded (FSW) joints we developed and used a device for ultrasonic-assisted friction stir welding (UAFSW). This paper presents the results on microstructure and mechanical characterization of both FSW and UAFSW butt welded joints on high-strength aluminum alloy V95T1 (7475) hot-rolled sheets. As shown by microhardness test, the ultrasonic-assisted FSW resulted in higher hardness of the joint metal. This effect has been explained with the use of optical and transmission electron microscopy in terms of tertiary precipitation of coherent fine intermetallic phases S ( $Al_2CuMg$ ) and T ( $Al_3Mg_4Zn_3$ ). Extra phases  $CuZn$ ,  $Al_2Cu$  ( $\theta$ -phase) and  $Al_{0,71}Zn_{0,29}$  ( $\alpha'$ -phase) have been found in UAFSW as compared to FSW joint.

**Keywords:** friction stir welding, intermetallic compounds, precipitation, microstructure

Метод сварки трением с перемешиванием (СТП) [6, 3] известен уже почти четверть века. За это время появились многочисленные его модификации. Целью всех модификаций является повышение производительности и технологичности процесса, а также повышение служебных характеристик СТП-соединений [2]. Современные разновидности СТП позволяют формировать равнопрочные с основным металлом СТП-соединения для большого перечня конструкционных металлических материалов (стали аустенитного класса, термически не упрочняющиеся алюминиевые сплавы и др.). Термически упрочняющиеся алюминиевые сплавы хотя и свариваются методом СТП, но СТП-соединения таких сплавов обладают пониженной механической прочностью. Обычно их предел составляет  $(0,6-0,8) \sigma_{\text{в}}$  основного металла (ОМ). Однако именно термически

упрочняющиеся алюминиевые сплавы широко применяются в авиа- и ракетостроении прочностью неразъёмных соединений из таких материалов является актуальной.

С целью повышения прочностных характеристик СТП-соединений было разработано технологическое оборудование, позволяющее одновременно осуществлять СТП и ультразвуковое воздействие на свариваемые детали.

В работе представлены результаты исследований микроструктуры и механических свойств (микротвёрдости) неразъёмных соединений листового проката из высокопрочного алюминиевого сплава В95Т1, полученных методами сварки трением с перемешиванием (СТП) и модифицированным методом – сварки трением с перемешиванием в условиях ультразвукового воздействия (СТП-УЗ).

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования были СТП-УЗ и СТП соединения листового проката марки В95Т1 номинальной толщиной 5,0 мм. Основные технологические параметры СТП составляли: частота вращения инструмента – 560 мин<sup>-1</sup>; скорость подачи инструмента – 500 мм/мин; усилие прижима инструмента – 2600 кгс (25,51 кН). При формировании СТП-УЗ соединения на соединяемые детали накладывалось УЗ воздействие частотой 22,5 кГц и мощностью 1,1 кВт. Соединение заготовок осуществлялось вдоль направления прокатки материала заготовок.

Микроструктуру основного металла и СТП-соединений исследовали при помощи металлографического микроскопа МЕТАМ ЛВ-31 при увеличениях до  $\times 500$  и просвечивающего электронного микроскопа JEOL JEM-2100 при увеличениях до  $1,5 \times 10^5$ . ПЭМ-исследования проводились в режимах светлого и темнопольного изображений, от интересных участков фольги получали микродифракционные картины.

Металлографические исследования проводили на травленых шлифах, приготовленных в сечениях перпендикулярных оси СТП-соединений и направлению прокатки основного металла. Для выявления микроструктуры материала травление полированной поверхности металлографических шлифов осуществляли химическим способом реактивом следующего состава: 1 мл плавиковой кислоты + 1,5 мл соляной кислоты + 2,5 мл азотной кислоты + 95 мл воды.

Фольга для ПЭМ-исследований приготавливалась методом ионного утонения. В случае СТП-соединений фольга изготавливалась из центров зон перемешивания (ЗП) соединений в сечении, перпендикулярном оси соединения.

Измерение микротвёрдости проводилось на поперечных шлифах (плоскость шлифа перпендикулярна оси СТП-соединения) при помощи микротвердомера ПМТ-3 по методу Виккерса при нагрузке на индентор 490,5 Н.

### Результаты исследования и их обсуждение

Микроструктура ОМ листового проката из сплава В95Т1 характеризуется сильно вытянутыми зёрнами твёрдого раствора, а также высокой объёмной долей выделений вторичных фаз различной дисперсности и формы. Зёрна твёрдого раствора вытянуты в направлении прокатки ОМ, а их размеры в перпендикулярном направлении варьируются в широком диапазоне от 0,3 до 32,8 мкм. Методами оптической металлографии было установлено, что средний размер зёрен твёрдого раствора в направлении, перпендикулярном прокатке, составляет 19,2 мкм.

Ниже, на рис. 1, приведены ПЭМ-изображения и микродифракционная картина ОМ листового проката из сплава В95Т1. Выделения вторичных фаз в ОМ располагаются как внутри, так и по границам зёрен твёрдого раствора (рис. 1, а и 1, б). В телах зёрен частицы выделений равноосной или столбчатой формы локализованы в виде строчек, вытянутых вдоль направления

прокатки ОМ (на рис. 1 показано двойной стрелкой).

В результате идентификации микродифракционных картин и анализа темнопольных изображений (ПЭМ-анализ) в ОМ сплава В95Т1 было выявлено несколько интерметаллидных фаз [4]:

- $\text{MgZn}_2$  (М-фаза) в виде мелкодисперсных пластин с характерным размером  $\sim 150 \times 50$  нм<sup>2</sup> и округлых дисперсоидов с размерами 35–130 нм (рис. 1);

- $\text{Al}_2\text{CuMg}$  (S-фаза) в виде мелкодисперсных пластин с характерным размером  $\sim 280 \times 40$  нм<sup>2</sup>;

- $\text{AlCu}_2\text{Mn}$  в виде мелкодисперсных пластин с характерным размером  $\sim 180 \times 30$  нм<sup>2</sup> (рис. 1);

- близкие по составу соединению  $\text{Al}_3\text{Mg}_4\text{Zn}_3$  (Т-фаза) в виде пластин различной длины с характерными размерами  $(150 \times 50 - 430 \times 50)$  нм<sup>2</sup>;

- близкие по составу соединению  $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{Mn})_4$  в виде относительно крупных пластин с характерными размерами  $(260 \times 40 - 1400 \times 300)$  нм<sup>2</sup>.

Темнопольное изображение получено в рефлексах, показанных замкнутой штриховой линией.

В качестве примера в таблице приведены результаты идентификации микродифракционной картины, представленной на рис. 1, в. Как видно из полученных результатов, выявляются три фазы: твёрдый раствор на основе алюминия и два интерметаллидных соединения:  $\text{AlCu}_2\text{Mn}$  и  $\text{MgZn}_2$  (М-фаза).

На рис. 2 приведены ПЭМ-изображения и микродифракционная картина материала ЗП СТП-соединения, полученного при технологических режимах, указанных в разделе «Материал и методы исследования». Как видно, зёрна твёрдого раствора имеют равноосную форму. Средний размер зерна твёрдого раствора составляет 2,48 мкм, при этом наибольший их размер не превышает 6,0 мкм.

В зёрнах твёрдого раствора по их границам и в тройных стыках залегают выделения в виде частиц интерметаллидных фаз различной дисперсности. В телах зёрен имеют место обособленные скопления частиц. Как отдельные частицы, так и их скопления распределены хаотически. Размеры частиц не превышают 190 нм, а скоплений – 500 нм.

Как показали результаты ПЭМ-анализа, в материале ЗП СТП-соединения, как и в ОМ, содержатся выделения в виде интерметаллидных соединений  $\text{MgZn}_2$  (М-фаза) и  $\text{Al}_2\text{CuMg}$  (S-фаза). В отличие от ОМ в материале ЗП СТП-соединения

не выявляются выделения таких интерметаллидов, как  $Al_3Mg_4Zn_3$  (Т-фаза),  $AlCu_2Mn$  и  $Al_7Cu_2Fe(Mn)_{43}$ , но содержатся  $CuZn$ ,  $Al_2Cu$  ( $\theta$ -фаза) и  $Al_{0,71}Zn_{0,29}$  ( $\alpha'$ -фаза). Частицы М-фазы локализованы в тройных стыках зёрен и имеют ограниченную форму в виде треугольников (рис. 2). Их размеры не превышают 100 нм. Частицы когерентных S- и  $\alpha'$ -фаз имеют пластинчатую форму, а их характерные размеры составляют  $\sim 60 \times 30$  и  $\sim 160 \times 50$  нм<sup>2</sup> соответственно. Частицы выделений  $CuZn$  и  $Al_2Cu$  ( $\theta$ -фаза) имеют округлую форму с характерными размерами  $\sim 150$ – $190$  нм. Кроме того, имеют место частицы сложного фазового состава, представляющие из себя совокупности прослоек из  $\theta$ -, S-фаз и соединения  $CuZn$  (рис. 2). При этом прослойки фаз могут чередоваться в различных комбинациях. Форма таких

сложных по составу частиц близка к равноосной, а размеры не превышают 170 нм.

Как показали результаты ПЭМ-исследования микроструктура и фазовый состав зоны перемешивания СТП-УЗ соединения подобны материалу зоны перемешивания СТП-соединения (рис. 3). Однако имеются и отличия. Например, средний размер равноосного зерна твёрдого раствора меньше и составляет 2,19 мкм. В телах зёрен твёрдого раствора и по их границам залегают мелкодисперсные выделения интерметаллидных фаз:  $Al_{0,71}Zn_{0,29}$  ( $\alpha'$ -фаза) и  $Al_2Cu$  ( $\theta$ -фаза), также  $Al_2CuMg$  (S-фаза) и  $Al_3Mg_4Zn_3$  (Т-фаза). Частицы мелкодисперсных выделений S- и Т-фаз имеют пластинчатую форму с характерными размерами  $\sim 110 \times 25$  нм<sup>2</sup>. Отметим, что Т-фаза не выявляется в материале ЗП СТП-соединения, но присутствует в ОМ.

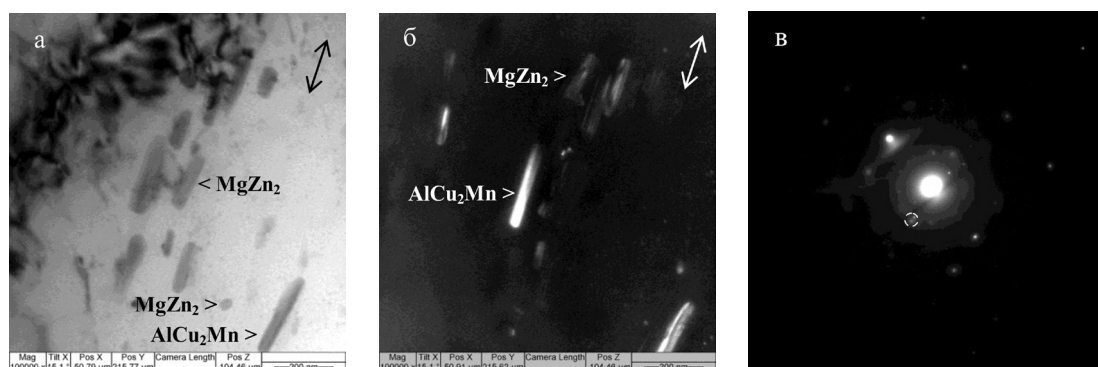


Рис. 1. Микроструктура листового проката из сплава B95T1 (ОМ). Светло- (а) и тёмнопольное (б) ПЭМ-изображения, микродифракционная картина (в)

Индексирование микродифракционной картины, приведенной на рис. 1, в

Экспериментальные данные		Литературные данные								
$d_{hkl}$ , нм	Интенсивность	$Al_2Cu_2Mn$ , SG: $Fm\bar{3}m$ , $a = 0,40406$ нм [PDF#1-1176]			$MgZn_2$ , SG: $Fm\bar{3}m$ , $a = 0,5949$ нм [PDF#25-1122]			$MgZn_2$ , SG: $P63/mmc$ , $a = 0,52225$ нм $c = 0,085684$ нм [PDF#34-457]		
		$d_{hkl}$ , нм	hkl	Интенсивность, %	$d_{hkl}$ , нм	hkl	Интенсивность, %	$d_{hkl}$ , нм	hkl	Интенсивность, %
0,3490	Сл.	–	–	–	0,3490	111	6	–	–	–
0,2221	Сл.	–	–	–	–	–	–	0,2227	112	60
0,2134	Сл.	–	–	–	–	–	–	0,2138	002	30
0,1222	Оч. сл.	0,1221	311	24	–	–	–	–	–	–
0,1211	Оч. сл.	–	–	–	0,1214	422	15	–	–	–
0,9230	Сл.	0,9289	331	8	–	–	–	–	–	–

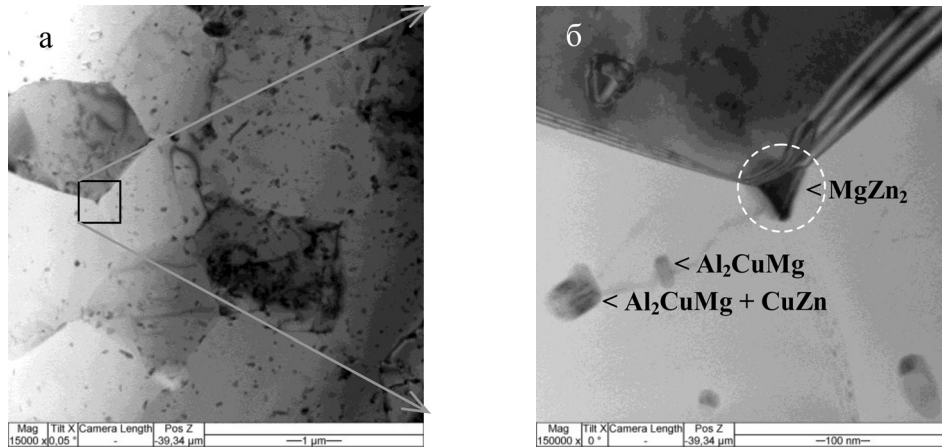


Рис. 2. Микроструктура зоны перемешивания СТИ-соединения сплава В95Т1. Светлопольные ПЭМ изображения (а), (б) и микродифракционная картина (в). Микродифракционная картина получена от области, выделенной замкнутой штриховой линией

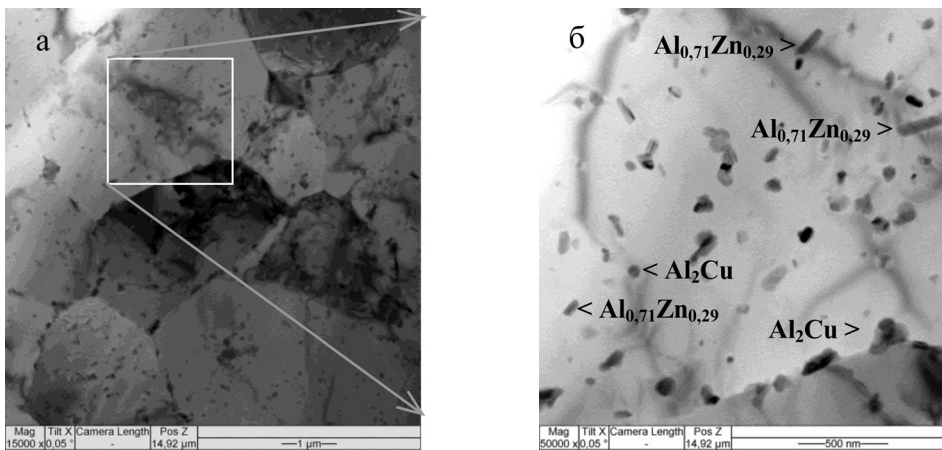


Рис. 3. Микроструктура зоны перемешивания СТИ-У3 соединения сплава В95Т1. Светло- (а) и (б), темнопольное (в) ПЭМ-изображения, микродифракционная картина на врезке. Темнопольное изображение получено в рефлексах, показанных замкнутой линией

На рис. 3 темнопольное изображение получено в рефлексах типа (101) фазы  $Al_{0,71}Zn_{0,29}$  и (112) фазы  $Al_2Cu$  (на микродифракционной картине выделены замкнутой штриховой линией). На темнопольном изображении округлые частицы соответствуют  $\theta$ -фазе ( $Al_2Cu$ ), тогда как вытянутые частицы с выраженной вытянутой формой являются выделениями когерентной  $\alpha'$ -фазы ( $Al_{0,71}Zn_{0,29}$ ). Частицы  $\theta$ -фазы распределены хаотически внутри зерен, а также одиночно и в виде скоплений по границам зёрен твёрдого раствора. Вытянутые частицы когерентной  $\alpha'$ -фазы равномерно распределены в телах зерен и ориентированы вдоль их кристаллографических направлений типа  $\langle 001 \rangle$  [4]. Размеры частиц фазы  $\theta$ -фазы не превышают 100 нм, а  $\alpha'$ -фазы  $\sim 190 \times 65$  нм<sup>2</sup>.

В процессе СТП в ЗП соединений обоих типов (без УЗ-воздействия и с наложением УЗ-воздействия в процессе СТП) материал претерпевает первичную рекристаллизацию [1], о чем свидетельствует равноосная форма зерен и уменьшение их размеров до  $\sim 4$ – $19$  мкм. Сохранение мелкого зерна твёрдого раствора после процесса СТП обусловлено подавлением собирательной (вторичной) рекристаллизации распадом пересыщенного  $\alpha$ -твёрдого раствора и интенсивным выпадением третичных фаз.

Согласно известному соотношению Холла-Петча [5], прочностные характеристики материала, в том числе и микротвёрдость, пропорциональны величине « $d^{-1/2}$ », где  $d$  – средний размер зерна материала. В ЗП СТП и СТП-УЗ соединений средний размер зёрен твёрдого раствора уменьшился приблизительно в четыре раза. Однако измерения микротвёрдости свидетельствуют о снижении прочностных характеристик в сравнении с ОМ. Очевидно, что деформационное упрочнение по механизму Холла-Петча не является определяющим фактором для термически упрочняющихся материалов (в нашем случае сплав В95Т1).

Различия в микротвёрдости ОМ и ЗП каждого из видов соединений обусловлены особенностями упрочняющих фаз. Как было показано выше, в ОМ выявляются выделения пяти вторичных интерметаллидных фаз. Все они вносят вклад в дисперсионное упрочнение сплава. Особо отметим наличие выделений когерентных S- и T-фаз различной дисперсности, обеспечивающих наибольшие значения прочностных характеристик [7].

Анализ дисперсности и фазового состава выделений упрочняющих фаз в ОМ и ЗП обоих типов СТП-соединений свидетельствует о том, что в процессе СТП про-

изошло растворение всех вторичных фаз с переходом их в пересыщенный твёрдый раствор, затем при остывании материала выделились третичные интерметаллидные соединения. В подтверждение этому укажем, что и в ОМ и в ЗП обоих типов соединений выявляются различные (по фазовому составу) наборы интерметаллидных выделений. При этом частицы интерметаллидных соединений, содержащиеся одновременно и в ОМ и в ЗП обоих типов, имеют меньшие размеры в ОМ.

Различия фазовых составов выделений в ЗП соединений обусловлены изменением кинетики выделений третичных фаз в результате УЗ-воздействия в процессе СТП. Так, в материале ЗП СТП-соединения T-фаза не обнаружена, а в материале СТП-УЗ соединения она присутствует, но её содержание меньше чем в ОМ приблизительно в три раза. Кроме того, немногочисленные частицы T- и S-фазы в материале ЗП СТП-УЗ соединения имеют меньший размер, чем в ОМ.

Сравнительные измерения показали, что микротвёрдость основного металла составляет HV 186,1, тогда как микротвёрдость материала в зонах перемешивания СТП-соединения составляет HV 148,9, а СТП-УЗ соединения – HV 160,6. Очевидно, что различия в микротвёрдости обусловлены особенностями микроструктуры основного металла и зон перемешивания неразъёмных соединений.

Таким образом, значения микротвёрдости можно связать с содержанием когерентных T- и S-фаз в материале сплава АА7475. Наложение УЗ-воздействия в процессе СТП изменяет кинетику третичных выделений и обеспечивает формирование этих упрочняющих фаз, что приводит к повышению микротвёрдости материала ЗП СТП-УЗ соединения.

В [4] отмечается, что приложение вибрационного УЗ-воздействия на сплавы 7xxx при их старении ускоряет процесс старения. В более поздних литературных источниках указывается на атермический характер ускорения процесса старения сплавов под воздействием УЗ. Из доступных литературных источников механизмы этого феномена выявить не удалось.

### Заключение

В результате проведенного исследования методами оптической металлографии, просвечивающей электронной микроскопии и измерений микротвёрдости установлено, что наложение УЗ-воздействия на соединяемые детали в течение процесса СТП оказывает благоприятное влияние на кине-

тику выделений третичных упрочняющих фаз. Увеличение микротвёрдости материала в ЗП СТП-УЗ соединения обусловлено образованием в результате УЗ-воздействия когерентных Т- и S-фаз.

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы и при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (договор № 02.G25.31.0063) в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 218.*

#### Список литературы

1. Humphreys F.J., Haterly M. Recrystallization and related annealing phenomena. – Elsevier. 2004. – 574 p.
2. Kolubaev E., Kolubaev A., et al. Ultrasonic impact treatment of the welded joint of aluminum-magnesium alloy produced by friction stir welding // AIP. – 2014. – V. 1623. – P. 271–274.
3. Mishra R.S., De P.S., Kumar N. Friction stir welding and processing. Switzerland: Springer. 2014. – 338 p.
4. Mondolfo L.F. Aluminum alloys: structure and properties. – London-Boston: Butterworth. 1976. – 639 p.
5. Petch N.J. The cleavage strength of polycrystals // Journal Iron & Steel Inst. – 1953. – V. 174. – P. 25–28.
6. Thomas W.M., Nicholas E.D., Needham J.C., Murch M.G., Temple-Smith P., Dawes C.J.: U.S. Patent No. 5,460,317.(1995).
7. Wang W., Shuey R. T. Homogenization Model for 7xxx Aluminum Alloys // Proc. ICAA 12, Yokohama, Japan, 2010. – P. 264–269.

#### References

1. Humphreys F.J., Haterly M. Recrystallization and related annealing phenomena. Elsevier. 2004. 574 p.
2. Kolubaev E., Kolubaev A., et al. Ultrasonic impact treatment of the welded joint of aluminum-magnesium alloy produced by friction stir welding // AIP. 2014. V. 1623. pp. 271–274.
3. Mishra R.S., De P.S., Kumar N. Friction stir welding and processing. Switzerland: Springer. 2014. 338 p.
4. Mondolfo L.F. Aluminum alloys: structure and properties. London-Boston: Butterworth. 1976. 639 p.
5. Petch N.J. Journal Iron & Steel Inst. 1953. Vol. 174. pp. 25–28.
6. Thomas W.M., Nicholas E.D., Needham J.C., Murch M.G., Temple-Smith P., Dawes C.J.: U.S. Patent No. 5,460,317.(1995).
7. Wang W., Shuey R. T. Proc. ICAA 12, Yokohama, Japan, 2010. pp. 264–269.

#### Рецензенты:

Шаркеев Ю.П., д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией физики наноструктурных биокompозитов, ИФПМ СО РАН, г. Томск;

Седельникова М.Б., д.т.н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории физики наноструктурных биокompозитов, ИФПМ СО РАН, г. Томск.

УДК 621.642.39.03

## СОЗДАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ РЕЗЕРВУАРА РВСПК-50000

**Чепур П.В., Тарасенко А.А.**

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, e-mail: chepur@me.com, a.a.tarasenko@gmail.com*

Разработана и верифицирована модель резервуара РВСПК-50000, созданная авторами в программном комплексе ANSYS, реализующем алгоритмы автоматизированного составления и решения систем линейных алгебраических уравнений методом конечных элементов. Учтены конструктивные параметры ветрового кольца на верхнем поясе резервуара, построенные по детализированным чертежам в соответствии с реальным проектом. Получены численные зависимости радиальных прогибов стенки и возникающих действующих напряжений в нейтральном слое от уровня хранимой нефти. Установлено, что зона максимальных напряжений и перемещений стенки находится на уровне 1-го горизонтального шва, соединяющего I и II пояса стенки резервуара. Выполненная модель может быть использована для получения достоверных значений НДС металлоконструкций РВСПК-50000, эксплуатируемого в осложненных условиях: непроектом неосесимметричном нагружении, вызванном развитием неравномерных осадок наружного контура днища, воздействием штормового ветра, сейсмических нагрузок и прочих факторов.

**Ключевые слова:** резервуар, РВСПК, РВС, РВСПК-50000, МКЭ, модель резервуара, ANSYS, НДС

## NUMERICAL MODELING AND VERIFICATION OF TANK RVSPK-50000

**Chepur P.V., Tarasenko A.A.**

*Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: chepur@me.com, a.a.tarasenko@gmail.com*

Developed and verified model tank RVSPK-50000, created by the authors in the software package ANSYS, implements the automated preparation and solving systems of linear algebraic equations by finite element method. It takes into account the design parameters of the wind at the top of the ring zone of the tank, built on detailed drawings in line with the actual project. Numerical depending radial deflection wall and emerging operating voltages in the neutral layer on the level of the stored oil. It was established that the zone of maximum stresses and displacements wall is located at the 1 st horizontal seam joining zone I and II the vessel wall. Completed model can be used to obtain reliable values of stress-strain state metalworks RVSPK-50000 operated under complicated conditions: non-project axisymmetrical loading caused by the uneven development of the outer contour of the bottom sediment, the impact of hurricane winds, seismic loads and other factors.

**Keywords:** tank, tank with floating roof, aboveground tank, aboveground tank 50000 m3, FEM, model of tank, ANSYS, stress-strain state

Согласно ГОСТ 27751-88 и ГОСТ Р 52910-2008 резервуары объемом от 50000 м<sup>3</sup> и более относятся к сооружениям I повышенного уровня ответственности и I или II (в зависимости от расположения) класса опасности, это налагает особые требования к техническому состоянию конструкций, работающих в сложном напряженно-деформированном состоянии (НДС). Зачастую расчетная схема нагружения включает в себя не только проектные эксплуатационные нагрузки (гидростатическое, избыточное и вакуумметрическое давления, снеговая и ветровая нагрузки, вес оборудования), но и непроектные, вызванные труднопрогнозируемыми факторами: изменениями гидрогеологических условий площадки объекта, повышением интенсивности перекачки вследствие технологических нужд, а также возможными ошибками на стадиях проектирования и монтажа объекта. Всевозможные комбинации неосесимметричных нагрузок могут приводить к появлению и развитию неравномерных осадок наружного контура днища РВС и просадочных зон его центральной части, отклонениям

стенки и конструкций кровли от правильной геометрической формы и т.д. В настоящий момент не разработано универсальных аналитических моделей и зависимостей, позволяющих с достаточной точностью и достоверностью определить НДС конструкции крупногабаритных резервуаров в нестандартных условиях работы. Однако развитие численных методов и программных способов их реализации позволяет по-новому взглянуть на существующую проблему.

Работы авторов [5–9; 11–14] посвящены исследованиям НДС резервуара РВС-20000 при развитии неравномерных осадок. В работах впервые определены предельные величины деформаций металлоконструкций резервуара данного типоразмера, которые могут появиться при развитии осадки (параметры конструктивной жесткости); выполнена оценка влияния стационарной крыши и кольца жесткости при неосесимметричных нагрузках; определено влияние элементов дополнительной жесткости (трубопроводы ГУС, СППТ, ПРП и аварийного сброса) на НДС стенки резервуара при раз-

витии осадки и т.д. Полученные результаты и зависимости позволили получить аналитические выражения, ограничивающие предельно допустимые величины осадки РВС-20000 с учетом перечисленных выше факторов.

Распространить полученные авторами в [8–9] результаты исследований на другие типоразмеры крупногабаритных резервуаров, построенных по различным проектам, не представляется возможным, поскольку их конструкции имеют существенные различия, что определяет конструктивную жесткость сооружения. Рассмотрим создание модели резервуара с плавающей крышей РВСПК-50000. Конструкция данного сооружения имеет принципиальные отличия от модели РВС-20000, созданной в [3]: стационарная крыша отсутствует, имеется внешнее ветровое кольцо с распорками и два дополнительных кольца жесткости. Предлагается рассмотреть расчетную схему конечно-элементной модели РВСПК-50000.

1. Пространственное геометрическое моделирование и характеристики конструкций:

- геометрическая модель построена по проекту РВСПК-50000 «ЦНИИПРОЕКТ-СТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ», диаметр составляет 60,7 м, высота – 17,95 м;

- толщина стенки варьируется от 8 до 17 мм с выравниваем по внутренней поверхности, толщина листов окрайки и центральной части днища составляет 6 мм;

- на V и VIII поясах стенки предусмотрены кольца жесткости из гнутого профиля – уголка 100x300 толщиной 8 мм;

- ветровое кольцо представляет собой L-образную конструкцию сопряженных листовых и балочных элементов, подкрепленную распорками с интервалом 2,5 м, приваренными к XII поясу стенки через промежуточные монтажные пластины;

- резервуар опирается на железобетонный кольцевой фундамент прямоугольного профиля с размерами 1,5x0,4 м;

- для нижних 9 поясов стенки и окрайки задаются свойства стали 16Г2ЛФ-15 и 09Г2С для других конструкций (с гарантированным пределом текучести  $\sigma_T = 345$  МПа).

2. Граничные и контактные условия:

- резервуар свободно опирается на основание и передает нагрузку на грунт через центральную часть днища и фундаментное кольцо;

- для моделирования грунта используется Винклеровская линейно-упругая теория деформаций. Свойства грунта характеризуются коэффициентом постели:  $C = p/s$ , где  $p$  – давление на основание, Па;  $s$  – осад-

ка основания, м. Для искусственно уплотненного грунта (по проекту) принимается коэффициент постели  $C = 2 \times 10^8$  МН/м<sup>3</sup>;

- верхняя кромка не защемляется, деформации стенки, кольца жесткости и других элементов не ограничены по направлению;

- промежуточные кольца жесткости на V и VIII поясах стенки имеют связанный контакт типа «bonded», моделирующий сварное соединение, что отражает их реальную жесткость; сварные контакты всех металлоконструкций имеют связанные контакты, исключая возможность из разъединения вплоть до разрушения. Алгоритм реализации таких контактов – расширенный метод Лагранжа, позволяющий определить относительный экстремум непрерывной функции, являющейся максимумом или минимумом при выполнении дополнительных условий в форме уравнений связи.

3. Действующие нагрузки:

- нагрузка от гидростатического давления хранимой нефти  $\rho = 865$  кг/м<sup>3</sup> приложена по внутренней поверхности стенки, высота взлива хранимой жидкости  $H_{взл} = 17$  м;

- снеговая нагрузка приложена к верхней грани полки ветрового кольца и составляет 4000 Па, что соответствует VI снеговому району;

- ветровая нагрузка прикладывается к наружной поверхности стенки и составляет 480 Па, что соответствует IV ветровому району.

4. Конечно-элементная дискретизация модели с созданием сетки:

- разбиение модели производится на 2 типа геометрических примитивов: большая часть заполняется параллелепипедами, а где это невозможно, используются трехгранные призмы исходя из того, что любое ребро не должно превышать величины 1,5 м (для II–XI поясов стенки), 0,2 м – для I пояса стенки и 0,4 м для других элементов. При этих параметрах погрешность аппроксимации сетки не превышает 5%;

- в контактных зонах и для малых элементов (пластины и балки крепления ветрового кольца) производится локальное измельчение сетки с размером элементов до 0,01 м.

На рис. 1 представлена расчетная схема РВСПК-50000 с учетом приведенных выше параметров. На рисунке изображена модель резервуара с выполненным разбиением на конечно-элементную сетку, обозначены основные конструктивные элементы, на разрезе (справа) показано упругое закрепление фундамента и днища, направления действия гидростатической и снеговой нагрузок.



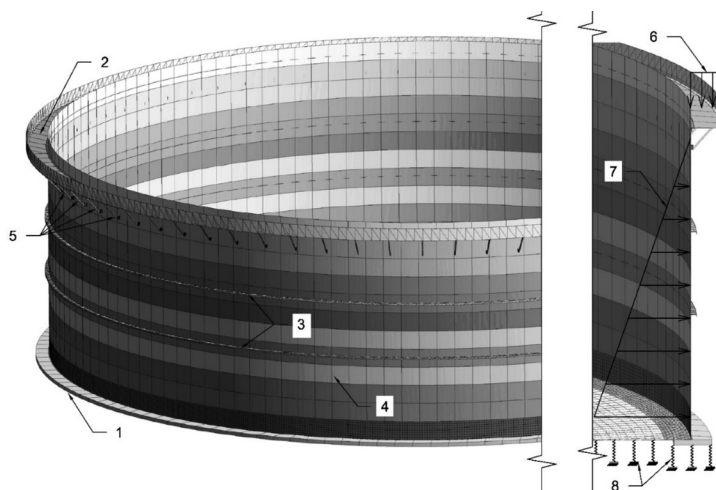


Рис. 1. Расчетная схема РВСПК-50000

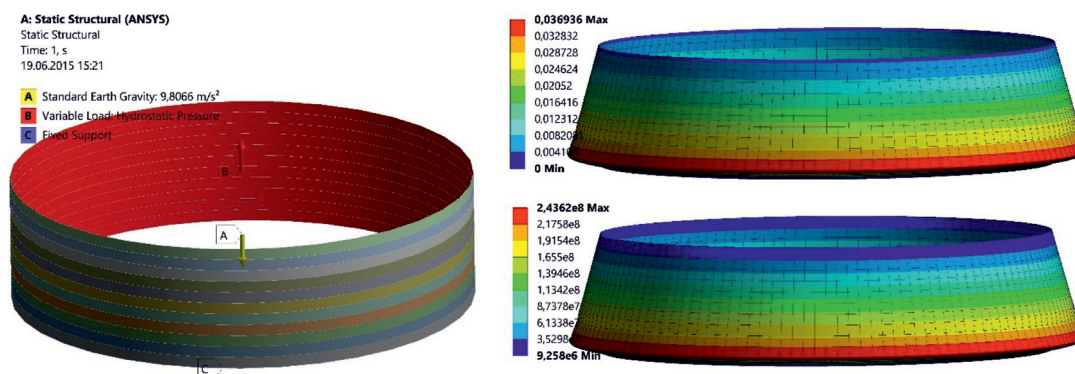


Рис. 2. Верификация модели. Расчет НДС оболочечной конструкции стенки РВСПК-50000 при нагружении гидростатической нагрузкой согласно расчетной схеме С.П. Тимошенко

Чтобы убедиться в адекватности разработанной модели выполнено сравнение результатов расчетов известной аналитической задачи С.П. Тимошенко для цилиндрической оболочки, нагруженной гидростатической нагрузкой (рис. 2). Для этого был проведен дополнительный расчет с упрощением созданной модели: поскольку аналитическая модель С.П. Тимошенко не учитывает наличие колец жесткости, распоров – эти элементы были скрыты в нашей верификационной модели, также была принята толщина стенки, равная 17 мм по всем поясам. Эти условия позволили сравнить численные результаты с аналитическими в полностью эквивалентных условиях. Установлено, что разница в результатах (для напряжений в стенке и её радиальных перемещений) не превысила 1,5%, что свидетельствует об удовлетворительной корре-

кции результатов с проверенным аналитическим решением.

В работе Г.Е. Коробкова [2] представлены результаты численного расчета НДС РВСПК-50000 при осесимметричном нагружении столбом нефти. Авторы данного исследования для моделирования колец жесткости использовали так называемый «кольцевой» элемент, представляющий собой прямоугольник в сечении с вращением на  $360^\circ$  вокруг стенки, имеющий жесткий контакт со стенкой. Анализ полученных напряжений и перемещений позволил сделать вывод, что подобное упрощение в [2] снизило точность расчетов более чем на 15%, при этом учитывались только проектные осесимметричные нагрузки. Полученные результаты и опыт работ [3, 9] свидетельствуют о том, что при решении неосесимметричных задач деформирования РВСПК-50000 ветро-

вое кольцо и промежуточные усиливающие элементы будут вносить еще больший вклад в картину общего НДС конструкции. Поэтому учет данных элементов в разработанной модели является необходимым условием для определения адекватных значений конечной жесткости резервуара при неосесимметричных деформациях (от ветровой нагрузки, при развитии неравномерной осадки, подъеме домкратами и т.д.).

На рис. 3, а и 3, б представлены результаты постпроцессинга разработанной модели РВСПК-50000 в ПК ANSYS с учетом рассмотренных в п. 1-4 параметров расчетной схемы. Для визуализации полученных результатов был применен масштабный коэффициент  $\times 100$  для перемещений элементов металлоконструкций и действующих напряжений.

Результаты расчетов сведены на графиках рис. 4 и 5, где приведены зависимости радиальных прогибов и действующих на-

пряжений в стенке РВСПК-50000 от величины взлива нефти. В одной координатной плоскости показаны значения для упрощенной модели (по которой проводилась верификация путем сравнения с аналитическим решением С.П. Тимошенко), предлагаемой высокодетализированной модели и модели [2] с упрощенной конструкцией ветрового кольца и дополнительных колец жесткости.

Анализ полученных эпюр распределения напряжений и перемещений, построенных зависимостей по результатам расчетов свидетельствует о том, что в местах монтажа колец жесткости со стенкой имеются скачки напряжений. Этот факт необходимо учитывать при решении как стандартных осесимметричных задач, так и при анализе сложного неосесимметричного напряженно-деформированного состояния, вызванного осложненными условиями эксплуатации.

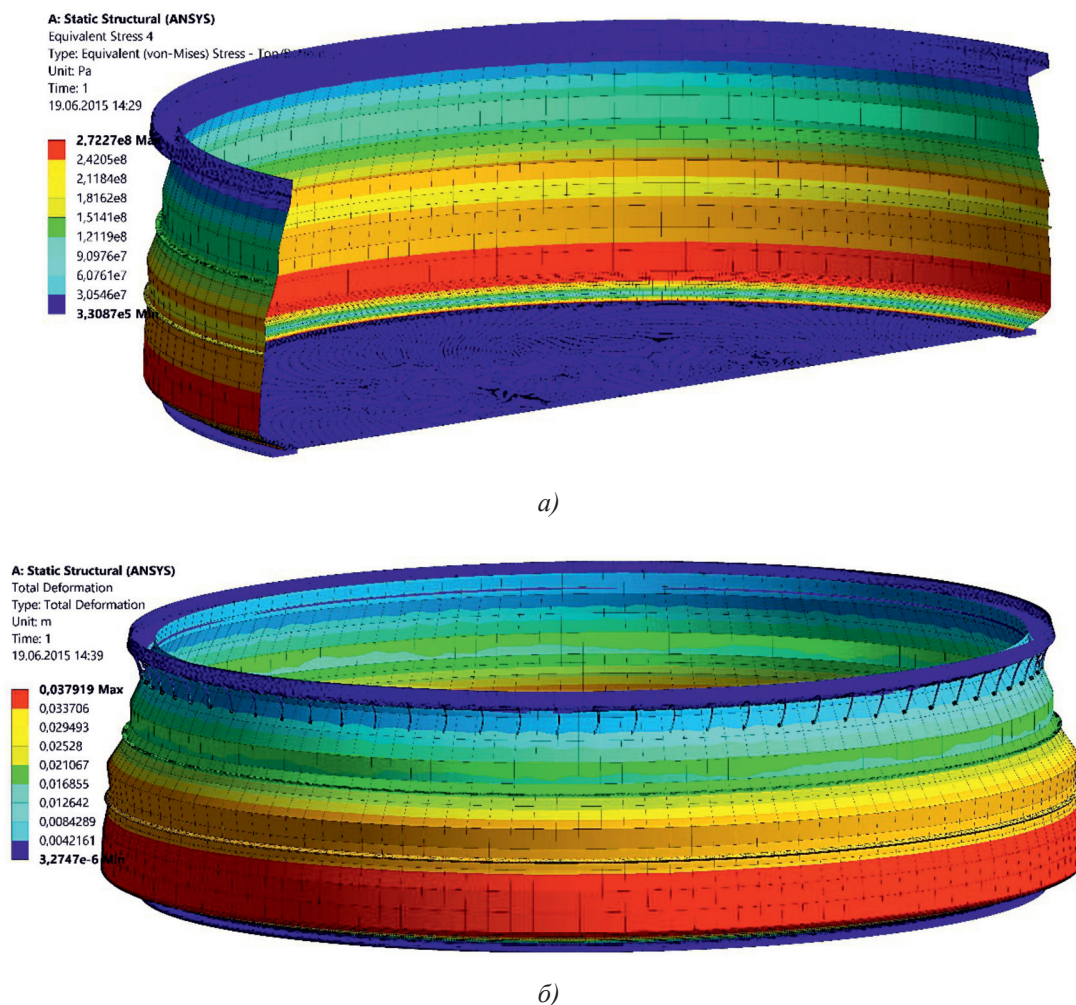


Рис. 3. а) Распределение действующих эквивалентных напряжений в металлоконструкциях РВСПК-50000 при максимальном уровне взлива нефти (17 м), б) Распределение прогибов металлоконструкций РВСПК-50000 при максимальном уровне взлива нефти (17 м)

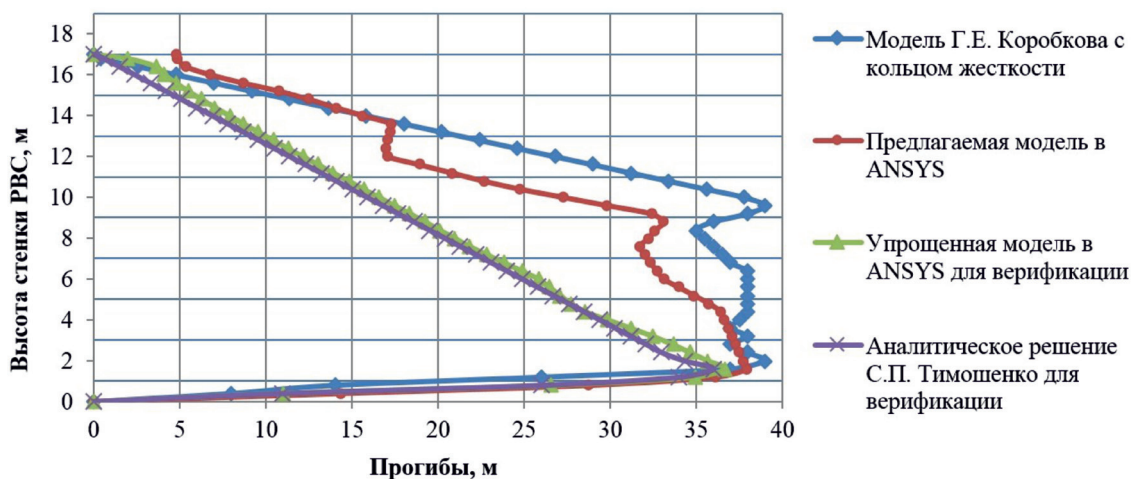


Рис. 4. Зависимости радиальных прогибов стенки РВСПК-50000 от величины взлива нефти

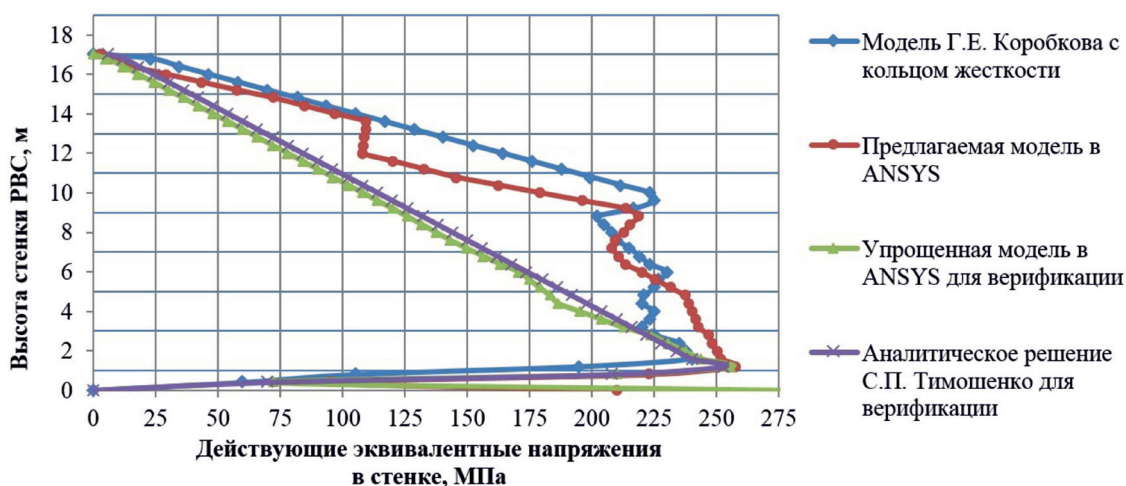


Рис. 5. Зависимости действующих эквивалентных напряжений в стенке РВСПК-50000 от величины взлива нефти

### Выводы

1. Разработана и верифицирована модель резервуара РВСПК-50000, созданная авторами в программном комплексе ANSYS, реализующем алгоритмы автоматизированного составления и решения систем линейных алгебраических уравнений методом конечных элементов. Впервые учтены геометрические и конструктивные параметры ветрового кольца на верхнем поясе резервуара, построенные по детализированным чертежам в соответствии с реальным проектом.

2. Получены численные зависимости радиальных прогибов стенки и возникающих действующих напряжений в нейтральном слое от уровня хранимой нефти. Установлено, что зона максимальных напряжений и перемещений стенки находится

ся на уровне 1-го горизонтального шва, соединяющего I и II пояса стенки резервуара. На уровне высоты стенки  $H_{ст} = 1,5$  м максимальные прогибы составляют  $\omega_{ст} = 39$  мм,  $\sigma_{max} = 253$  МПа.

3. Выполненная модель может быть использована для получения достоверных значений НДС металлоконструкций РВСПК-50000, эксплуатируемого в осложненных условиях: непроектном неосесимметричном нагружении, вызванном развитием неравномерных осадок наружного контура днища, воздействием штормового ветра и прочих факторов.

### Список литературы

1. Ильин Е.Г., Иванцова С.Г., Катанов А.А., Задумин А.Н. Нагрузки и методы расчета стационарных крыш вертикальных цилиндрических резервуаров // Наука и тех-

нологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 1 (17). – С. 36–42.

2. Коробков Г.Е., Зарипов Р.М., Шаммазов И.А. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и устойчивости трубопроводов и резервуаров в осложненных условиях эксплуатации. – СПб.: Недра, 2009. – 410 с.

3. Тарасенко А.А., Чепур П.В. Напряженно-деформированное состояние верхнего опорного кольца резервуара при неосесимметричных деформациях корпуса // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–3. – С. 525–529.

4. Тарасенко А.А., Чепур П.В. Определение действующих напряжений от подъемных устройств при ремонте фундамента резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–11. – С. 2421–2425.

5. Тарасенко А.А., Чепур П.В. Эволюция взглядов на вопросы определения величины допустимых осадок резервуаров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–1. – С. 67–84.

6. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Грученкова А.А. Использование критериев стандарта API-653 для оценки допустимой величины осадки дна резервуаров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–7. – С. 1418–1422.

7. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Грученкова А.А., Соколов С.С. Оценка влияния трубопроводов системы подслонного пожаротушения на напряженное состояние резервуара при осадке основания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–8. – С. 1698–1703.

8. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. Численное моделирование процесса деформирования резервуара при развитии неравномерных осадок // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 88–91.

9. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Исследование собственной жесткости вертикального стального цилиндрического резервуара // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 10. – С. 121–123.

10. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Шарков А.Е., Греченко Д.А. Технология диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–8. – С. 1703–1708.

11. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Оценка воздействия приемо-раздаточного патрубка при развитии осадки резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–3. – С. 540–544.

12. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Грученкова А.А. Анализ возможности использования критериев стандарта API-653 для оценки неравномерной осадки резервуаров отечественных типоразмеров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–3. – С. 514–519.

13. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Грученкова А.А., Антонов И.В. Численный анализ влияния жесткости газоравнительной системы при развитии осадок резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–6. – С. 1292–1296.

14. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Соколов С.С. Оценка влияния трубопроводов системы аварийного сброса на напряженное состояние конструкции резервуара при развитии осадок основания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–4. – С. 804–808.

15. Чирков С.В., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Определение оптимального количества тросов поддержки дна при подъеме резервуара // Известия вузов. Нефть и газ. – 2014. – № 5. – С. 72–78.

## Referenes

1. Ilin E.G., Ivancova S.G., Katanov A.A., Zadumin A.N. Nagruzki i metody rascheta stacionarnykh krysh vertikalnykh cilindricheskikh rezervuarov // Nauka i tehnologii truboprovodnogo transporta nefiti i nefteproduktov. 2015. no. 1 (17). pp. 36–42.

2. Korobkov G.E., Zaripov R.M., Shammazov I.A. Chislennoe modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija i ustojchivosti truboprovodov i rezervuarov v oslozhnennykh uslovijah jekspluatacii. SPb.: Nedra, 2009. 410 p.

3. Tarasenko A.A., Chepur P.V. Naprjazhenno-deformirovannoe sostojanie verhnego opornogo kolca rezervuara pri neosesimmetrichnykh deformatsijah korpusa // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–3. pp. 525–529.

4. Tarasenko A.A., Chepur P.V. Opredelenie dejstvujushih naprjazhenij ot podemnykh ustrojstv pri remonte fundamenta rezervuara // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 9–11. pp. 2421–2425.

5. Tarasenko A.A., Chepur P.V. Jevoljucija vzgljadov na voprosy opredelenija velichiny dopustimyh osadok rezervuarov // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 12–1. pp. 67–84.

6. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Gruchenkova A.A. Ispolzovanie kriteriev standarta API-653 dlja ocenki dopustimyj velichiny osadki dnishha rezervuarov // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 12–7. pp. 1418–1422.

7. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Gruchenkova A.A., Sokolov S.S. Ocenka vlijanija truboprovodov sistemy podslonnogo pozharotushenija na naprjazhennoe sostojanie rezervuara pri osadke osnovanija // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–8. pp. 1698–1703.

8. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Tarasenko D.A. Chislennoe modelirovanie processa deformirovanija rezervuara pri razvitanii neravnomernykh osadok // Neftjanoe hozjajstvo. 2015. no. 4. pp. 88–91.

9. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Issledovanie sobstvennoj zhestkosti vertikalnogo stalnogo cilindricheskogo rezervuara // Neftjanoe hozjajstvo. 2014. no. 10. pp. 121–123.

10. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Sharkov A.E., Gretchenko D.A. Tehnologija diagnostiki vertikalnykh stalnykh rezervuarov bez snjatija antikorroziionnogo pokrytija // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 9–8. pp. 1703–1708.

11. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Ocenka vozdejstvija priemo-razdatocnogo patrubka pri razvitanii osadki rezervuara // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–3. pp. 540–544.

12. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Gruchenkova A.A. Analiz vozmozhnosti ispolzovanija kriteriev standarta API-653 dlja ocenki neravnomernoj osadki rezervuarov otechestvennykh tiporazмеров // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 12–3. pp. 514–519.

13. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Gruchenkova A.A., Antonov I.V. Chislennyj analiz vlijanija zhestkosti gazouravnitelnoj sistemy pri razvitanii osadok rezervuara // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–6. pp. 1292–1296.

14. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Sokolov S.S. Ocenka vlijanija truboprovodov sistemy avarijnogo sbrosa na naprjazhennoe sostojanie konstrukcii rezervuara pri razvitanii osadok osnovanija // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–4. pp. 804–808.

15. Chirkov S.V., Tarasenko A.A., Chepur P.V. Opredelenie optimalnogo kolichestva trosov podderzhki dnishha pri podeme rezervuara // Izvestija vuzov. Neft i gaz. 2014. no. 5. pp. 72–78.

## Рецензенты:

Якубовский Ю.Е., д.т.н., заведующий кафедрой «Прикладная механика», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Мерданов Ш.М., д.т.н., заведующий кафедрой «Транспортные и технологические системы», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

УДК 004.942+004.272

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ ДЛЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ ЛОГИСТИЧЕСКОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА

<sup>1</sup>Башарина О.Ю., <sup>1</sup>Дмитриев В.И., <sup>2</sup>Феоктистов А.Г.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», Иркутск, e-mail: basharinaolga@mail.ru;

<sup>2</sup>ФБГУН «Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова» СО РАН,  
Иркутск, e-mail: agf65@yandex.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и применением имитационной модели для определения предпочтительных уровней обслуживания клиентов логистического складского комплекса при выполнении погрузочно-разгрузочных работ. Обсуждается модель предпочтительного уровня обслуживания и ее применение. Формулируется неформальная постановка задачи с использованием этой модели. Описываются характеристики имитационной модели для решения поставленной задачи. Приводятся аспекты проведения вычислительного эксперимента и результаты расчетов. Модель реализована на языке General Purpose Simulation System. Разработка и применение модели осуществлялись в соответствии с оригинальной методикой, предложенной авторами статьи. Для проведения эксперимента использована распределенная вычислительная среда с целью ускорения получения результатов для принятия эффективных логистических решений. Полученные результаты использованы в управленческих службах логистического складского комплекса для разработки нормативов погрузочно-разгрузочных работ и определения категорий «лояльных» клиентов.

**Ключевые слова:** логистический складской комплекс, погрузочно-разгрузочные работы, имитационное моделирование, распределенная вычислительная среда

## SIMULATION MODELING OF CUSTOMER SERVICE LEVEL FOR LOADING AND UNLOADING OPERATIONS IN LOGISTICS WAREHOUSE

<sup>1</sup>Basharina O.Y., <sup>1</sup>Dmitriev V.I., <sup>2</sup>Feoktistov A.G.

<sup>1</sup>Irkutsk state university, Irkutsk, e-mail: basharinaolga@mail.ru;

<sup>2</sup>Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian  
Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: agf65@yandex.ru

The issues related to the developing and using of a simulation model to determine the preferable levels of customer service in logistics warehouse at carrying out loading and unloading operations are considered. The model for the preferable level of service and its usage is discussed. The informal statement of the problem is formulated using this model. The characteristics of the simulation model for the task statement are described. The aspects of experiment and calculation results are represented. The model is realized in the language General Purpose Simulation System. Development and usage of the model were carried out on the base of the original methodology proposed by the authors. Distributed computing environment was used for the experiment to purpose accelerate the results obtainment for making effective logistics decisions. The results are used in the management departments of the logistics warehouse for the development of standards for loading and unloading operations and the definition of the categories of "loyal" customers.

**Keywords:** logistics warehouses, loading and unloading operations, simulation modeling, distributed computing environment

Современные логистические складские комплексы (ЛСК) представляют собой сложно организованные хозяйственные объекты, ориентированные на управление грузопотоками большой емкости, в том числе на дистрибуцию товаров, и, вследствие этого, играют важную роль в экономической сфере деятельности. Особое внимание привлекают региональные ЛСК, так как сегодня значительное число крупных российских производственных компаний, торговых сетей и иностранных ритейлеров выбирают расширение сбыта продукции в регионах в качестве основного направления своего развития и остро нуждаются в качественных масштабных услугах складской логистики. В этой связи важнейшими задачами складского менеджмента становятся анализ

и оптимизация организационно-функциональной структуры как эксплуатируемых, так и проектируемых ЛСК.

Одними из основных логистических операций складского комплекса являются погрузка и разгрузка. Оптимизация этих процессов – одна из ключевых задач системы управления ЛСК.

Для ее решения требуется определить оптимальное количество человеческих и технических ресурсов ЛСК, обеспечивающих выполнение погрузочно-разгрузочных работ (ПРР). Здесь необходимо учитывать не только потенциальные объемы работ, но и особенности загружаемой (выгружаемой) продукции, габариты транспортного средства, возможности привлечения специализированной техники и многое-многое

другое. Важно сформулировать эффективное соотношение между количеством требуемых постов, объемом поставок, числом обслуживающего персонала и расходами на строительство каждого отдельного поста.

Верное решение по количеству технических и трудовых ресурсов ЛСК, направляемых на выполнение работ по разгрузке товаров, позволит, с одной стороны, снять проблему очередей транспортных средств, с другой – сократить простой персонала ЛСК, то есть позволит повысить надежность и экономичность работы ЛСК.

Целью исследований, представленных в данной статье, является разработка имитационной модели, обеспечивающей определение предпочтительных уровней обслуживания клиентов ЛСК при выполнении ПРР.

#### Модель предпочтительного уровня обслуживания

В современных условиях для повышения эффективности функционирования сложных систем главной задачей зачастую становится максимизация уровня качества логистических услуг при одновременном снижении затрат на его обеспечение. Многообразие параметров качества, их противоречивость, сложность формализации усложняют процесс его оценки. Для адекватного отображения качественных характеристик в математической модели функционирования сложной системы необходимо определить метод их перевода в количественные параметры.

Анализ и оценку эффективности проведения ПРР можно провести, используя модель предпочтительного уровня обслуживания [6]. Идея состоит в определении

приемлемого интервала изменения уровня обслуживания путем поиска разумных пределов для конкурирующих экономических показателей, которые характеризуют процесс обслуживания. Эти пределы представляют собой уровни предпочтительного обслуживания, которых стремятся достичь лицо, принимающее управленческое решение.

При определении уровня предпочтительного обслуживания ПРР в ЛСК с несколькими сервисами можно рассмотреть два конкурирующих экономических показателя процесса обслуживания: среднее время  $W$  ожидания в системе и процент  $X$  простоя сервисов. Задача сводится к определению числа сервисов  $c$ , для которого выполняется условие  $W \leq \alpha$  и  $X \leq \beta$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  – уровни предпочтительного обслуживания, определенные лицом, принимающим управленческое решение.

Графически решение задачи можно найти, построив зависимости среднего времени ожидания и процента простоя сервисов от количества сервисов (рис. 1). Отмечая на графике значения  $\alpha$  и  $\beta$ , можно определить приемлемый интервал изменения значений для уровня обслуживания  $c$ .

Если оба упомянутых выше условия нельзя удовлетворить одновременно, необходимо ослабить один или оба уровня предпочтительности, пока не будет получен приемлемый интервал изменения количества сервисов. Рассмотренные показатели являются измерителями качества обслуживания потребителей. Их определение, контроль и оценка позволяют также оценить эффективность системы обслуживания ЛСК.

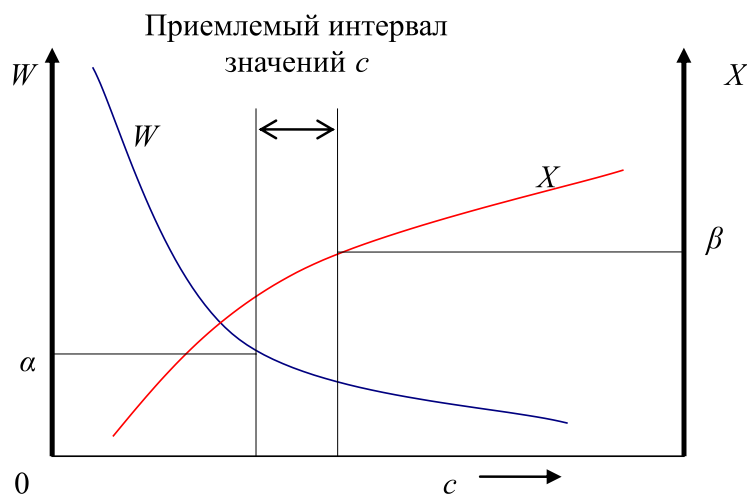


Рис. 1. Приемлемый интервал изменения значений для уровня обслуживания

### Неформальная постановка задачи

ЛСК предоставляет услуги по проведению ПРР при использовании авто- и железнодорожного транспорта различной грузоподъемности. Существуют нормы проведения ПРР с учетом вида грузового транспорта, вида и категории груза. Невыполнение данных нормативов влечет за собой штрафные санкции. Необходимо определить такое количество ресурсов ЛСК (человеческих и технических), чтобы среднее время ожидания транспортом ПРР было меньше  $\alpha$ , процент времени простоя персонала ЛСК не превышал  $\beta$ , экономические показатели оставались в допустимых пределах.

### Характеристики имитационной модели

Для решения поставленной задачи была разработана имитационная модель процесса проведения ПРР ЛСК. Модель реализована на языке General Purpose Simulation System (GPSS) [5]. Для выполнения модели использована система GPSS World [3]. Характеристики модели представлены в табл. 1.

На рис. 2 представлена блок-схема фрагмента имитационной модели – сегмента, моделирующего поступление и обслуживание транспортного средства  $i$ -го вида по случайным заявкам. Транспортное средство поступает в систему в соответствии с равномерным законом распределения. Время поступления анализируется. Если система доступна, определяются коэффициент  $K1$  загрузки ТС, вид работ (погрузка или разгрузка) и ТС становится в очередь. Моделируется занятость и освобождение многоканального устрой-

ства  $BR$ , вычисляются и суммируются с предыдущими значения наблюдаемых переменных: время  $T-prr$  погрузки/разгрузки, доход  $Dohod$  от выполнения ПРР, штраф  $Shtraf$  за несоблюдение временных норм проведения работ, грузооборот склада  $Gruz$ . Разработка и применение имитационной модели осуществлялись в соответствии с методикой, предложенной в [1].

### Вычислительный эксперимент

Диапазоны и шаг изменения входных переменных были определены заказчиком. Тем самым было обусловлено большое количество наблюдений. Поэтому был проведен частичный факторный эксперимент. Многовариантные расчеты проводились в распределенной вычислительной среде, которая включала кластеры, организованные на базе персональных компьютеров и функционирующие под управлением операционной системы Windows и системы управления прохождением заданий Condor [4]. Выборочные результаты моделирования приведены в табл. 2.

На основе вышеприведенных результатов можно сделать вывод, что при проведении ПРР целесообразно использовать 3 бригады. Это значительно сокращает среднее время нахождения транспортного средства в очереди. В этом случае коэффициент простоя и требуемые экономические показатели остаются в допустимых пределах.

Результаты моделирования, полученные в рамках вычислительного эксперимента, были использованы в управленческих службах ООО «Иркутский хладокомбинат» при разработке нормативов ПРР и определении категорий «лояльных» клиентов.

Таблица 1

Характеристики модели

Характеристика	Описание характеристики
Транзакты	Транспортные средства (ТС) различной грузоподъемности (5 видов)
Приборы	Бригады, участвующие в ПРР (каждая бригада включает: 2 грузчика, 2 водителя электропогрузчиков)
Модельное время	43 200 минут (1 месяц)
Входные переменные	Накладные расходы по проведению ПРР для каждого типа ТС; цена ПРР на 1 кг груза (зависит от вида груза); зарплата бригады; нормы времени ПРР на каждый тип ТС с учетом вида груза; величина штрафа за простои ТС
Наблюдаемые величины	Доход от ПРР; себестоимость ПРР; штраф за простои ТС; прибыль от ПРР; рентабельность ПРР; грузооборот ЛСК; процент времени простоя бригад; среднее время ожидания ТС обслуживания.
Особенности модели	Разнородные ТС, включая железнодорожный транспорт; различная рентабельность; различные нормы времени проведения ПРР; различные виды груза; наличие недоступности сервисов, обусловленных человеческими факторами, техническими неисправностями.

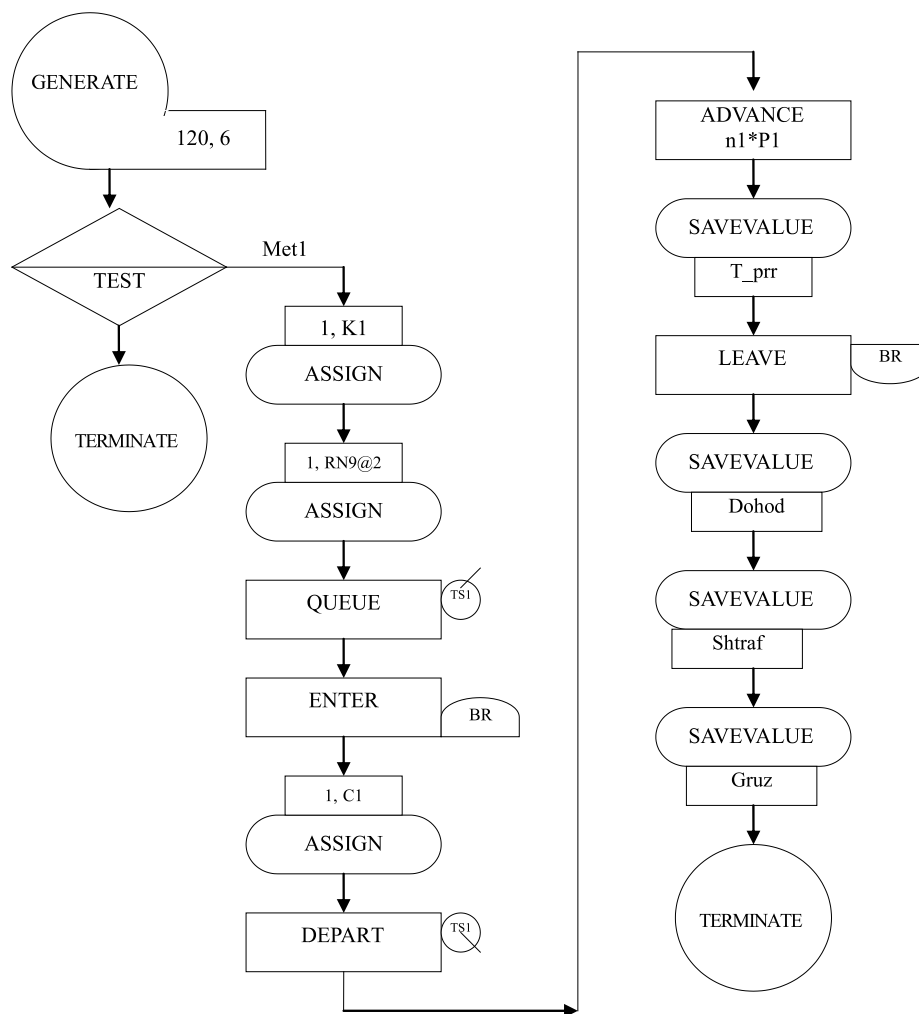


Рис. 2. Блок-схема фрагмента имитационной модели

Таблица 2

Результаты моделирования

Показатель	Количество бригад			
	2	3	4	5
Коэффициент изменения дохода	1,04	1,06	1,08	1,11
Коэффициент изменения себестоимости	0,78	0,88	0,98	1,18
Коэффициент изменения прибыли	0,26	0,19	0,11	- 0,07
Рентабельность, %	33,55	21,19	10,75	- 5,61
Коэффициент простоя	0,28	0,30	0,31	0,32
Среднее время в очереди, мин	4,86	2,04	2,02	1,95

Модифицированная версия рассмотренной имитационной модели использована для классификации потоков вычислительных заданий и ресурсов экспериментальной кластерной Grid ИДСТУ СО РАН. Для каждого класса заданий был определен уровень обслуживания, а также допусти-

мые интервалы изменения значений показателей эффективности функционирования Grid. Полученные результаты [2] показали, что дополнительное применение классификации заданий в процессе распределения заданий совместно с традиционными метапланировщиками заданий Grid дает



возможность повысить коэффициент полезного использования вычислительных ресурсов системы на 15–18%.

### Заключение

Результаты исследования обеспечивают дополнительные функциональные возможности для систем управления ЛСК и ориентированы на подготовку и проведение экспериментов с помощью высокопроизводительных вычислений с целью ускорения получения результатов для принятия эффективных логистических решений. В плане развития модели предполагается введение в нее новых сегментов, входных переменных и наблюдаемых величин. Модифицированные версии модели могут быть успешно использованы для исследования широкого спектра сложных систем с целью определения предпочтительных уровней обслуживания требований.

*Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект № 15-29-07955-офи\_м.*

### Список литературы

1. Башарина О.Ю., Носков С.И. Методика анализа, оценки и прогнозирования динамики основных показателей функционирования складского логистического комплекса // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11–6. – С. 1103–1107.
2. Bogdanova V.G., Bychkov I.V., Korsukov A.S., Oparin G.A., Feoktistov A.G. Multiagent Approach to Controlling Distributed Computing in a Cluster Grid System. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2014. – Vol. 53, № 5. – P. 713–722.
3. GPSS World Tutorial Manual (2001) // URL: [http://www.minutemansoftware.com/tutorial/tutorial\\_manual.htm](http://www.minutemansoftware.com/tutorial/tutorial_manual.htm) (дата обращения 20.06.2015).

4. Litzkow M., Livny M., Mutka M. Condor – A Hunter of Idle Workstations. In Proc. of the 8th International Conference of Distributed Computing Systems (ICDCS), Los Alamitos, IEEE CS Press, 1988. – P. 104–111.

5. Schriber T.J. Simulation using GPSS. New York, John Wiley, 1974. – 534 p.

6. Taha H.A. Operations Research: An Introduction. – Upper Saddle River, Prentice Hall, 2006. – 592 p.

### References

1. Basharina O.Ju., Noskov S.I. Metodika analiza, ocenki i prognozirovanija dinamiki osnovnyh pokazatelej funkcionirovanija skladsogo logisticheskogo kompleksa // *Fundamentalnye issledovanija*. 2013. no. 11–6. pp. 1103–1107.

2. Bogdanova V.G., Bychkov I.V., Korsukov A.S., Oparin G.A., Feoktistov A.G. Multiagent Approach to Controlling Distributed Computing in a Cluster Grid System. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2014. Vol. 53, no. 5. pp. 713–722.

3. GPSS World Tutorial Manual (2001) // URL: [http://www.minutemansoftware.com/tutorial/tutorial\\_manual.htm](http://www.minutemansoftware.com/tutorial/tutorial_manual.htm) (data obrashhenija 20.06.2015).

4. Litzkow M., Livny M., Mutka M. Condor A Hunter of Idle Workstations. In Proc. of the 8th International Conference of Distributed Computing Systems (ICDCS), Los Alamitos, IEEE CS Press, 1988. pp. 104–111.

5. Schriber T.J. Simulation using GPSS. New York, John Wiley, 1974. 534 p.

6. Taha H.A. Operations Research: An Introduction. Upper Saddle River, Prentice Hall, 2006. 592 p.

### Рецензенты:

Данеев А.В., д.т.н., профессор кафедры «Информационные системы и защита информации» Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск;

Опарин Г.А., д.т.н., профессор, зам. директора по научной работе ФБГУН «Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова» СО РАН, г. Иркутск.

УДК 004.055

## МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ И НАПОЛНЕНИЯ САЙТА ОРГАНИЗАЦИИ, ОСНОВАННАЯ НА ТРЕБОВАНИЯХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН

**Бедрина С.Л., Маслюк А.В., Леонова А.А.**

*ФГБГОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»,  
Владивосток, e-mail: svetlana.bedrina@vvsu.ru, masluk\_94@mail.ru, anutkaleo@mail.ru*

В статье рассмотрена проблема разработки структуры сайта при образовании новых функциональных формирований, такого как практико-интегрированное обучение (ПИО) в вузе. ПИО является новой моделью подготовки молодых специалистов в вузе для современного рынка труда. Цель ПИО – приобретение необходимых навыков и умений по своей будущей профессии, а также опыта работы по специальности. В статье представлены результаты анализа существующих методик проектирования сайтов, а также анализ содержания и структуры сайтов вузов России по организации практик студентов. При разработке сайта первая задача разработчика – сформировать его структуру так, чтобы она была логичной, практичной и удобной для пользователя. Это зачастую является проблематичным, и разработчику сайта непросто разобраться как со структурой сайта, так и с его наполнением. В статье предлагается методика разработки структуры и наполнения сайта, основанная на требованиях заинтересованных сторон, которая предложена к использованию при разработке сайтов с широкой целевой аудиторией. Описание методики ведется с привязкой к разработке сайта практико-интегрированного обучения Владивостокского государственного университета экономики и сервиса.

**Ключевые слова:** практико-интегрированное обучение, студент, вуз, заинтересованные стороны, контент, методика, структура сайта

## THE METHOD OF DEVELOPING STRUCTURE AND CONTENT OF THE ORGANIZATION SITE BASED ON THE DEMANDS OF THE STAKEHOLDER

**Bedrina.S.L., Maslyuk A.V., Leonova A.A.**

*Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok,  
e-mail: svetlana.bedrina@vvsu.ru, masluk\_94@mail.ru, anutkaleo@mail.ru*

The article deals with the problem of the working out the structure of the site when new functional formations are made one of them is Practice-integrated learning (PIL) at the high school. PIL is a new model of training young specialists at the institute for the modern labour market. The purpose of Practice-integrated learning is purchase necessary skills and practices on a future profession as well as experience. The article presents the results of the analysis of the existing methods of site projecting. It also gives the analysis of the structure and content of Russian institutes sites dealing with the organization of students practice. The first problem of developer is make logical, practical and comfortable structure of site for users. The developer need to deal with the structure and content of the site. In this paper proposes the method of working out and filling the site based on the demands of the parties concerned and which is offered to use while developing sites among the great audience having practical purposes. The description of the method concerns the working out the site of the Practice-integrated learning (PIL) of the Vladivostok State University of Economics and Service.

**Keywords:** Practice-integrated learning, student, university, stakeholders, content, methodology, site structure

Современный рынок труда требует подготовленных выпускников с приобретенными навыками и умениями, а также с хорошей базой практики. Это повышает конкурентоспособность молодых специалистов при устройстве на работу после окончания вуза. Чтобы идти в ногу со временем и соответствовать требованиям рынка труда, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса с сентября 2014 г. перешел на новую модель подготовки молодых специалистов – практико-интегрированное обучение (далее ПИО). В рамках ПИО студенты на четвертом году обучения направляются на предприятия для закрепления теоретических знаний на практике и при этом продолжают обучение.

Цель ПИО – приобретение необходимых навыков и умений по своей будущей профессии, а также опыта работы по специальности.

ПИО дает возможность каждому студенту ВГУЭС:

а) начать профессиональную карьеру еще до получения диплома бакалавра;

б) внести вклад в персональное резюме, существенно повышая конкурентоспособность выпускника ВГУЭС на рынке труда;

в) конкретизировать круг своих профессиональных интересов;

г) развить полезные навыки и компетенции;

д) научиться анализировать и умело использовать разного рода информацию, строить отношения в деловой сфере.

ПАО развивает у студентов широкий спектр компетенций, необходимых им в жизни и будущей профессиональной деятельности. Работа в проектах ПАО предполагает реализацию четко обозначенных целей и решение включенных в эти цели задач. В реализации проектов ПАО очень важную роль играет дисциплина и ответственность: своевременное предоставление различного вида документов и отчетов, выполнение условий договоров, обязательств перед заказчиками, работодателями и т.д. Студенты получают хорошую возможность применения своих теоретических знаний на практике в регламентированном режиме, получая регулярно обратную связь об успешности прохождения всех этапов ПАО от опытных наставников [2].

Организация ПАО во ВГУЭС осуществляется в рамках проведения практики на предприятиях с внешними работодателями и в рамках работы внутри вуза. Для получения практического опыта внутри университета во ВГУЭС реализован проект ВГУЭС-Сити. ВГУЭС-Сити представляет собой внутриуниверситетскую бизнес-среду, являющуюся аналогом реальной бизнес-среды со своим парламентом, финансами, налоговой службой, органами правопорядка и отдельными бизнес-единицами [1].

Для организации и управления практико-интегрированным обучением, осуществлении обратной связи со студентами и работодателями необходим механизм, который бы позволял консолидировать всю информацию по ПАО. Таким инструментом может стать сайт ПАО. Сайт должен содержать информацию о ПАО для студентов и их родителей, для сотрудников и работодателей, а также для других заинтересованных сторон, а именно:

а) список документов на прохождение практики;

б) данные о студентах 4-го курса (резюме);

в) данные о местах практики и работодателей;

г) данные о работе ПАО и др.

В наше время сайт – один из основных атрибутов большинства фирм и организаций, так как является их представителем в Интернете, который доступен круглосуточно для всех пользователей из любой точки мира.

Существует несколько основных причин создания сайта для фирм и организаций:

а) сайт предоставляет полную информацию о работе организации;

б) сайт является рекламой и визитной карточкой организации;

в) сайт экономит средства и время.

При разработке сайта первая задача разработчика – сформировать его структуру так, чтобы она была логичной, практичной

и удобной для пользователя. Это зачастую является проблематичным, и разработчику сайта непросто разобраться как с его структурой, так и с его наполнением.

При разработке сайта ПАО с такой же проблемой столкнулись и мы. Наша задача заключалась в том, чтобы наполнение сайта отвечало требованиям целевой аудитории сайта, а она была очень многочисленна и, следовательно, требования к содержанию были многочисленными и разноплановыми. Наполнение – это самое важное на любом сайте, поскольку посетителю сайта важно, чтобы контент был «хорошо упакованный», т.е. содержал понятное и визуально приятное наполнение. Контент должен соответствовать тематике сайта и должен помогать пользователю решить проблему, с которой он пришел.

В настоящее время существует уже довольно много методик проектирования сайтов. Для изучения и выбора подходящей методики был проведен анализ Интернет-ресурсов, в результате которого были выделены следующие основные методы:

а) метод вопросов;

б) метод сортировки карточек;

в) метод фасетной классификации.

«Метод вопросов». Суть метода довольно проста. Она заключается в составлении полного списка вопросов, которыми задаются потенциальные клиенты. Этот список составляется после опроса нескольких клиентов. Если метод применен правильно, то получится список вопросов, ответы на которые будут содержаться на сайте. В дальнейшем вопросы необходимо сгруппировать по различным признакам. Признаки группировки выбираются произвольно. В итоге получится сайт с продуманной структурой и содержанием.

«Метод сортировки карточек». Сортировка карточек – это метод, которым пользуются многие информационные архитекторы (и профессионалы в других смежных областях) для определения структуры сайта или приложения [3]. Метод позволяет создать общую структуру информации на сайте, рекомендации по дизайну навигации, меню и возможные варианты деления информации на группы. Существует два основных варианта метода сортировки карточек: открытая и закрытая сортировка.

При открытой сортировке участникам дается набор карточек, на которых написаны названия материалов сайта, без каких-либо предварительных разбиений на группы. От участников требуется разложить карточки по группам, которые они сами посчитают нужным создать, и затем описать эти группы. Открытая сортировка помогает создать информационную структуру нового или уже существующего сайта или продукта.

При закрытой сортировке участникам дается набор карточек с названиями материалов и заранее определенный список главных групп. От участников требуется разложить карточки по этим группам. Закрытая сортировка используется для добавления новых материалов в уже существующую структуру сайта либо для уточнения информации, полученной при открытой сортировке [3].

Сортировка карточек является простым, надежным и недорогим методом для сбора информации от пользователей по будущей структуре сайта. Он наиболее эффективен на ранних этапах проектирования.

«Метод фасетной классификации». Этот метод широко применяется для построения различных классификаций и может быть использован для классификации разделов сайта. Фасетная классификация – это совокупность нескольких независимых классификаций, осуществляемых одновременно по различным основаниям [5], в которой понятия представлены в виде пересечения ряда признаков. В резуль-

тате применения данного метода информация на сайте будет классифицирована по этим разделам, что увеличит удобство пользователя.

Проанализировав все методы, мы пришли к выводу, что не все из них учитывают главный аспект, а именно: мнение клиентов. Как было отмечено выше, у сайта большая целевая аудитория, поэтому общие требования к его наполнению на основе рассмотренных методов сформировать трудно.

Если применить первый метод, который учитывает мнения клиентов, то в силу того, что ПИО – это инновация ВГУЭС и с ее задачами и формами проведения заинтересованные стороны не сильно знакомы, то и вопросы они просто не смогут сформулировать.

Второй и третий методы предполагают, что информация, которую стоит разместить на сайте, уже сформирована, и необходимо только проработать структуру сайта. В нашем же случае мы изначально такими данными не обладаем.

#### Пример анализа требований заинтересованных сторон и их приоритеты

Заинтересованные стороны	Требования заинтересованных сторон	Приоритеты
Студенты	Где найти работу	10
	Куда пойти на практику	10
	Предприятия-партнёры (география, рейтинг)	7
	Регламент процесса (НББ)	10
	Условия работы	10
Родители	О ПИО	10
	Места практики и условия работы	10
	Вопрос-ответ	10
	Приказ на практику	10
Работодатели	О себе	10
	Свой портфель практики	10
	Требования к студентам на практике	7
	О студенте (Резюме)	9
	Кейс-задание (конкурс для отбора)	5
	Жизнь ПИО	10
Кафедры	Внутренние партнёры	10
	Внешние партнёры	10
	Места практики	10
	Отзывы студентов	10
	Отзывы работодателей	10
	Лучшие практики	10
	Жизнь ПИО	10
Администрация (государство)	Приказ на практику	7
	Резюме студента	7
	Документы вуза, сопровождающие ПИО	10
	Портфель практики	10
	Жизнь ПИО	10
	График проведения мероприятий	7
Руководство вуза	Жизнь ПИО	10
	Достижения	10
	Вопрос – ответ	10

Для решения проблемы мы рассмотрели теорию заинтересованных сторон (теория стейкхолдеров) [4] и решили на ее основе разработать методику проектирования структуры и наполнения сайта, основанную на требованиях заинтересованных сторон.

Предлагаемый алгоритм разработан на основе анализа заинтересованных сторон и содержит следующую последовательность действий:

- 1) определение заинтересованных сторон;
- 2) выделение представителей;
- 3) выделение основных требований;
- 4) ранжирование приоритетов;
- 5) анализ данных и группировка требований;
- 6) формирование названия для каждой выделенной группы;
- 7) формирование контента для каждой группы.

Рассмотрим более подробно каждый из этапов, для пояснения одновременно будем рассматривать пример по формированию сайта ПИО.

**Этап 1. Определение заинтересованных сторон.** На первом этапе необходимо выделить заинтересованные стороны – это отдельные люди, группы людей или целые организации, интересы которых пересекаются в определенной сфере. На примере

сайта ПИО – это студенты, родители, работодатели, кафедры, администрация (государство), руководство вуза.

**Этап 2. Выделение представителей.** На данном этапе из каждой группы заинтересованных сторон необходимо выделить представителей с максимальной степенью влияния.

**Этап 3. Выделение основных требований.** На третьем этапе важно провести «мозговой штурм» среди представителей заинтересованных сторон, в ходе которого выделяются основные требования. Требования для сайта ПИО представлены в таблице.

**Этап 4. Ранжирование приоритетов.** Следующим этапом необходимо расставить приоритеты для выделенных выше требований. Приоритеты расставляются по шкале от 1 до 10. Самые важные получают максимальные 10 баллов. Максимальный балл может повторяться. В таблице приведены результаты ранжирования приоритетов.

**Этап 5. Анализ данных и группировка требований.** Следующим этапом является анализ данных таблицы, с целью формирования разделов и объединение схожих и максимально важных требований в общие группы.

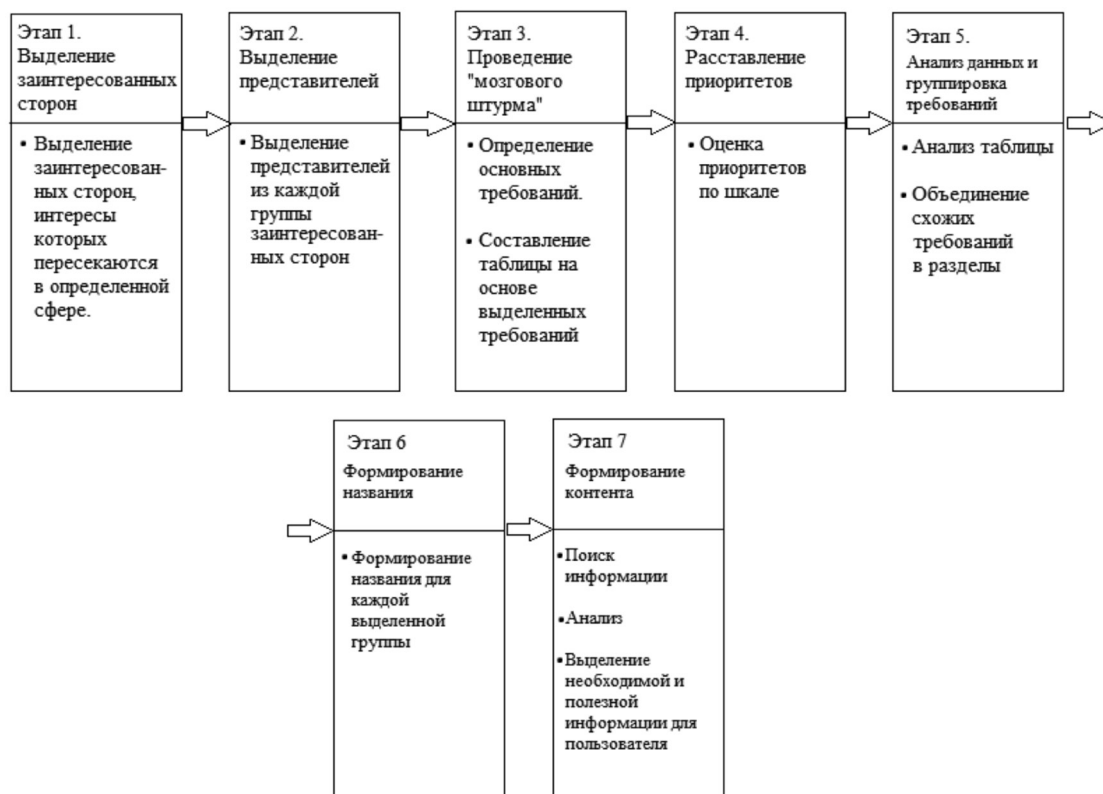


Рис. 1. Модель методики разработки структуры и наполнения сайта организации, основанная на требованиях заинтересованных сторон

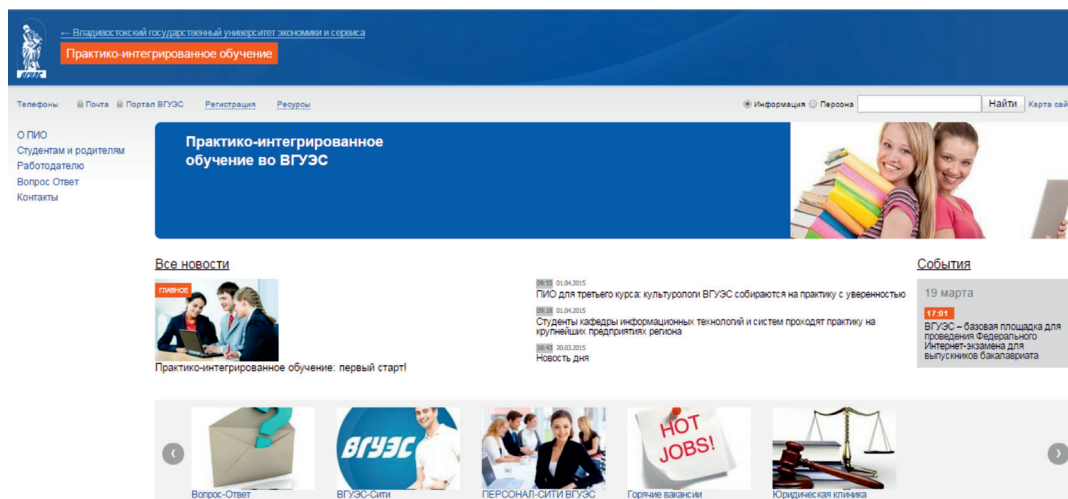


Рис. 2. Главная страница сайта «Практико-интегрированное обучение»

**Этап 6. Формирование названия для каждой выделенной группы.** На данном этапе формируются названия для каждого раздела, полученного в результате группировки на предыдущем этапе. Таким образом, в результате анализа таблицы можно выделить основные разделы сайта ПИО:

- а) о пио;
- б) студентам и родителям;
- в) работодателям;
- г) вопрос-ответ;
- д) контакты.

**Этап 7. Формирование контента для каждой группы.** На последнем этапе формируется наполнение: осуществляется поиск информации, анализ и выделение необходимой, полезной информации для пользователя.

На рис. 1 представлена модель использования методики разработки структуры и наполнения сайта организации, основанная на требованиях заинтересованных сторон.

На рис. 2 представлена главная страница сайта «Практико-интегрированное обучение», разработанная на основе рассмотренной выше методики.

При использовании данной методики определяется объем и границы информации, которая должна быть представлена на сайте, что позволит сделать сайт информативным, оперативным и актуальным для пользователей, кроме того определяются основные составляющие элементы и проводится структуризация на основе смысловых групп по основным разделам сайта, что помогает пользователю легко найти нужную для него информацию. Разработанная методика наиболее применима для сайтов с многоплановой целевой аудиторией, когда трудно согласовать общие требования к контенту.

### Список литературы

- Бедрина С.Л. Использование структурно-функционального моделирования при разработке практико-ориентированной модели обучения / С.Л. Бедрина, Е.А. Черкасова. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1 (Электронный журнал). – Режим доступа: URL: <http://www.science-education.ru/115-11532> (дата обращения: 09.04.15).
- Практико-интегрированное обучение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cpo.vvsu.ru/pio/> (дата обращения: 09.04.15).
- Сортировка карточек: полное описание метода. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://webmascon.com/topics/planning/19a.asp> (дата обращения: 12.04.15).
- Теория заинтересованных сторон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Теория\\_стейкхолдеров/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_стейкхолдеров/) (дата обращения: 05.04.15).
- Фасетная классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Фасетная\\_классификация/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Фасетная_классификация/) (дата обращения: 05.04.15).

### References

- Bedrina S.L. the use of structural and functional modeling in the development of practice-oriented training model / S.L. Bedrina, E.A. Cherkasova. // Modern problems of science and education. 2014. no. 1 (Electronic magazine). Access: URL: <http://www.science-education.ru/115-11532> (date of treatment: 04.09.15).
- Practice-integrated learning. [Electronic resource]. Access: <http://cpo.vvsu.ru/pio/> (date of treatment: 09.04.15).
- Sorting the cards: a complete description of the method. [Electronic resource]. Access: <http://webmascon.com/topics/planning/19a.asp> (date of treatment: 12.04.15).
- Stakeholder theory [Electronic resource]. Mode of access: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Stakeholder\\_theory/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Stakeholder_theory/) (Date of treatment: 05.04.15).
- Faceted classification [Electronic resource]. Access: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Faceted\\_classification/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Faceted_classification/) (Date of treatment: 05.04.15).

### Рецензенты:

Бойцова Т.М., д.т.н., профессор, директор научно-образовательного центра экологии Владивостокского государственного университета экономики и сервиса Минобразования РФ, г. Владивосток;

Кривошеев В.П., д.т.н., профессор, профессор кафедры информационных систем и прикладной информатики Владивостокского государственного университета экономики и сервиса Минобразования РФ, г. Владивосток.

УДК 687.016: 7.067.26

## КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ 3D-ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Воронцова Е.А., Данилова О.Н., Слесарчук И.А.**

*ФГБОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»  
Минобрнауки РФ, Владивосток, e-mail: olga.danilova@vvsu.ru*

В статье рассматриваются проблемы инновационной проектной деятельности в профессиональной среде. Систематизация существующих методов двухмерного проектирования одежды позволяет подойти к решению задач по разработке авторского комбинированного метода проектирования костюма. Проведен сравнительный анализ существующих методов 2D- и 3D-проектирования костюма. Рассматриваются процессы проектирования различных форм одежды с применением 3D-проектирования. В работе использованы теоретические основы САПР одежды, структурно-системный анализ объектов дизайна и 3D-моделирования. Предложенная концепция комбинирования методов 2D- и 3D-проектирования объемно-пространственных структур костюма реализована в практической деятельности. Принципиальное преимущество комбинированного метода заключается в использовании принципов плоскостного конструирования применительно к решению задач объемного проектирования. Перед окончательным принятием решения дизайнер может наглядно выявить форму, силуэт, покрой рукава, фактуру, цветовое решение проектируемой модели одежды.

**Ключевые слова:** компьютерный дизайн костюма, графический анализ и синтез, комбинированный метод

## COMBINED METHOD WITH 3D DESIGN FOR CREATION COMPLEX SHAPES OF COSTUME

**Voroncova E.A., Danilova O.N., Slesarchuk I.A.**

*Vladivostok State University of Economy and Service (VSUES), Vladivostok, e-mail: olga.danilova@vvsu.ru*

The article deals with the problems of innovative activities in a professional environment. Systematization of method 2D-design of clothes helps to develop new combined method of design suit. Comparative analysis have been made of methods 2d- and 3d design costume. Processes design have been considered of different clothes shapes with the help of 3d methods. Research methods used in the theoretical foundations of clothing CAD, structural and system analysis of objects of design and 3D modeling. The concept of combining the methods of 2D and 3D design is implemented in practice. The principal advantage of the combined method is to use the principles of 2D design in relation to the challenges of 3D design. The designer can visually identify the shape, silhouette, cut sleeves, texture, color designed fashions.

**Keywords:** computer costume design, graphic analysis and synthesis, the combined method

Традиционный процесс формообразования одежды, заключающийся в создании пространственной формы одежды из плоских материалов, достаточно сложен и трудоемок. Модернизация процесса проектирования одежды на основе внедрения информационных и компьютерных технологий позволяет решить задачи инженерно-пространственного проектирования и объемно-пространственной визуализации. Компьютерные 3D-технологии позволяют применять принципиально новые подходы к решению ряда проблем в области дизайна одежды: использование 3D-модели фигуры человека наглядно представляет форму проектируемого изделия и его развертку; примерка изделия возможна без изготовления образца [5].

Методики 3D-моделирования одежды вышли на новый уровень проектной деятельности путем использования графических программных пакетов моделирования 3D-пространства и 3D-печати объектов дизайна. С помощью 3D- и 4D-принтера возможно воплощение в материале практически любых сложных форм проектируемого костюма.

Однако методы работы с 3D-пространством в области Fashion-индустрии и швейной промышленности относятся к экспериментальному творчеству, поскольку создание формы одежды с помощью этих методов возможно осуществить только при наличии инновационных наноматериалов: биомиметических композитов с подвижной структурой, пластика, поливинилацетата, металлического порошка, полистирола, поликарбоната и др. Невозможность использования текстильных материалов в процессе 3D-печати объектов в настоящее время существенно затрудняет внедрение инновационных методов проектирования костюма [8].

Трехмерному проектированию одежды посвящены научно-исследовательские работы, выполненные сотрудниками ОАО «ЦНИИШП», МГУДТ, СПбГУДТ, ИВГПУ, ИГТА, МГУС, РЗИТЛП, КГТУ [1, 4, 6, 7]. Однако на сегодняшний день исследование в области адаптации свойств текстильных материалов к инновационным методам 3D-проектирования различных форм одежды отсутствуют. Необходим поиск новых путей в использовании методов создания

формы одежды на основе существующих возможностей 3D-проектирования (методов 3D-печати объектов) с учетом свойств текстильных материалов [9].

**Цель и задачи** настоящего исследования заключаются в разработке комбинированного метода проектирования объектов дизайна костюма на основе систематизации существующих методов проектирования одежды и практической реализации инновационного подхода в дизайне костюма.

#### **Материалы и методы исследования**

Для решения поставленных задач в работе использованы теоретические основы САПР одежды, структурно-системный анализ, графический анализ и синтез объектов дизайна костюма, 3D-моделирование объектов.

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

В ходе работы выполнен анализ и систематизация существующих методов конструирования одежды [3]. В результате проведенных исследований установлено, что вследствие перспективности и значимости в настоящее время методов 3D- и 4D-проектирования целесообразно выделить их в отдельную группу (рис. 1). Как было отмечено выше, практическое внедрение этих методов сдерживается ввиду ограниченного использования нетрадиционных материалов. Учитывая, что на основе использования методов плоскостного 2D-проектирования одежды накоплен значительный опыт работы с текстильными материалами, предложено модели одежды различных объемных форм получать путем комбинирования методов 2D- и 3D-проектирования [4].

На основе предложенной концепции комбинирования методов двухмерной и трехмерной пространственной среды проведены дальнейшие исследования по их практическому совмещению. Разработана последовательность этапов выполнения работ по комбинированию методов 2D- и 3D-проектирования (рис. 2).

Для создания модели одежды существуют два способа, которые связаны с работой в графических программах. Первый заключается в изготовлении развёрнутых элементов костюма в любой векторной программе (CorelDraw, Auto CAD и другие), затем импортирование этих чертежей в программы (3DS MAX, ZBrush, Maya и другие) для создания объемной модели, её усовершенствования и выбора текстурного и цветового решения, а также для получения текстурных разверток по полигональной сетке модели для ее экспорта в любой графический редактор. Второй способ состоит в изначаль-

ном моделировании в 3D- программах (3DS MAX, ZBrush, Maya и другие) с выбором цвета и текстуры ткани или пластмассы, в дальнейшем полигональные развертки из этих программ переносятся в любой графический редактор для дальнейшего создания лекала по модели одежды.

Предварительный этап работы осуществляется в графических редакторах путём выполнения эскизного ряда проектируемого изделия, что позволяет найти возможные варианты композиционного решения деталей костюма и приближенный цветовой спектр. После этого рабочий эскиз экспортируется в графический редактор «CorelDraw X6». Первый этап работы в графическом редакторе состоит в переносе рабочих эскизов в интерактивно-плоскостную среду графического редактора, для этого используется инструмент «Кривая Безье», который, в свою очередь, помогает обрисовать кривые по контуру рабочего эскиза. Далее необходимо разработать несколько эскизных вариантов изделия на одной базовой основе методами конструктивного моделирования с использованием функции копирайт и над полученными копиями исходного варианта проводить модификации форм. В графическом редакторе проводятся такие работы, как определение оптимального решения фактурности предполагаемого материала, сравнительный анализ вариантов принтов при помощи эффектов графического редактора «PowerClip».

Проведение графического поиска вариантов текстильного дизайна производится способом подставления и (или) исключения. Инструменты «PowerClip» и «заливка» используются исходя из предлагаемых вариантов: «эффекты», «заливка текстурой», «PostScript», «Заливка узором». После выполнения графического ряда в программном обеспечении «CorelDraw X6» выделяется оптимальный вариант изображения проектируемого изделия, которое сохраняется в базе данных.

На втором этапе работы исходный материал из базы данных графического редактора «CorelDraw X6» необходимо экспортировать в доступном формате в графический редактор «3D MAX», в котором экспортируемые файлы преобразуются в сплайны или контуры эскиза и обводятся с помощью инструментов «Линии». Если форма сложная и требуется смоделировать элементы костюма, применяются модификаторы «Edit Mesh» или «Edit Poly». К созданному объекту применяются встроенные или дополнительно установленные инструменты «Модификаторы», позволяющие изменить конфигурацию контуров исходного материала и форму изделия.



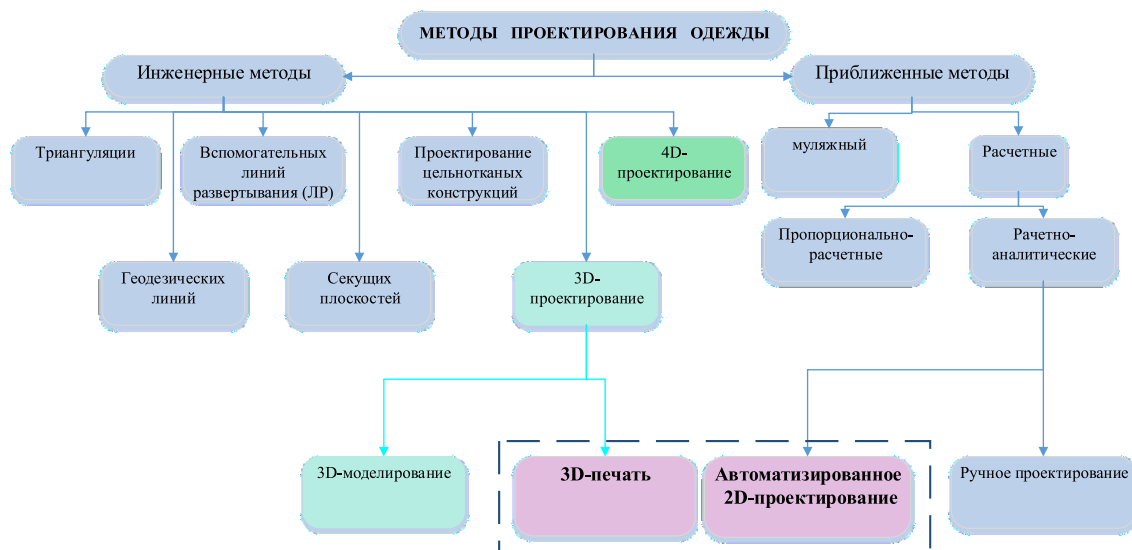


Рис. 1. Концепция комбинирования методов 2D- и 3D-проектирования одежды

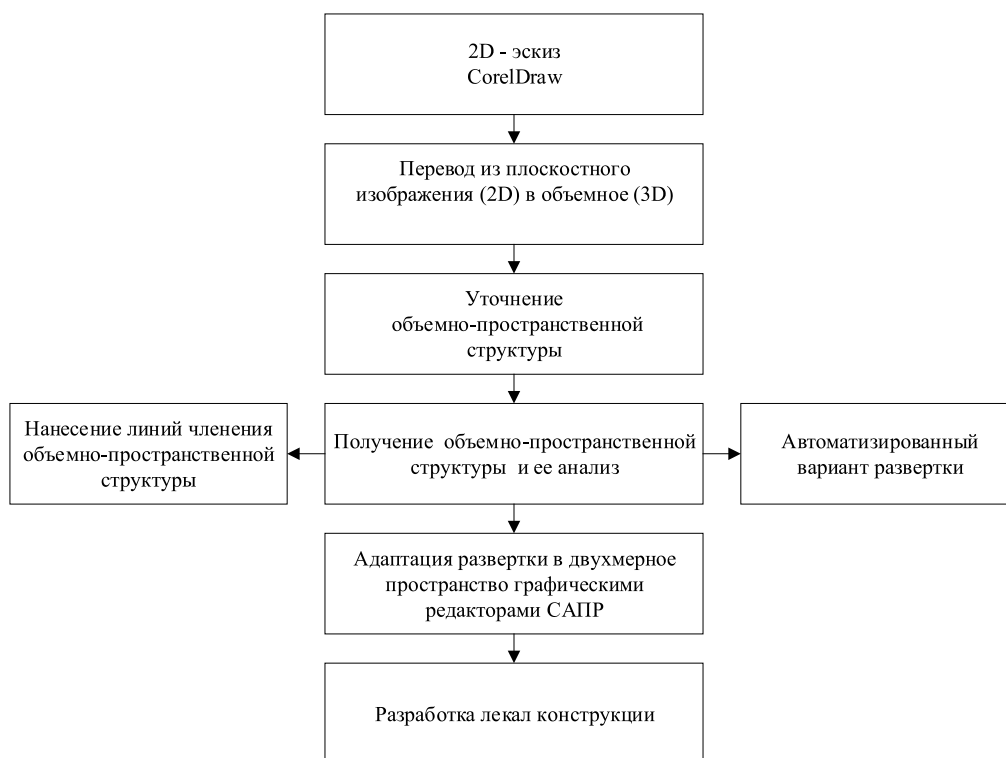


Рис. 2. Этапы выполнения работ по комбинированию методов проектирования

После нанесения контуров и получения необходимой формы, которая является замкнутым сплайном, используется инструмент «Extrude» и применяется система «выдавливания» данной формы для получения объемного значения модели. Далее корректируется форма, задаются изгибы при помощи встроенных или дополнительно установленных инструментов «Модифика-

торы», которые осуществляют преобразование объектов. Затем на нужную поверхность (плоскость) накладывается текстура при помощи «Редактора текстур».

Для создания финального изображения требуется создать «сцену», в которую входят элементы освещения для выявления текстуры поверхности, а также камеры, созданные как стационарные видовые точ-

ки [2, с. 13]. Установленная текстура применяется в конечном варианте проектируемой модели.

С помощью встроенных или дополнительно установленных «Модификаторов» производится полигональная текстурная сетка в соответствии с элементами костюма, которые впоследствии переводятся в графические редакторы.

В завершение процесса преобразования происходит сохранение полученных и исходных материалов в базу данных программного обеспечения «3D MAX».

На третьем этапе осуществляется перенос развёртки полученного изделия в двумерное пространство графического редактора САПР путем использования формата для передачи данных. Экспорт из 3D-пространства осуществляется панелью «Вид», далее производится выбор соответствующего вида «3D» с помощью команды «View».

В случае, если программные обеспечения конкурируют, для экспорта проекта рекомендуется использовать дополнение «3DStudio Out». После переноса конструкции в двумерную среду, графический ре-

дактор преобразовывает трехмерный объект в развертку проектируемого изделия. На заключительном этапе вносятся коррективы в развертку конструкции за счет применения способа развёртки текстур из трехмерного моделирования в двумерное. Данное преобразование позволяет осуществить изменение деталей модели перед печатью лекала. После дополнительной корректировки развертка изделия сохраняется в базе данных. Завершается этап печатью деталей лекал одежды.

Данный алгоритм апробирован на примере модели одежды из коллекции под девизом «Берега Морей». Последовательное выполнение алгоритма комбинированного метода и создание 3D манекена [2, с. 11] завершилось экспериментальным проектированием различных видов съемных воротников в морском стиле.

Результаты экспериментального 3D-проектирования съемных воротников различных классификационных групп и стиливых решений представлены на рис. 3: стояче-отложные и плосколежащие (а–г); плосколежащие (д, е); фантазийные (ж, з).

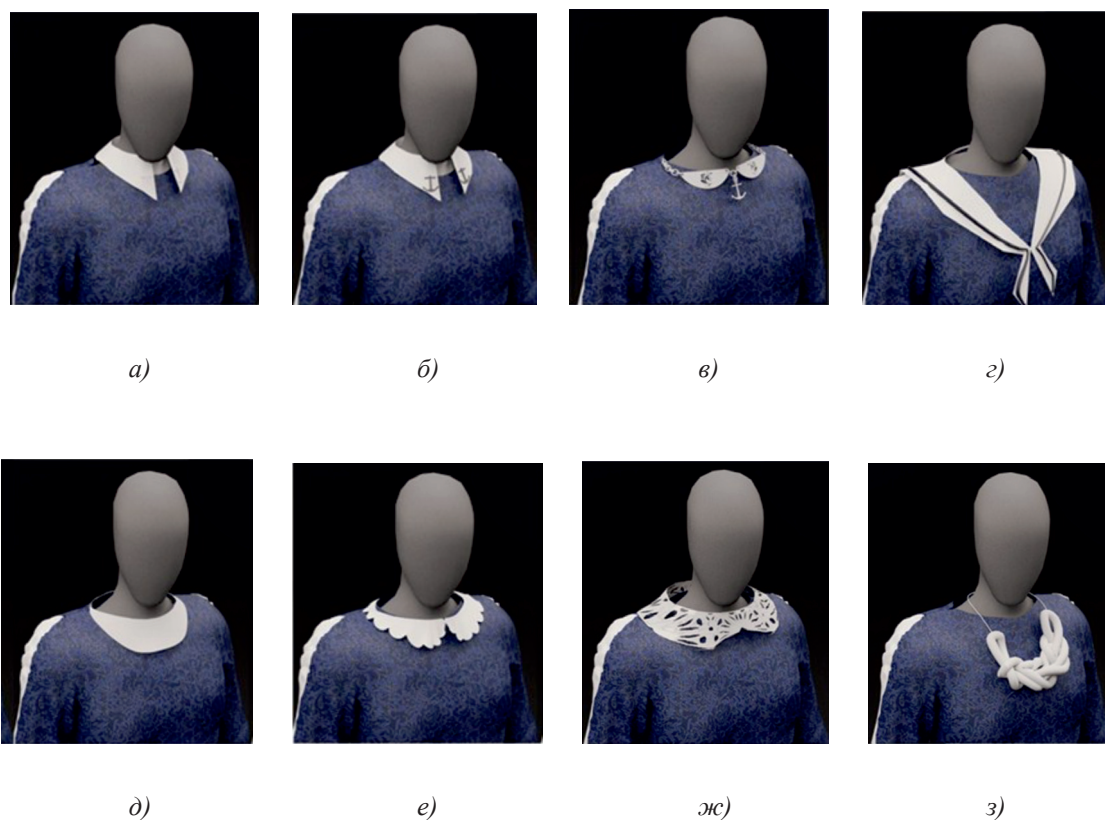


Рис. 3. Результаты экспериментального 3D-проектирования съемных воротников различных классификационных групп и стиливых решений

Полученные развертки воротников выведены на печать, затем произведен раскрой деталей из текстильных материалов. Образцы изделий изготовлены традиционными методами. Разработанные на основе 3D-проектирования модели воротников сложной формы (рис 3, в, е–з) предлагается изготовить из полимерных материалов методом послойного нанесения.

### Заключение

Принципиальное отличие разработанного комбинированного метода от современных плоскостных САПР одежды с элементами 3D-технологий, позволяющих разрабатывать объемную поверхность по имеющейся плоской развертке, заключается в использовании принципов плоскостного конструирования применительно к задаче объемного проектирования.

Данный метод разработки изделия с использованием 3D-технологии позволяет решать проблемы, связанные с созданием сложных форм одежды путем получения разверток нетрадиционными методами. Предложенный подход к проектированию модели одежды позволяет наглядно представить проектируемое изделие на фигуре – манекене, что предоставляет возможность визуализировать различные варианты проектируемого изделия. Перед окончательным принятием решения проектировщик может наглядно определиться с формой, силуэтом, покроем рукава, фактурой, цветовым решением предполагаемой модели одежды.

### Список литературы

1. Гусева М.А. Совершенствование метода трехмерного проектирования элементов конструкции плечевой одежды: дис... канд. техн. наук. – М., 2007. – 235 с.
2. Егорова И.Н., Гайдамашук А.В. Исследование программных сред 3D моделирования // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т. 6, № 1 (14). – С. 11–14.
3. Коблякова Е.Б. Конструирование одежды с элементами САПР. – М: Легпромбытиздат, 1988. – 462 с.
4. Кочанова Н.М. Совершенствование процесса проектирования воротников на виртуальных моделях системы «женская фигура – одежда»: дис... канд. техн. наук. – Иваново, 2009. – 233 с.
5. Кузьмичев В.Е., Кузьмичев В.Е. Художественно-конструктивный анализ и проектирование системы «фигура-

одежда»: учебное пособие / В.Е. Кузьмичев, Н.И. Ахмедулова, Л.П. Юдина. – Иваново: ИГТА, 2010. – 300 с.

6. Ло Юнь. Проектирование виртуальных систем «женская фигура-одежда» с разной объемно-силуэтной формой: дис... канд. техн. наук. – Иваново, 2011. – 215 с.
7. Раздомахин Н.Н. Теоретические основы и методическое обеспечение трехмерного проектирования одежды: дис...докт. техн. наук. – СПб., 2004. – 364 с.
8. Раздомахин Н.Н., Басуев А.Г., Сурженко Е.Я. Система трехмерного автоматизированного проектирования одежды и перспективы ее развития // Вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та технологии и дизайна. – 1997. – № 1. – С. 111.
9. Яковлева Е.Я. Разработка метода проектирования конструкций женского платья гладкой формы в системе 3-CAD: дис... канд. техн. наук. – М., 1996. – 203 с.

### References

1. Guseva M.A. Sovershenstvovanie metoda trehmernogo proektirovaniya jelementov konstrukcii plechevoj odezhdy: dis... kand. tehn. nauk. M., 2007. 235 p.
2. Egorova I.N., Gajdamashuk A.V. Issledovanie programnyh sred 3D modelirovaniya // Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva. 2013. T. 6, no. 1 (14). pp. 11–14.
3. Kobljakova E.B. Konstruirovaniye odezhdy s jelementami SAPR. M: Legprombytizdat, 1988. 462 p.
4. Kochanova N.M. Sovershenstvovanie processa proektirovaniya vorotnikov na virtualnyh modeljah sistemy «zhenskaja figura odezhda»: dis... kand. tehn. nauk. Ivanovo, 2009. 233 p.
5. Kuzmichev V.E. Kuzmichev V.E. Hudozhestvenno-konstruktivnyj analiz i proektirovaniye sistemy «figura-odezhda»: uchebnoe posobie / V.E. Kuzmichev, N.I. Ahmedulova, L.P. Judina. Ivanovo: IGTA, 2010. 300 p.
6. Lo Jun. Proektirovaniye virtualnyh sistem «zhenskaja figura-odezhda» s raznoj obemno-silujetnoj formoj: dis... kand. tehn. nauk. Ivanovo, 2011. 215 p.
7. Razdomahin N.N. Teoreticheskie osnovy i metodicheskoe obespechenie trehmernogo proektirovaniya odezhdy: dis... dokt. tehn. nauk. SPb., 2004. 364 p.
8. Razdomahin N.N., Basuev A.G., Surzhenko E.Ja. Sistema trehmernogo avtomatizirovannogo proektirovaniya odezhdy i perspektivy ee razvitiya // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gos. un-ta tehnologii i dizajna. 1997. no. 1. pp. 111.
9. Jakovleva E.Ja. Razrabotka metoda proektirovaniya konstrukcij zhenskogo platja gladkoj formy v sisteme 3-CAD: dis... kand. tehn. nauk. M., 1996. 203 p.

### Рецензенты:

Бойцова Т.М., д.т.н., профессор кафедры туризма и гостинично-ресторанного бизнеса, директор научно-образовательного центра экологии ВГУЭС, г. Владивосток;  
 Старкова Г.П., д.т.н., профессор, профессор кафедры сервисных технологий, начальник отдела организации научно-исследовательской работы ВГУЭС, г. Владивосток.

УДК 004.94/519.876.5

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА ИЗУЧЕНИЯ ВОПРОСОВ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ В АСУ

Кузнецова Е.С.

*Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: kuznkat@yandex.ru*

Представлено обоснование целесообразности дополнения программы изучения системной надежности автоматизированных систем управления материалами, относящимися к вопросам надежности каналов передачи данных. Описаны имитационные модели и средства компьютерной поддержки исследования надежности каналов с кратным и дробным резервированием рабочего канала с учетом допустимого времени простоя. Возможности ускоренного изучения вопросов надежности каналов передачи данных проиллюстрированы примерами реализации расчетов в среде Scada-пакета Trace Mode. Перечислены возможности, которые предоставляются студентам в процессе изучения рассматриваемых имитационных моделей. В процессе изучения возможен анализ влияния аппаратурной избыточности на надежность функционирования рассматриваемой системы в целом. Результаты моделирования показывают, сколько времени система находилась в работоспособном состоянии и сколько в отказе. Показано, что интеграция информационных технологий в процесс обучения специалистов дает возможность расширить область знаний и повысить качество обучения студентов с малым увеличением затрат учебного времени.

**Ключевые слова:** надежность каналов, передача данных, дробное резервирование, допустимое время простоя, восстановление каналов, коэффициент готовности

## THE SUPPORT OF THE COMPUTER AIDED SYSTEMS INFORMATION CHANNELS RELIABILITY STUDY

Kuznetsova E.S.

*Kamyshin technological institute (branch) of Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education «Volgograd State Technical University»  
Kamyshin, e-mail: kuznkat@yandex.ru*

The reasons of the additional studying materials inclusion in the programs of the systems reliability study in the institutes of higher education and colleges are presented. These materials are concerning toward the data transmission channels reliability problems. The simulation models and the computer support facilities are carried out for the students' study of the channels with multiple and fractional reserving. The possibilities of the rapid study of the data transmission channels reliability problems are illustrated by the computer support examples carried out in the Trace Mode SCADA system environment. The possibilities which are available owing to the proposed simulation models application are mentioned out. The analysis of the instrumental redundancy influence on the whole system reliability level is discussed. The simulation results can be applied to compare the time intervals duration of the operable and refuse system states. The application of the computer-based educational technologies ensures the possibility of the knowledge area extension and students' study process improvement with minor additional education time demand.

**Keywords:** reliable channels, data transmission, divisional reservation, allowable downtime, restoration of channels, factor readiness

Анализируя образовательные стандарты и рабочие программы, определяющие вопросы изучения автоматизированных систем управления (АСУ) в технических вузах (например: «Организация ЭВМ и систем», «Операционные системы», «Сети ЭВМ и телекоммуникации» и др), можно заметить, что вопросы *системной* надежности рассматриваются лишь бегло. В частности:

– Согласно стандарту обучения высшего профессионального образования по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» (квалификация (степень) «бакалавр») [4] студенты в процессе обучения должны научиться ставить и решать схемотехнические задачи, связанные с выбором системы элементов при заданных требованиях к параметрам (временным, мощностным, габаритным, надежностным).

– В стандарте среднего профессионального образования по специальности 230401 «Информационные системы (по отраслям)» [5] приведен перечень профессиональных компетенций, освоение которых необходимо для умения использовать критерии оценки качества и надежности функционирования информационной системы.

– В стандарте высшего профессионального образования по направлению подготовки 231000 «Программная инженерия» (квалификация (степень) «бакалавр») [6] предусмотрено приобретение компетенции, необходимой для понимания концепций и атрибутов качества программного обеспечения (надежности, безопасности, удобства использования), в том числе – роли людей, процессов, методов, инструментов и технологий обеспечения качества (ПК-18), но

дисциплина «Надежность» в стандарте отсутствует.

Во всех перечисленных стандартах подготовки отсутствует частный, но важный раздел теории надежности – надежность информационных каналов. Важность этого раздела существенно возросла в последнее десятилетие в связи с широким использованием каналов передачи данных, каналов сотовой связи и развитием облачных технологий.

Это обуславливает потребность в удобных и интуитивно-понятных имитационных моделях, которые помогут как студентам, так и специалистам-разработчикам АСУ разобраться в вопросах надежности каналов передачи данных с учетом допустимого времени простоя системы и расширить состав приобретаемых навыков и компетенций.

**Актуальность разработки новых компьютерных средств для изучения надежности каналов передачи данных.** Исторически вопрос качества и надежности передачи данных в АСУ возникает с момента создания этих систем. В начале 1960-х годов в научных центрах Советского Союза вопросы передачи данных (ПД) стали рассматриваться как самостоятельное направление исследований [9]. В дальнейшем научная и практическая деятельность в этой области стала расширяться в связи с бурным развитием АСУ.

Однако вопрос качества и надежности передачи данных по-прежнему остается актуальным.

Созданы современные программные комплексы (ПК), позволяющие решать задачи оценки надежности, безопасности и риска систем на основе технологии автоматизированного моделирования (например, ПК Арбитр, RiskSpectrum, программные комплексы компании «RELEX SOFTWARE» и др.). В связи с этим необходимо ответить на вопрос, целесообразны ли дальнейшие исследования в данной области и разработка новых программных продуктов.

Во-первых, перечисленные программные комплексы ориентированы на использование при проектировании АСУ крупными промышленными предприятиями, т.к. их реализация предусматривается в составе мощной компьютерной системы. Но для большинства предприятий малого и среднего бизнеса затраты на профессиональные вычислительные системы не окупаются. Поэтому в специализированных АСУ с ограниченным составом функций, применяемых в малом бизнесе, фактор надежности (в особенности системной) учитывается недостаточно. Естественно, разделы проектов АСУ содержат сведения о технической надежности, но требования к ее уровню и к мерам ее поддержки чаще всего постулируются без серьезного обоснования.



Рис. 1. График отказов и их длительность

Во-вторых, возникают новые задачи исследования надежности функционирования автоматизированных систем, ориентированных на использование интернет-каналов получения данных (например, в сферах интернет-торговли и получения данных, необходимых для поддержки закупок сырья и материалов через сайты соответствующих поставщиков) В частности, недостаточный учет вопросов надежности при проектировании сайтов приводит к неоправданным отказам отдельных функций сайта [7] (см., например, данные о частоте и продолжительности недоступности отдельных функций сайта <http://www.zakupki.gov.ru>). Особенно часто случаются следующие отказы: недоступна функция «Личный кабинет», недоступна функция «Поиск», недоступна функция «Реестр банковских гарантий», недоступна функция «Реестр контрактов» и др. В качестве примера приведен график и длительность отказов (рис. 1), которые происходили с 06.10.2014 г. и по 13.11.2014 г.

Приведенные аргументы обуславливают целесообразность создания компьютерных средств, ориентированных на использование при проектировании систем компьютеризации малого и среднего бизнеса. Но для эффективного решения этой задачи необходимо расширить круг вопросов исследования надежности в программах подготовки соответствующих специалистов без значительного увеличения общих затрат учебного времени. Это может быть достигнуто только за счет привлечения компьютерных образовательных технологий.

Компьютерные средства, описанные ниже, предоставляют возможности комплексного использования как при проектировании систем компьютеризации малого бизнеса, так и при подготовке специалистов по разработке АСУ.

**Особенности изучения теории надежности в вузе.** Анализ особенностей программ подготовки кадров автоматизированных систем в технических вузах показывает, что подготовка специалистов в этой области сводится к изучению лишь общих методов проектирования АСУ, причем вопросы надежности АСУ в связи с ограниченностью учебного времени рассматриваются недостаточно глубоко. Поэтому студенты получают лишь поверхностное представление о реальном влиянии системной надежности на работу проектируемых ими систем. В дисциплинах общепрофессионального блока: «Организация ЭВМ и систем», «Операционные системы», «Сети ЭВМ и телекоммуникации» и др. раздел надежности полностью отсутствует. Этот вопрос также мало освещен

в учебной литературе, рассматривающей вопросы построения АСОИУ.

В процессе овладения знаниями по учебным дисциплинам, содержащим вопросы оценки качества функционирования технических систем и устройств, а также автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ), студенты сталкиваются с необходимостью решения практических задач надежности и эффективности.

Перечисленные проблемы подготовки специалистов могут быть решены благодаря созданию и внедрению в учебный процесс универсальных имитационных моделей, реализованных с помощью компьютерных технологий, позволяющих студентам наблюдать за влиянием некоторых характеристик надежности на эффективность функционирования системы в целом.

**Возможности имитационных технологий для ускоренного изучения вопросов надежности каналов передачи данных в вузе.** Предлагается использовать в качестве учебного материала имитационные модели трактов передачи данных без резерва, а также с кратным и дробным резервированием рабочего канала с учетом допустимого времени простоя системы, реализованные в среде Scada-пакета Trace Mode [1]. При изучении данных моделей студенты будут иметь возможность: задавать вероятность отказа и восстановления каналов передачи данных и переключающего устройства; изменять допустимое время простоя системы; наблюдать текущее состояние системы по графу переходов; видеть, как изменяется коэффициент готовности системы в зависимости от начальных условий моделирования (интенсивности отказа, восстановления и допустимого времени простоя); анализировать результаты моделирования, которые сохраняются в виде статистики нахождения системы в каждом из возможных состояний во время моделирования; в процессе выполнения работ дополнительно изучается среда Trace Mode.

Для этого разработаны три имитационные модели, которые можно использовать в качестве базы для проведения лабораторных работ по исследованию надежности функционирования каналов передачи данных в АСУ: канал передачи данных без резерва, канал передачи данных с однократным резервированием рабочего канала, каналы передачи данных с дробным резервированием рабочего канала. Каждая из лабораторных работ рассчитана, в основном, на самостоятельную работу студентов (затраты аудиторного времени – не более 2 ч на весь цикл работ).

В результате изучения данного материала можно анализировать, как влияет аппаратная избыточность на надежность функционирования рассматриваемой системы в целом. Результаты моделирования показывают, сколько времени система находилась в работоспособном состоянии и сколько в отказе. Алгоритмы функционирования данных имитационных моделей также могут быть доступны для изучения.

Интеграция информационных технологий в процесс обучения студентов дает возможность расширить область знаний и повысить качество обучения студентов с малым увеличением затрат учебного времени.

Для примера на рис. 2, 3 и 4 показаны экранные формы программы, которая реали-

зует имитационную модель тракта передачи данных с дробным резервированием рабочего канала. Данная модель создана в среде Scada-пакета Trace Mode [3]. Модель предназначена для исследования надежности функционирования канала передачи данных с учетом допустимого времени простоя системы.

Структура программы представлена на рис. 2. Экранная форма тракта передачи данных показана на рис. 3, на которой представлен граф состояний канала передачи данных. Предусмотрена возможность наблюдения за статистическими характеристиками нахождения системы в представленных состояниях во время функционирования модели. Имеется возможность перехода на экран «Параметры», рис. 4.

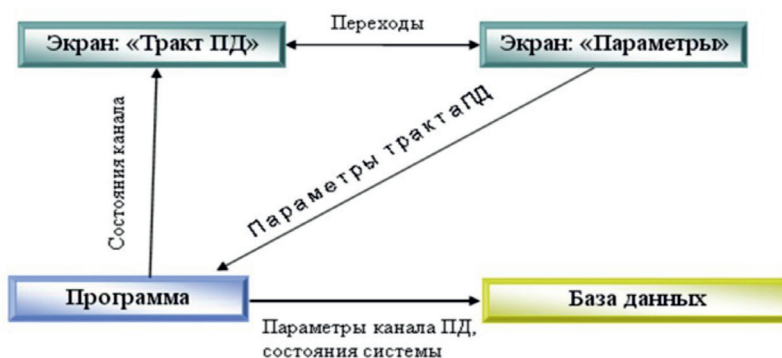


Рис. 2. Структура программы, реализующей имитационную модель тракта передачи данных с дробным резервированием рабочего канала

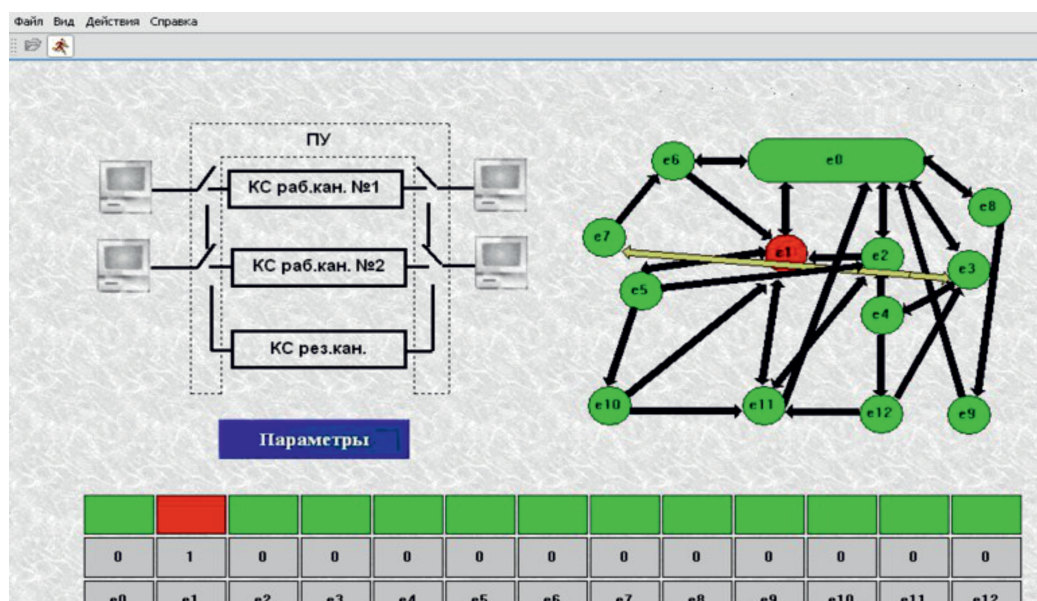


Рис. 3. Экранная форма имитационной модели тракта передачи данных

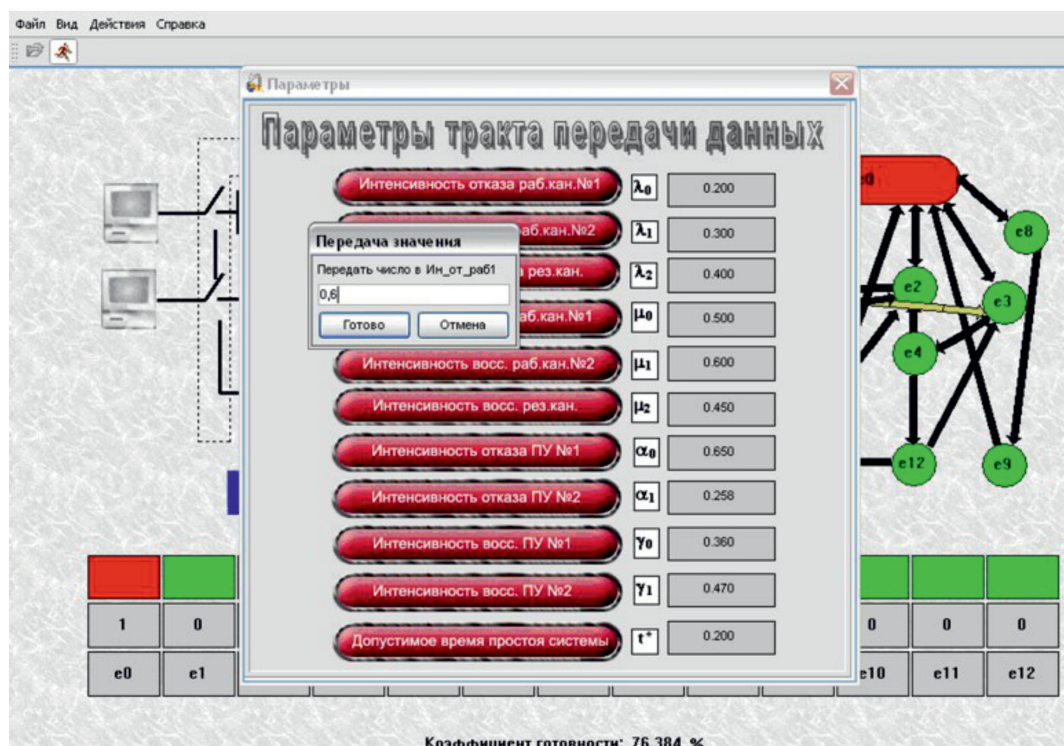


Рис. 4. Экранная форма «Параметра тракта передачи данных»

На этом этапе можно ввести с клавиатуры входные параметры функционирования тракта передачи данных. Результаты моделирования записываются в базу данных Microsoft Access и используются для исследования статистических характеристик функционирования системы.

Таким образом, студент может наблюдать влияние изменения одного или нескольких параметров модели: интенсивности отказа, восстановления канала передачи данных и др. на коэффициент готовности системы, а также оценивать периоды времени, в течение которых система находилась в работоспособном состоянии и в состоянии отказа. Студент имеет возможность задавать и изменять характеристики функционирования канала передачи данных в виде вероятностей отказов и восстановления, а также допустимого времени простоя системы.

Сравнение функционирования представленных моделей с определенными начальными данными позволит студентам сделать вывод о надежности данных моделей и выбрать вариант, который будет соответствовать требованиям технического задания на создание АСУ, раздел «Требования к надежности» [8].

Программа может быть использована в учебном процессе при преподавании дис-

циплин «Моделирование систем», «Сети ЭВМ и телекоммуникации», а также для дипломного и курсового проектирования.

*Благодарю за помощь в подготовке данной статьи профессора кафедры АСОИУ Елену Георгиевну Крушель, за ценные советы и указания, которые позволили сделать материал более наглядным.*

#### Список литературы

1. Кузнецова Е.С., Панфилов А.Э., Кручинин В.И. Программа, реализующая имитационную модель тракта передачи данных с дробным резервированием рабочего канала // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014663046 РФ, 2014.
2. Лукьянов В.С., Степанченко О.В., Кузнецова Е.С. Имитационное моделирование каналов передачи данных в процессе изучения студентами вопросов по надежности информационных систем // Известия ВолгГТУ. – 2010. – Т. 11, № 9. – С. 149–152.
3. Лукьянов В.С., Кузнецова Е.С. Оценка параметров надежности АСУ с учетом допустимого времени простоев системы // Известия ВолгГТУ. – 2007. – Т. 9. № 3. – С. 57–60.
4. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.11.2009 г. № 553 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» (уровень бакалавриата)».
5. Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.06.2010 г. N 688 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 230401 «Информационные системы» (по отраслям)».



6. Приказ Министерства образования и науки РФ от 09.11.2009 г. N 542 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 231000 «Программная инженерия» (квалификация (степень) «бакалавр»)».

7. Официальный сайт Российской Федерации в сети Интернет для размещения информации о размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.zakupki.gov.ru> (дата обращения: 10.04.2015).

8. Техническое задание по ГОСТ 34 – разделы 4–8. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.rugost.com/index.php?catid=25&id=108:34-4-8&Itemid=62&option=com\\_content&view=article](http://www.rugost.com/index.php?catid=25&id=108:34-4-8&Itemid=62&option=com_content&view=article) (дата обращения: 4.04.2015).

9. Шварцман В.О. К истории разработки отечественных систем передачи данных. //Век качества: – 2004. – № 4. – С. 82–85; [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.analitika.info/stati3.php?page=1&full=block\\_article172](http://www.analitika.info/stati3.php?page=1&full=block_article172) (дата обращения: 14.04.2015).

### References

1. Kuznecova E.S., Panfilov A.Je., Kruchinin V.I. Programma, realizujushhaja imitacion-nuju model trakta peredachi dannyh s drobnym rezervirovaniem rabocheho kanala // Svidetelstvo o gos. registracii programmy dlja JeVM no. 2014663046 RF, 2014.

2. Lukjanov V.S., Stepanchenko O.V., Kuznecova E.S. Imitacionnoe modelirovanie kana-lov peredachi dannyh v processe izuchenija studentami voprosov po nadezhnosti informacionnyh sistem // Izvestija VolgGTU. 2010. T. 11, no. 9. pp. 149–152.

3. Lukjanov V.S., Kuznecova E.S. Ocenka parametrov nadezhnosti ASU s uchetom dopu-stimogo vremeni prostoev sistemy // Izvestija VolgGTU. 2007. T. 9. no. 3. pp. 57–60.

4. Prikaz Ministerstva obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii ot 09.11.2009 g. no. 553 «Ob utverzhdenii federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta vys-shego obrazovanija po napravleniju podgotovki 09.03.01 «Informatika i vychislitel'naja tehnika» (uroven bakalavriata)».

5. Prikaz Ministerstva obrazovanija i nauki RF ot 23.06.2010 g. N 688 «Ob utverzhdenii i vvedenii v dejstvie federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta srednego professionalnogo obrazovanija po specialnosti 230401 «Informacionnye sistemy» (po otrasljam)».

6. Prikaz Ministerstva obrazovanija i nauki RF ot 09.11.2009 g. N 542 «Ob utverzhdenii i vvedenii v dejstvie federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta srednego obrazovanija po napravleniju podgotovki 231000 «Programmaja inzhenerija» (kvalifikacija (stepen) «bakalavr»)».

7. Oficialnyj sajt Rossijskoj Federacii v seti Internet dlja razmeshhenija informacii o razmeshhenii zakazov na postavki tovarov, vypolnenie rabot, okazanie uslug. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.zakupki.gov.ru> (data obrashhenija: 10.04.2015).

8. Tehnicheskoe zadanie po GOST 34 razdely 4–8. [Jelektronnyj resurs]. URL: [http://www.rugost.com/index.php?catid=25&id=108:34-4-8&Itemid=62&option=com\\_content&view=article](http://www.rugost.com/index.php?catid=25&id=108:34-4-8&Itemid=62&option=com_content&view=article) (data obrashhenija: 4.04.2015).

9. Shvarcman V.O. K istorii razrabotki otechestvennyh sistem peredachi dannyh. //Vek kachestva: 2004. no. 4. pp. 82–85; [Jelektronnyj resurs]. URL: [http://www.analitika.info/stati3.php?page=1&full=block\\_article172](http://www.analitika.info/stati3.php?page=1&full=block_article172) (data obrashhenija: 14.04.2015).

### Рецензенты:

Большаков А.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автоматизация, управление, мехатроника», Институт электронной техники и машиностроения Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов;

Томашевский Ю.Б., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Системотехника», Институт электронной техники и машиностроения Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов.

УДК 004.75

## ПРОЦЕДУРНАЯ МОДЕЛЬ СЕТЕВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА

Литвинов К.А.

ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г.Р. Державина», Тамбов, e-mail: uc-team@mail.ru

В работе рассмотрена процедура распределения информационных потоков на основе применения интегрального параметра «кибернетическая мощность информационной сети» для сетевых информационных систем. Данный параметр учитывает накопительные и передающие возможности системы при ограничении на время доведения пакета информации, что позволяет перераспределять информационные потоки для построения наиболее продуктивной потоковой ситуации. Для проверки эффективности применения предложенного подхода разработана процедурная модель, позволяющая сравнивать эффективность различных процедур распределения информационных потоков. В ходе исследования проведено имитационное моделирование. Приведены результаты, показывающие прирост основных показателей информационной эффективности при применении предложенной процедуры. На основе рассмотренных результатов сделан вывод о том, что применение кибернетической мощности информационной сети способно существенно повысить эффективность работы сетевых информационных систем.

**Ключевые слова:** кибернетическая мощность путевой цепи, кибернетическая мощность информационной сети, распределение информационных потоков, процедура распределения информационных потоков

## MODEL OF LOAD ZONE AND PROCEDURE FOR DISTRIBUTION OF INFORMATION FLOWS IN NETWORK

Litvinov K.A.

TSU G.R. Derzhavin, Tambov, e-mail: uc-team@mail.ru

The paper considers the procedure of distribution of information flow through the use of the integral parameter «cybernetic power of Information network» for network information systems. This option involves storage and transmission parameters of the network while limiting the time for bringing the information package through network. That allows to build the most productive flow situation. Procedural model is developed to test the effectiveness of the proposed approach. This model compares the effectiveness of different allocation procedures of information flow. The results shows the growth of all key performance indicators in the application of the distribution procedure. Results of modeling shows that the application of a cybernetic power of network can substantially increase the efficiency of the network.

**Keywords:** cybernetic power of route chain, cybernetic power of network, route management, procedure of route management

Современные сетевые информационные системы (СИС) строятся на основе дифференцированного подхода, в основу которого положено рассмотрение сети как множества узлов и информационных каналов, связывающих их. При таком подходе определяющей является характеристика отдельных элементов системы, при этом, как правило, происходит максимизация одного параметра или вектора параметров при возможном ухудшении других. Существует также подход к оценке информационной эффективности сетевой системы, при котором она рассматривается как единая структура, состоящая из одноканальных систем [2, 4].

Целью работы является повышение информационной эффективности СИС на основе использования кибернетической мощности путевой цепи в качестве метрики процедуры распределения информационных потоков. Для одноканальной системы (ОС) кибернетическая мощность информационной сети определяется [3]

$$P_{oc} = NG |_{T_d}, \quad (1)$$

где  $N$  – максимальное количество пакетов в СИС,  $G$  – производительность системы,  $T_d$  – время доведения пакетов.

Если представить путь в СИС как цепь связанных между собой ОС, то можно рассчитать его кибернетическую мощность (рис. 1):

$$P_{пути} = \sum_{i \in \text{пути}} \frac{\Delta T_i}{T_d} P_i |_{\Delta T_i}, \quad (2)$$

$$T_d \geq \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3. \quad (3)$$

Кибернетическая мощность путевой цепи отражает интенсивность процессов передачи и хранения информации по пути следования пакетов. При этом обязательным требованием является условие задержки пакетов. Время прохождения пакетом СИС  $T_d$  было не меньше суммы времен прохождения одноканальных систем  $\Delta T_i$  всего пути. Поэтому мощность ОС при расчете мощности маршрутной цепи нормируется коэффициентом  $\frac{\Delta T_i}{T_d}$ . Критерием

выбора пути является его загруженность, оцениваемая значением кибернетической мощности. Пакет направляется по пути, имеющему минимальную кибернетическую мощность.

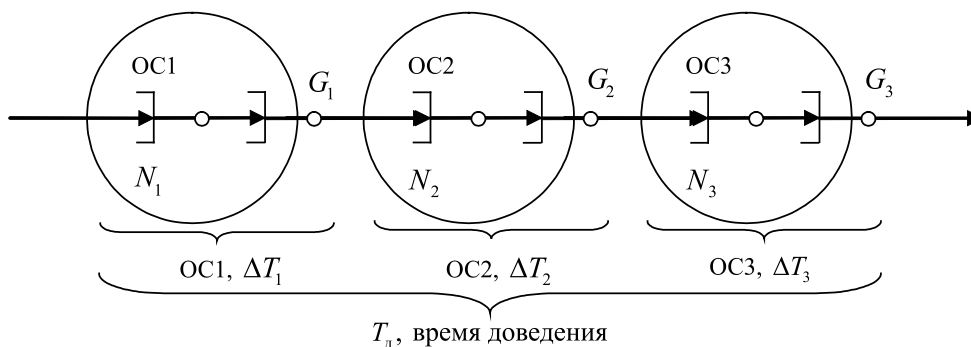


Рис. 1. Путевая цепь

В ходе исследования разработана процедурная модель СИС, [1, 5] позволяющая сравнивать различные подходы к решению задачи распределения информационных потоков в ней. Последовательность шагов процедурной модели имеет вид:

Шаг 1. Подготовка к моделированию. Генерация графа (топологии) СИС, параметров узлов и информационных каналов, сохранение значений параметров в файл.

Шаг 2. Инициализация. Загрузка графа (топологии) из файла. Инициализация параметров каналов и узлов системы. Инициализация процедур распределения информационных потоков.

Шаг 3. Решение задачи распределения информационных потоков [6].

Шаг 4. Имитация процессов обработки информации. Имитация протоколов передачи информации между узлами системы.

Шаг 5. Сбор статистики, показателей качества работы системы, расчет полной и мгновенной кибернетической мощности информационной сети.

Блок-схема работы процедурной модели представлена на рис. 2. Одним из основных блоков процедурной модели является блок построения потоковой ситуации. Он состоит из следующих этапов:

Этап 1. Построение начальной потоковой ситуации на основе числа транзитных участков. Этот вектор маршрутов считается основным [6].

Этап 2. Построение метрики на основе кибернетической мощности.

Этап 3. Построение новой потоковой ситуации (вектор альтернативных маршрутов) на основе метрики шага 2 [6].

Этап 4. Обработка пакета в зависимости от времени прохождения сети и кибернетической мощности основного и альтернативного пути.

Блок-схема процедуры распределения информационных потоков представлена на рис. 3. Для отклонения трафика и выбора

наиболее эффективного маршрута в СИС применяется следующая процедура:

1. Расчет кибернетической мощности путевой цепи основного и альтернативного маршрута. Выбор пути с минимальным показателем. В результате происходит выбор наименее нагруженного маршрута в сложившейся потоковой ситуации.

2. Расчет времени прохождения выбранного пути на основе статистики времени обработки информационного пакета в каждом узле. Сравнение времени жизни пакета с расчетным временем. Отклонение пакета в случае невыполнения временного ограничения.

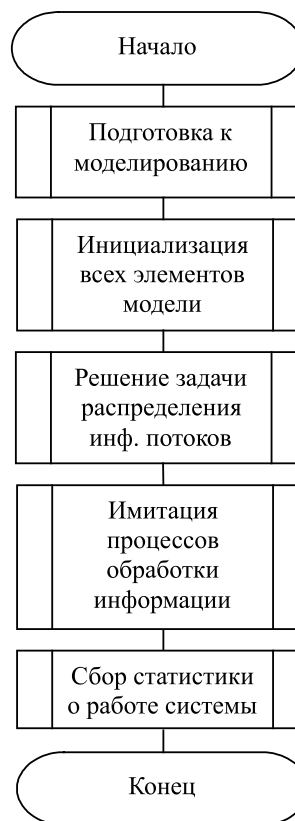


Рис. 2. Блок-схема работы процедурной модели

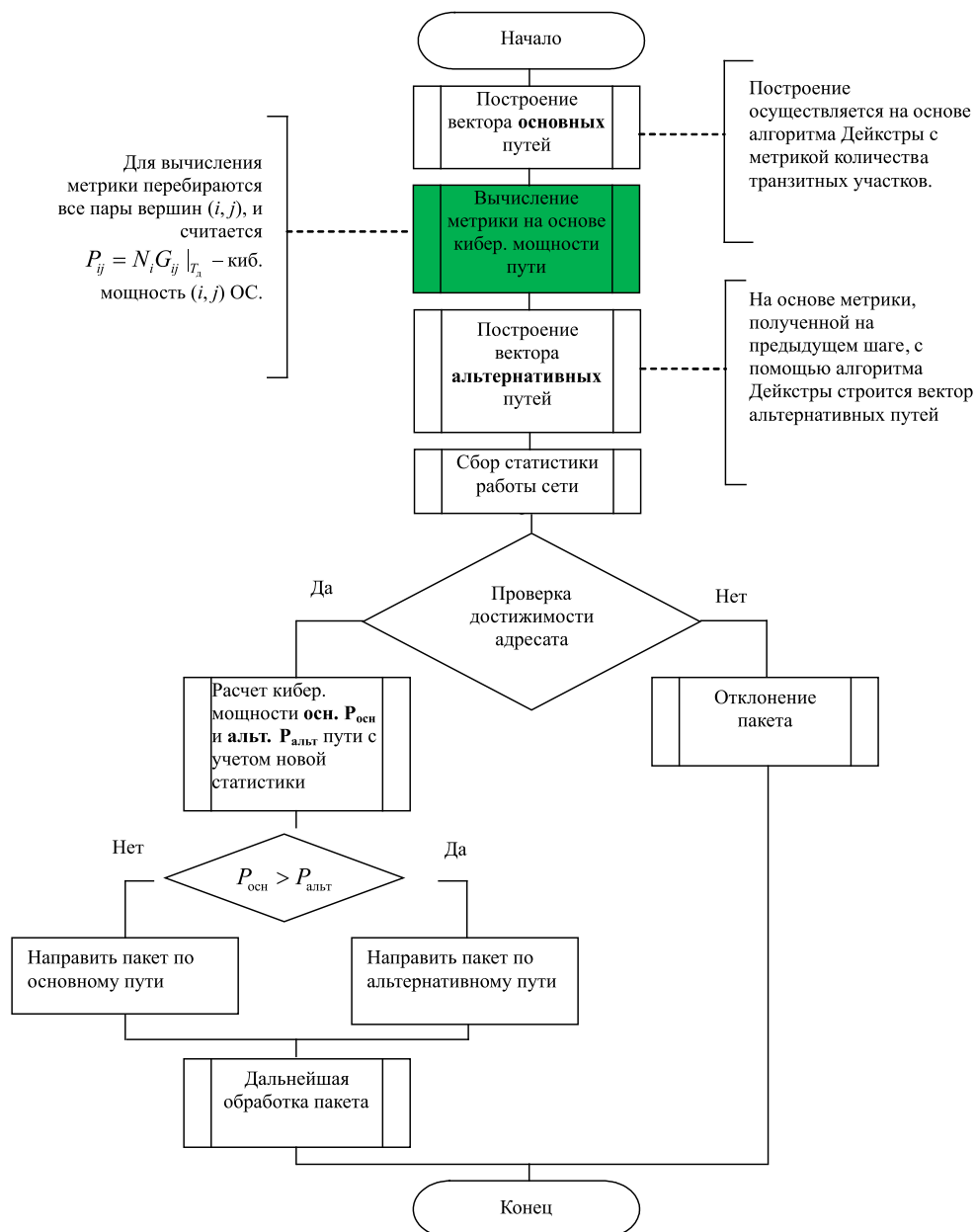


Рис. 3. Блок-схема процедуры распределения информационных потоков

Блок-схема процедуры отклонения информационных потоков представлена на рис. 4.

Исходные данные при моделировании: к-связность – 2, вероятность существования связи – 0,3 (сеть слабой связности); количество узлов в системе – 30; время моделирования – 10 мин; шаг дискретности времени – 1 мс; время жизни информационного пакета – 1 с; размер информационного пакета – 400 бит; скорость передачи в информационных каналах связи – 64000 бит/с. Для оценки информационной эффективности процедуры распределения информацион-

ных потоков на основе кибернетического параметра реализована с помощью сравнения со следующими процедурами:

А. Процедура распределения информационных потоков, основанная на кратчайших путях (сплошная линия). Основные особенности:

- движение пакетов из  $i$ -го узла в  $j$ -му только по одному маршруту;
- неизменность маршрутов движения пакетов (статичность ТМ).

Б. Процедура распределения информационных потоков, основанная на кратчайших путях с учетом накоплений (точечная линия).

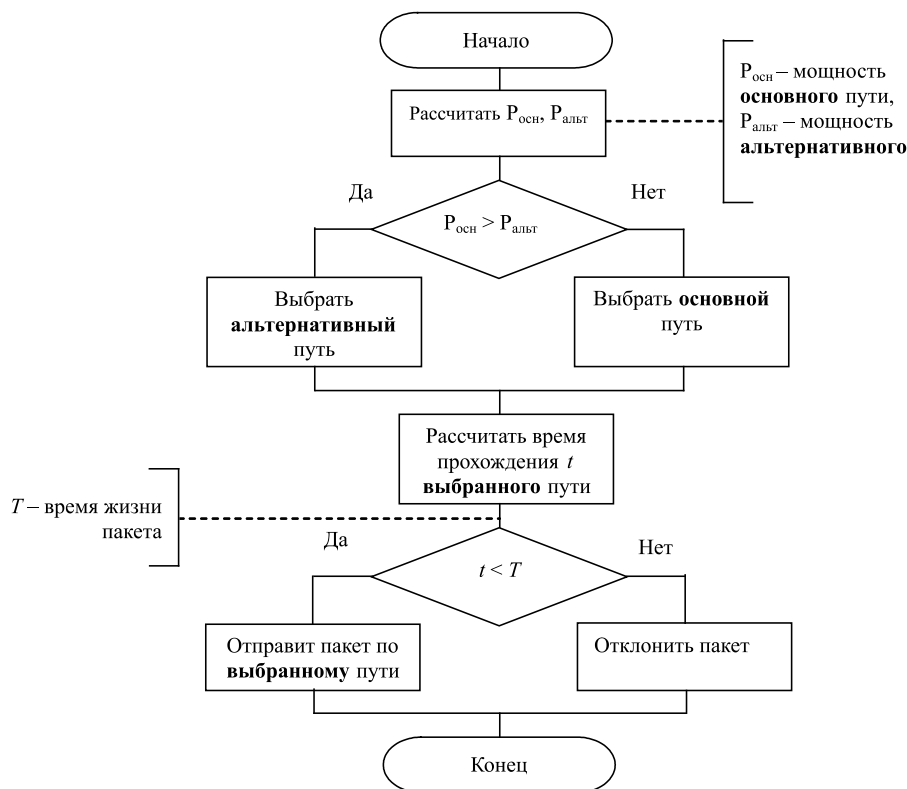


Рис. 4. Процедура отклонения информационных потоков

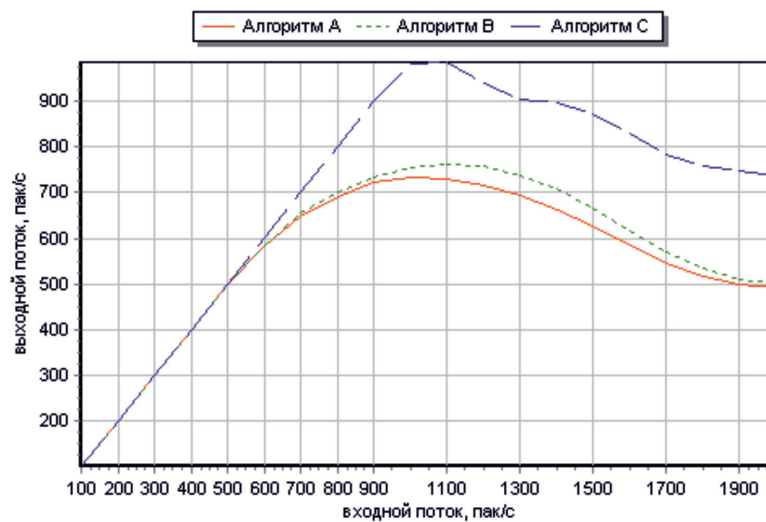


Рис. 5. Производительность СИС

- установление виртуального канала (как в варианте А);
- учет количества транзитных участков и накоплений при построении метрики СИС;
- адаптация потоковой ситуации к перегрузкам в системе каждые 30 с.

Результаты моделирования представлены на рис. 5–8. Процедура распределения информационных потоков на основе кибернетической мощности путевой цепи представлена пунктирной линией.

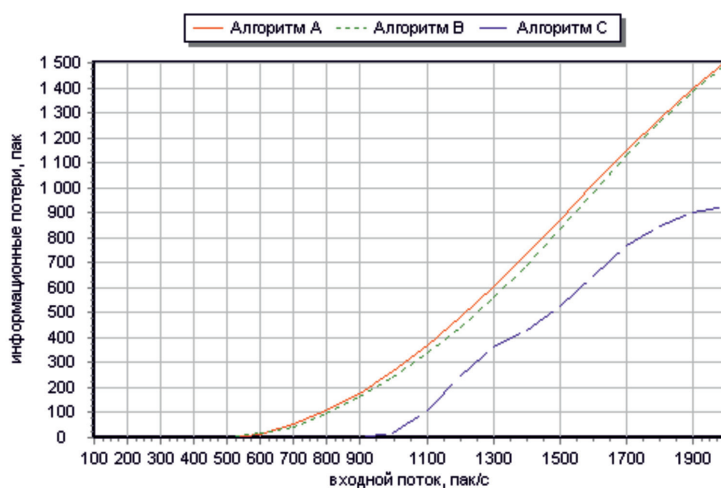


Рис. 6. Информационные потери в СИС

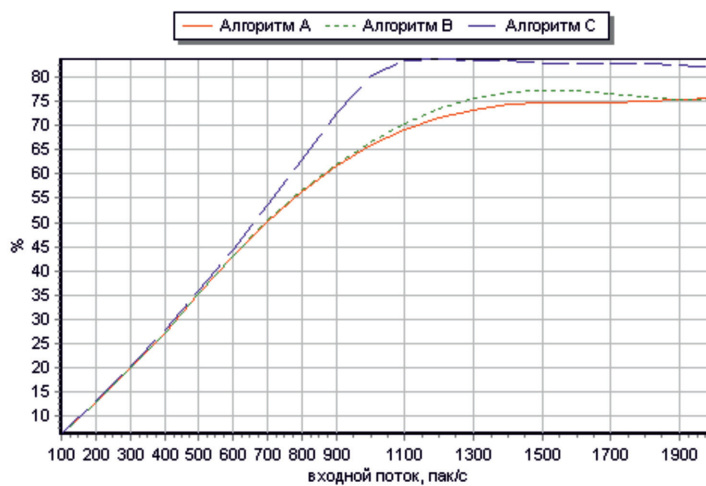


Рис. 7. Коэффициент использования каналов

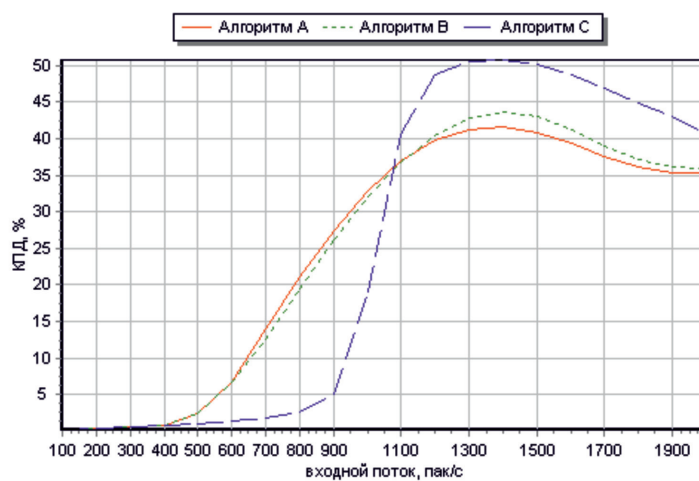


Рис. 8. КПД СИС в смысле передачи информации

Результаты моделирования показывают повышение информационной эффективности СИС при применении кибернетической мощности путевой цепи для распределения информационных потоков. КПД в смысле передачи информации исследуемого алгоритма выше сравниваемых в условиях высокой нагрузки. В условиях низкой нагрузки, из-за отсутствия накопления пакетов в СИС, КПД в смысле передачи информации исследуемой процедуры имеет меньшие значения.

#### Список литературы

1. Алгазинов Э. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / Э. Алгазинов, А. Сирота. – М.: Диалог-МФТИ, 2009. – 416 с.
2. Бертсекас Д. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
3. Пасечников И.И. Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей. – М: Издательство машиностроение-1, 2004. – 216 с.
4. Петров А.Е. Тензорная методология в теории систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 151 с.

5. Тарасик З.П. Математическое моделирование технических систем: учебник для вузов. – М.: ДизайнПРО, 1997. – 640 с.
6. Татт У.Т. Теория графов. – М.: Мир, 1988. – 424 с.

#### References

1. Algazinov Je. Analiz i kompjuternoe modelirovanie informacionnyh processov i sistem / Je. Algazinov, A. Sirota. M.: Dialog-MFTI, 2009. 416 p.
2. Bertsekas D. Seti peredachi dannyh / D. Bertsekas, R. Gallager. M.: Mir, 1989. 544 p.
3. Pasechnikov I.I. Metodologija analiza i sinteza predelno nagruzhennyh informacionnyh setej. M: Izdatelstvo mashinostroenie-1, 2004. 216 p.
4. Petrov A.E. Tenzornaja metodologija v teorii sistem. M.: Radio i svjaz, 1985. 151 p.
5. Tarasik Z.P. Matematicheskoe modelirovanie tehniceskikh sistem: uchebnik dlja vuzov. M.: DizajnPRO, 1997. 640 p.
6. Tatt U.T. Teorija grafov M.: Mir, 1988. 424 p.

#### Рецензенты:

- Горев П.Г., д.т.н., профессор, Тамбовский военный авиационный инженерный институт, г. Тамбов;
- Арзамасцев А.А., д.т.н., профессор, ТГУ им. Г.Р. Державина, г. Тамбов.

УДК 004.65

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ СВЯЗЕЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ В КОНТЕНТЕ САЙТА ВУЗА

Станн Д.А., Часовских В.П.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург,  
e-mail: stain.dm@gmail.com, u2007u@yandex.ru

Статья посвящена проблематике формирования системных связей и закономерностей для полноценного функционирования ИКТ-модели образовательного процесса вуза в web-среде в соответствии с законодательством Российской Федерации. Рассмотрены организационно-технические способы обеспечения контентной составляющей сайта вуза релевантности современным нормам законодательства. Наиболее подробно рассмотрены техники и технологии обеспечения образовательного процесса, сформулированные в федеральном государственном образовательном стандарте в контексте сайта вуза. Показано преимущество современных web-технологий при моделировании образовательного процесса вуза в ИКТ-среде. Предложена функционально-организационная структура ИКТ-среды образовательного процесса вуза в формате взаимодействия web-модели студента, web-модели преподавателя, web-модели нормативно-правового контента высшего профессионального образования РФ и web-модель фиксируемого образовательного процесса, погруженные в определенную web-модель инфраструктуры вуза. Рассмотрены преимущества подобного подхода в условиях академической мобильности и ориентации на облачные вычисления Cloud Computing.

**Ключевые слова:** ФГОС, база данных, БД, метод доступа, web, сайт вуза, модель, образовательный процесс, web-модель, облачные вычисления

## RESEARCH SYSTEMIC LINKAGES AND PATTERNS OF UNIVERSITY'S MANAGEMENT ON WEB SITE

Stain D.A., Chasovskikh V.P.

The Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg,  
e-mail: stain.dm@gmail.com, u2007u@yandex.ru

The article is devoted to systemic linkages and patterns for the full functioning of the ICT model of the educational process of the university in the web-environment in accordance with the legislation of the Russian Federation. The organizational and technical means of ensuring the content part of the site of the university relevance to modern standards legislation. The most detail the techniques and technologies to ensure the educational process set forth in the federal state educational standard in the context of the website of the university. The advantage of modern web-technologies at modeling the educational process of the university in the IT environment. A functional and organizational structure of the IT environment of the educational process of the university in the form of interaction of web-student model, web-model teacher, web-regulatory model, the content of higher education of the Russian Federation and the web-model fixed by the educational process, immersed in a certain web-infrastructure model university. The advantages of this approach in terms of academic mobility and orientation to the Cloud Computing.

**Keywords:** Federal educational standard, the database, the database access method, web, site of the university, a model educational process, web-model, cloud computing

Дальнейшее развитие системы высшего образования РФ в существенной степени определяет перспективы интеллектуального и созидательного потенциала общества. Повышение эффективности и качества высшего профессионального образования в современных условиях немыслимо без активного использования современных систем ввода, накопления, передачи и визуализации информации. Совокупностью технологий, которые обеспечивают такие требования, являются, безусловно, современные web-технологии. Законодательство, определяющее функционирование высшего учебного заведения в Российской Федерации, включает в себя все больше позиций, выполнение которых невозможно без использования современных web-технологий.

Ранее нами рассматривались основные нормативные документы и законодательные акты, определяющие web-среду вуза [5, 6, 7]. После данных публикаций имели место метаморфозы в законодательстве. Так, в 2015 г. были утверждены новые федеральные государственные образовательные стандарты. По сравнению с предыдущими версиями ФГОСов, документ дополнен большим объемом норм относительно сайта вуза. Данные позиции включены в п. 7.1.2.

Проанализируем основные составляющие в контексте web-структуры вуза на примере ФГОС ВПО по направлению подготовки 38.04.02 «Менеджмент» (уровень магистратуры) [3].

«Каждый обучающийся в течение всего периода обучения должен быть обе-



спечен индивидуальным неограниченным доступом ... к электронной информационно-образовательной среде организации. Электронно-библиотечная система (электронная библиотека) и электронная информационно-образовательная среда должны обеспечивать возможность доступа обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), как на территории организации, так и вне ее» [3].

Из данного определения однозначно следует, что вузом должна быть предоставлена некоторая ИКТ-система, реализованная в виде web-сайта (совокупности web-сайтов), функционирование которой не ограничено корпоративной сетью вуза. Также из термина, который применили законодатели для идентификации системы (электронная информационно-образовательная среда), становится понятно, что целью функционирования данной системы является погружение учебного процесса в web-среду.

Дальше ФГОС формирует функциональное описание данной среды:

«Электронная информационно-образовательная среда организации должна обеспечивать: доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах» [3]. Подобные требования уже имели место в [5, 6, 7].

Анализируем следующую позицию ФГОС – «фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения основной образовательной программы» [3].

Под данным абзацем из ФГОС скрывается целый пласт технических, организационных и социальных составляющих. Необходимость фиксации образовательного процесса каждого студента в среде интернет формирует необходимость разработки информационных моделей и методов, определяющих процесс приобретения студентом компетенций в режиме реального времени. Таким образом, необходимо смоделировать процесс формирования у студента компетенций и данную модель поместить в web-среду. Web-модель студента будет являться отображением процесса обучения студента. Предложенный нами ранее подход по формированию web-моделей преподавателя, студента и кафедры формирующих визуализации в сети интернет в формате web-сайтов в данном аспекте, безусловно, не только не потерял актуальности, но и, с на-

шей точки зрения, доказывает свою эффективность в условиях активно изменяющейся внешней среды.

Нельзя не отметить положительные составляющие фиксации образовательного процесса в среде интернет. Будет порождаться большое количество качественного аналитического материала, который может быть полезен как для формирования мотивирующей составляющей первичными агентами социализации студента так и для определения компетентности специалиста будущим работодателем или исходной информации для проведения дополнительных проверок со стороны контролирующих структур вуза или Министерства образования. В результате, все это приведет к увеличению прозрачности и открытости учебного процесса, а как следствие, с нашей точки зрения, – и повышению качества образования.

Анализируем следующий абзац документа «проведение всех видов занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий» [4].

Здесь декларируется необходимость включения в функционал образовательной среды непосредственно самого учебного процесса как технологии передачи знаний от преподавателя к студенту и последующий контроль знаний. Теперь для этих целей должны использоваться средства и возможности интернет и образовательной web-системы вуза. В рамках нашей концепции, процесс формирования компетенций у студента как процесс передачи знаний от преподавателя к студенту функционально определяется моделью преподавателя.

Следующее требование ФГОСа определяет необходимость формирования «электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение работ обучающегося, рецензий и оценок на эти работы со стороны любых участников образовательного процесса» [3].

Отчасти данная позиция расширяет необходимость фиксации образовательного процесса. С другой стороны, порождается огромный объем информации, который необходимо обрабатывать и хранить в составе web-сайта вуза. В таких масштабах становится целесообразным применение технологий и алгоритмов баз данных, учитывающих специфику контентного содержания, а также нереляционных СУБД.

Анализируем далее: «взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети «Интернет».

Разберем данный пункт подробнее.

Основным методом взаимодействия в современной ИКТ-среде является взаимодействие посредством обмена следующими информационными единицами (в порядке исторического развития):

1) текст (исторически первый метод взаимодействия посредством электронных технологий);

2) изображение;

3) звук;

4) видеоряд.

Современные web-технологии позволяют взаимодействовать всеми перечисленными выше методами.

Доступны следующие методы взаимодействия:

1. Электронная почта.

2. Текстовый чат.

3. Форум, электронная доска объявлений.

4. Видеозвонок, видеоконференция.

5. Социальные медиа и другие технологии web 2.0 [1].

Рассмотрим разницу между синхронными и асинхронными средствами взаимодействия.

Ожегов в толковом словаре толкует слово «синхронный» как «осуществляющийся одновременно, совпадающий во времени» [2].

Таким образом, в терминах ИКТ-систем, синхронное и асинхронное взаимодействие тождественно таким понятиям как взаимодействие в режиме реального времени (On-line), когда реакция систем при коммуникации с обоих концов осуществляется почти одновременно и не в режиме реального времени (offline), когда подразумевается накопление информации на промежуточных точках с последующей передачей.

Таким образом, к синхронным методам взаимодействия относятся: текстовый чат, видеозвонок, видеоконференция. К асинхронным методам относится электронная почта, форум, электронная доска объявлений. Социальные сети и технологии web 2.0 могут функционировать как в синхронном так и в асинхронном режиме.

Нужно отметить, что деление на синхронные и асинхронные средства взаимодействия в ИКТ-среде довольно условное. Так, ни одна система не позволяет передавать сообщения абсолютно одновременно – существуют задержки на визуализацию, обработку процессором системы. На практике самой большой задержкой является задержка пересылки пакета от одной сетевой карты к другой.

Последний из описанных методов взаимодействия является, с нашей точки зре-

ния, наиболее актуальным в настоящий момент, эффективным и перспективным коммуникационным каналом в среде web-технологий.

Рассмотрим структуру web-модели основных элементов образовательного процесса вуза. Образовательный процесс вуза фактически является процессом взаимодействия преподавателя и студента. Это взаимодействие регламентируется нормативно-правовым контентом высшего профессионального образования РФ. Таким образом, при погружении в ИКТ-среду основными объектами взаимодействия будут web-модель преподавателя, web-модель студента, web-модель нормативно-правового контента высшего профессионального образования РФ и web-модель фиксируемого образовательного процесса, погруженные в определенную web-модель инфраструктуры вуза.

Web-модель отличается от аналитической модели, кодированной в программном модуле тем, что она в обязательном порядке имеет визуализацию и инструменты обратной связи, доступной для удаленного взаимодействия посредством браузера и доступа в интернет. Полноценно и эффективно реализовать модели студента и преподавателя имеет смысл в рамках технологии ASP.NET MVC 5. Это фреймворк для веб-разработки, основанный на платформе Microsoft.NET, который предоставляет разработчикам возможность создавать хорошо структурированные веб-приложения. ASP.NET MVC 5 стала прорывом, поскольку делает упор на чистый код, концепцию разделения и тестируемость [4, 8].

Аббревиатура MVC расшифровывается как Model-View-Controller (Модель-Представление-Контроллер) и представляет собой архитектурный паттерн, очень популярный в области веб-разработки. Будучи альтернативой технологии Web Forms, ASP.NET MVC использует другой подход к вопросу структурирования веб-приложений. Это означает, что не придется иметь дело с ASPX-страницами и элементами управления, обратными запросами или ViewState, а также жизненными циклами сложных событий. Вместо этого будем определять контроллеры, действия и представления. ASP.NET MVC обеспечивает полный контроль над HTML-разметкой, полный контроль над URL-адресами, лучшую концепцию разделения, расширяемость и тестируемость.

Web-модель преподавателя и студента формируется из трех составляющих:

– «модель» – компонент приложения, отвечающий за взаимодействие с источ-

ником данных (база данных, XML-файлы, файловая система и т. п.), а также содержащий описание объектов, описывающих данные, с которыми работает веб-сайт 2.0. Модель данных должна быть релевантна специфике формируемой модели преподавателя или студента;

– «представление» – компонент, отвечающий за отображение пользовательского интерфейса – в случае веб-сайта 2.0 HTML-разметки или других форматов данных, принимаемых вызывающим клиентом. Именно данный компонент обеспечивает визуализацию, превращая аналитическую модель преподавателя или студента в web-модель преподавателя или студента;

– «контроллер» – компонент, содержащий логику веб-сайта 2.0. В контроллере описана логика взаимодействия с пользователем – в случае веб-сайта 2.0 логика обработки HTTP-запросов к веб-сайту 2.0. Контроллер взаимодействует с объектами модели, которые, в свою очередь, влияют на представление.

Итак, web-модель преподавателя и web-модель студента в контексте предлагаемого подхода представляют собой, фактически сайт, и каждая web-модель состоит из трех составляющих – модель, отображения и контроллер.

Таким образом, образовательный процесс в среде современных web-технологий, удовлетворяющий современным тенденциям развития науки и техники, а также законодательству Российской Федерации, с нашей точки зрения, должен быть погружен и функционировать в ИКТ-среде следующим образом.

Общие структуры и алгоритмы, свойственные всем web-моделям преподавателей и web-моделям студентов, описываются в базовых классах. Затем, при зачислении студента или назначении преподавателя на должность, из базового класса методом инициализационных параметров, идентифицирующих конкретного студента (преподавателя) формируется экземпляр класса, который включается в университетскую web-среду и начинает функционировать. Web-структура сайта вуза, в контекст которой помещаются инициализированные объекты, обеспечивает процесс взаимодействия как в синхронном, так и в асинхронном режиме, обеспечивая полноту учебного процесса и соблюдение законодательства РФ.

В [7] модели взаимодействия в ИКТ-среде web 2.0 рассматриваются как модели взаимодействия в контексте социальных сетей, где иерархические структуры «начальник-подчиненный» заменены

понятием единомышленников, вводится понятие такого активного сетевого взаимодействия, как «беседа». С нашей точки зрения, такой подход, безусловно, может быть интересен и эффективен в web-структуре вуза, в частности, в контексте решения позиций из ФГОСа, требующих обеспечения синхронного и асинхронного взаимодействия. Однако, безусловно, иерархические и субординационные составляющие, релевантные иерархии функционирования вуза как социальной системы должны учитываться в системе в приоритетном порядке.

Сформированные web-модели как относительно логически самодостаточные информационные единицы могут размещаться в сети с использованием технологий облачных вычислений и Cloud Computing. Таким образом, сформированная web-модель преподавателя с накопленными учебно-методическими и научными составляющими посредством формирования связей может взаимодействовать с различными метаструктурами, таким образом, преодолевая рамки социально организованных структур и формируя глобальную научно-педагогическую среду.

#### Список литературы

1. Кук Ниалл. Предприятие 2.0. Социальное программное обеспечение сегодня и завтра / Ниалл Кук; пер. с англ. – Шашлов Г.А. – М.: Акварариновая Книга, 2010. – 224 с.
2. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка. 4-е издание / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. – М.: А Темп, 2006. – 7848 с.
3. Приказ «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 38.04.02 «Менеджмент» (уровень магистратуры)» от 30 марта 2015 г. N 322 // Минобрнауки РФ: официальный сайт – Режим доступа: URL: <http://минобрнауки.рф/документы/5561>. – 11.06.2015.
4. Фримен Адам. MVC 5 с примерами на C# для профессионалов, 5-изд.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2015. – 736 с. ISBN 978-5-8459-1911-3.
5. Часовских В.П., Стаин Д.А. Модель образовательного процесса и сайт вуза 2.0// Эко – Потенциал: журнал мультидисциплинарных научных публикаций, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2014. – № 2(6). – С. 113–119. ISSN 2310 – 2888.
6. Часовских В.П., Стаин Д.А. Представление и сравнительный анализ модели образовательного процесса университета в форме реляционных таблиц SQL и их мультипликативном отображении. // Техника и технология: новые перспективы развития, научный журнал «Естественные и технические науки». – М., 2014. – С. 101–106.
7. Часовских В.П., Стаин Д.А. Структура, содержание и среда разработки веб-сайта вуза//Эко – Потенциал: журнал мультидисциплинарных научных публикаций, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2013. – № 3–4. – С. 160–173. ISSN 2310 – 2888.
8. Эспозито Дино. Программирование на основе Microsoft ASP.NET MVC. 2-е издание / Пер. с англ. – М.: Издательство «Русская редакция»; СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 464 с.

### References

1. Kuk Niall. Predpriatie 2.0. Socialnoe programmnoe obespechenie segodnja i zavtra / Niall Kuk; per. s angl. Shashlov G.A. M.: Akvamarinovaja Kniga, 2010. 224 p.
2. Ozhegov S.I. Tolkovyy slovar russkogo jazyka. 4-e izdanie / S.I. Ozhegov, N.Ju. Shvedova. M.: A Temp, 2006. 7848 p.
3. Prikaz «Ob utverzhdenii federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta vysshego obrazovaniya po napravleniju podgotovki 38.04.02 «Menedzhment» (uroven magistratury)» ot 30 marta 2015 g. N 322 // Minobrnauki RF: oficialnyj sayt Rezhim dostupa: URL: <http://minobrnauki.rf/dokumenty/5561.11.06.2015>.
4. Frimen Adam. MVC 5 s primerami na S# dlja professionalov, 5-izd.: Per. s angl. M.: OOO «I.D. Viljams», 2015. 736 p. IBN 978-5-8459-1911-3.
5. Chasovskih V.P., Stain D.A. Model obrazovatel'nogo processa i sayt vuza 2.0// Jeko Potencial: zhurnal multidisciplinarnykh nauchnykh publikacij, Uralskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet. Ekaterinburg, 2014. no. 2(6). pp. 113–119. ISSN 2310–2888.
6. Chasovskih V.P., Stain D.A. Predstavlenie i sravnitelnyj analiz modeli obrazovatel'nogo processa universiteta v forme reljacionnykh tablic SQL i ih multiplikativnom otobrazhenie. // Tehnika i tehnologija: novye perspektivy razvitiya, nauchnyj zhurnal «Estestvennye i tehnicheckie nauki». M., 2014. pp. 101–106.
7. Chasovskih V.P., Stain D.A. Struktura, sodержanie i sreda razrabotki veb-sajta vuza//Jeko Potencial: zhurnal multidisciplinarnykh nauchnykh publikacij, Uralskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet. Ekaterinburg, 2013. no. 3–4. pp. 160–173. ISSN 2310 2888.
8. Jespozito Dino. Programmirovanie na osnove Microsoft ASP.NET MVC. 2-e izdanie / Per. s angl. M.: Izdatelstvo «Russkaja redakcija»; SPb.: BHV-Peterburg, 2012. 464 p.

### Рецензенты:

Лабунец В.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург;

Бутко Г.П., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой, НОУ ВПО «Уральский финансово-юридический институт», г. Екатеринбург.

УДК 332.012.2:338

**МОДЕЛЬ, МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ФАКТОРАМ  
БАЛАНСА ИНТЕРЕСОВ**

<sup>1</sup>Алабугин А.А., <sup>2</sup>Каплан А.В.

<sup>1</sup>Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, e-mail: alabugin48@mail.ru;

<sup>2</sup>ООО «НТЦ-Геотехнология», Челябинск, e-mail: info@ustup.ru

Статья обосновывает характеристики модели параметрического анализа дисбаланса противоположных целей, оценивающих интересы социально-экономического развития горнодобывающего предприятия. Определено, что доминирование целей и стратегий развития в краткосрочном периоде и основанных на внутренней согласованности действий не обеспечивает высокого уровня адаптивности в долгосрочном периоде при неопределенно меняющемся внешнем окружении. Он позволяет быстро добиться хорошего соотношения затрат и результатов деятельности, но, как правило, эффективность сохраняется в краткосрочном времени. При приоритете целевых характеристик и стратегий ориентации на конкуренцию, спрос потребителей и прочие факторы внешней среды формируются функции устойчивого развития, направленные на регулирование баланса внутренних и внешних характеристик в мегасистеме для экологического благополучия. Предложены методы идентификации и измерения целей для типизации балансов и стратегий по параметрам изменений фаз внешней и внутренней среды. Даны обоснования выбора элементов механизма управления по оценкам фаз цикла развития.

**Ключевые слова:** модель, методология, цели, управление, баланс, социально-экономическое развитие

**MODEL, METHODOLOGY AND METHODS OF MANAGEMENT  
OF SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE MINING ENTERPRISE  
FOR FACTORS OF BALANCE OF INTERESTS**

<sup>1</sup>Alabugin A.A., <sup>2</sup>Kaplan A.V.

<sup>1</sup>South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: alabugin48@mail.ru;

<sup>2</sup>«STC-Geotechnology», Ltd., Chelyabinsk, e-mail: info@ustup.ru

The article describes the characteristics of the model of parametric analysis of the opposing goals imbalance, assessing the social and economic development of the mining enterprise. It was determined that the majority of goals and strategies based on the internal coherence in the short term does not provide a high level of adaptability in long term, under a changing external environment. It allows a quick achievement of a good ratio between costs and operating results, but as a rule, the effectiveness is retained in a short time frame. The functions of sustainable development aimed at regulating the balance of internal and external characteristics in a megasystem for environmental well-being forms when the priority is in the targeted characteristics and strategies are focused on business struggle, consumer demand and other environmental factors. The methods for identifying and measuring the goals for types of balances and strategies change the parameters phase of external and internal environments are suggested. The selection of the elements of the management mechanism due to appraisals of the development cycle phases is explained.

**Keywords:** model, methodology, objectives, management, balance, socio-economic development

Развитие окружающего мира циклично. Это утверждение уже не требует доказательств и может приниматься как аксиома. Цикличность является и универсальной закономерностью для большинства конкретных социальных и экономических процессов [4]. Для реализации концепций и принципов цикличности развития необходимы разработка модели постепенного перехода от конфликтных проявлений социальных и экономических целей при низких уровнях качества управления развитием к компромиссным, при средних их противоположных характеристиках в области регламентируемых параметров развития по общесистемному критерию целостности объекта управления в долгосрочном периоде.

Разработанная авторами модель имеет четыре группы характеристик, обосновывающих методологию и методы управления по факторам дисбаланса целей развития [1].

Первая вертикально-иерархическая пара противоположных целевых характеристик представлена диапазоном изменений уровня адаптивности, оценивающего свойство гибкости. Он измеряется в интервале от «УА» = 1 (абсолютного максимума либо норматива уровня адаптивности «УА» = «УАН») до минимального уровня (УА = 0). Регулирование улучшается применением функции «формирование управленческой нацеленности на устойчивость развития по критерию гибкости или стабильности». Использование критериев

гибкости и стабильности свойств системы управления содействует динамизму развития либо неизменности взаимоотношений, всестороннего директивного контроля процесса изменений и их экстраполяционной предсказуемости. Таким образом, осуществляется доминирование стратегий революционного либо эволюционного развития.

Вторая группа противоположных целевых характеристик модели управления может быть названа горизонтальной, так как требует регулирования дисбаланса целей и стратегий использования внутренних либо внешних возможностей с применением базовых и специальных функций. Соответствующий диапазон изменений предельных величин уровня качества процессов управления развитием представлен континуумом «максимум внутренней эффективности управляемой подсистемы в краткосрочном периоде – максимум внешней эффективности этой подсистемы в долгосрочном периоде». Первый полюс диапазона поэтому предлагается оценивать и планировать на основе дополнительной функции формирования направленности внутренних коммуникаций на устойчивость процесса развития – УПР (при максимальном либо нормативном индексе качества применения функций  $ИКУПР = 1$  либо  $ИКУПР = ИКУПРН$ ). Функция специализирует направленность действий персонала и подразделений на сохранение устойчивости процессов начатых изменений в краткосрочном периоде времени. Этому способствуют высокие индексы качества выполнения соответствующих подфункций: формирование стиля лидерства, направленного на устойчивость развития, формирование условий соответствия структурных элементов системы управления факторам среды и целям устойчивости развития.

Доминирование целей и стратегий развития в краткосрочном периоде, внутренней согласованности действий велико, например, в организациях жестко-директивного типа. Очевидно, что такой подход, учитывающий лишь внутренние ресурсы, не обеспечивает высокого уровня адаптивности в долгосрочном периоде при неопределенно меняющемся внешнем окружении. Он позволяет быстро добиться хорошего соотношения затрат и результатов деятельности, но, как правило, эффективность сохраняется в краткосрочном времени.

Противоположный «полюс» континуума характеризует приоритет целевых характеристик и стратегий ориентации на конкуренцию, спрос потребителей и прочие факторы внешней среды. Соответствующие процессы достижимы за более длительный

период времени с использованием функции формирования целей устойчивого развития, направленной на регулирование баланса внутренних и внешних характеристик в мегасистеме для экологического благополучия. В соответствии с вышеуказанными характеристиками специальных функций управления развитием этому способствуют высокие значения индексов качества  $ИК_{ур}$ , а также  $ИК_{ур1}$  и  $ИК_{ур2}$  (подфункций формирования и регулирования технико-технологического базиса предприятия, регулирования баланса финансовых характеристик управления устойчивым развитием, соответственно). Такого рода цели и стратегии внешней долгосрочной эффективности преобладают в организациях с горизонтальной структурой, нацеленных на реализацию долгосрочных инновационных проектов, требующих совместных усилий функциональных подразделений, цехов и т.п.

Третья группа противоположных целевых характеристик может быть названа функционально-диагональной в разрабатываемой модели, так как нацеленность управления развитием образуется как некая «равнодействующая» величина соответствующих «вертикальных» и «горизонтальных стратегий». Фактически речь идет о регулировании иерархической либо межфункциональной направленности применения вышеуказанных специальных функций и методов управления развитием. Диапазон изменений предельных характеристик представляется континуумом «преобладание ориентации на рост характеристик качества жизни и труда персонала – «нацеленность на интересы собственников предприятия в форме роста стоимости материальных активов» с приоритетом в значимости соответствующих целевых характеристик и стратегий развития.

Действительно, нацеленность на рост качества жизни персонала может возрасти при высоком уровне адаптивности ( $УА = 1$ ) и качестве функций управления развитием персонала, соответствующих стилю лидерства (функция УПР1), структуре (УПР2) и характеру внутренних коммуникаций (функция УПР). Так образуется «равнодействующая», или диагональная направленность в квадранте 1 модели (рис. 1). Рассматриваемые методы реализуются в соответствующих типах процессов управления развитием. Их названия должны учитывать преобладающие характеристики управления.

Нацеленность на рост стоимости материальных активов в квадранте 3 высока при интенсивном выполнении функций формирования и регулирования технико-технологического базиса, баланса финансовых

характеристик управления устойчивым развитием и устойчивости развития в мегасистеме – (УР). Должны быть значимы методы применения функций «формирование управленческой нацеленности на устойчивость развития по критерию гибкости функций и структур» – УН, «контроль характеристик измененной среды», «формирование стратегий устойчивости развития». Разумеется, в достижении результатов управления развитием по всем направлениям участвуют также стандартные базовые конкретные функции предприятия. Специальные функции и подфункции управления развитием учитывают принципы необходимого разнообразия и иерархичности системы управления развитием.

Четвертая группа противоположных целей модели образует диагональ в квадрантах 2, 4 и может быть названа структурно-диагональной. При этом рассматривается континуум крайних характеристик организационного поведения: «устойчивое развитие предприятия в мегасистеме «природа-население-промышленность» – рост или сохранение

масштабов неизменной деятельности». Регулируется дисбаланс стратегий устойчивого развития и минимизации рисков.

Предложенная модель может быть использована для разработки методологии и методов управления социально-экономическим развитием по факторам дисбаланса целей. Действительно, социально-экономическое развитие (СЭР), как циклический процесс перехода от одного уровня удовлетворяемых потребностей к другому, часто сопровождается кризисными явлениями. Это объясняется трудностями приспособления предприятий к новым условиям, объективной сложностью налаживания новых хозяйственных отношений на основе взаимной выгоды и консенсуса интересов участников воспроизводства, что обусловило необходимость разработки особой методологии исследования горно-добывающего предприятия – ГДП [3]. Методология обосновывает условия, факторы и методы достижения состояния устойчивого развития на основе баланса социальных и экономических интересов в оценке их показателей (рис. 2).



Рис. 1. Модель анализа дисбаланса целей управления развитием

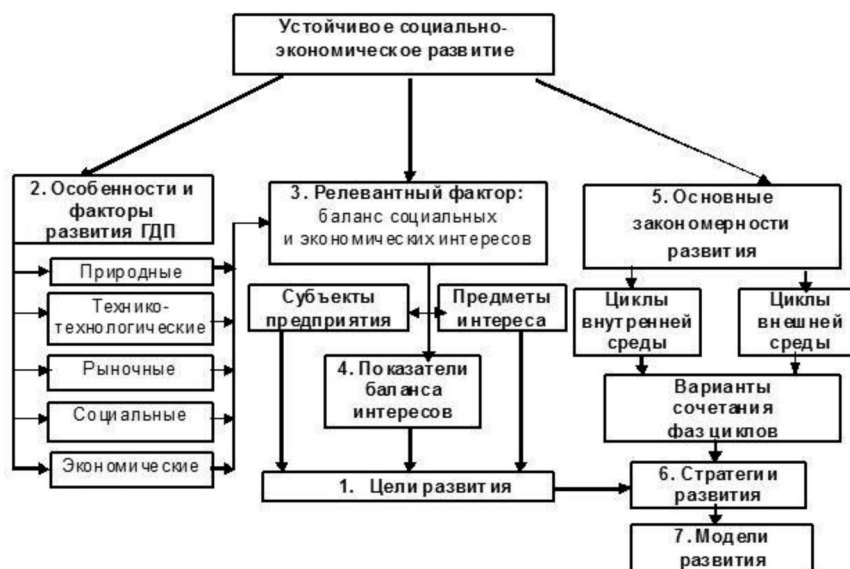


Рис. 2. Структура методологии исследования развития ГДП

Таблица 1

Характеристики циклов развития внутренней среды ГДП

Циклы	Продолжительность цикла, лет	Фактор цикличности	Влияние на развитие
Краткосрочные	5–15	Реновация оборудования	Физическое и моральное устаревание оборудования приводит к снижению производительности оборудования
Среднесрочные	7–9	Старение персонала	Устаревание знаний приводит к необходимости формированию новых умений и навыков, возникновению новых интересов
Долгосрочные	20–30	Технологическое перевооружение производства	Изменение требований рынка к продукции приводит к падению спроса на продукцию, снижению производственной мощности
Сверхдолгие	40–50	Воспроизводство запасов предприятия	Окончание запасов в рамках конкретного месторождения приводит к окончанию жизненного цикла предприятия

В исследовании учтена особая взаимосвязь факторов развития ГДП в четырех типах циклов (табл. 1).

Влияние на развитие СЭР осуществляется улучшением качественных и количественных социальных и экономических параметров предприятия, способствующее сбалансированному удовлетворению интересов субъектов предприятия [2]. В связи с этим уточнено понятие «интерес» и его сущность в приложении к производственным отношениям, возникающим в процессе социально-экономического развития промышленного предприятия. Возникает следующий механизм: действия субъекта формируются вследствие возникновения желаемого субъектом блага, которое будет

получено для удовлетворения потребностей при условии, что будут осуществлены определенные трудовые действия (рис. 3). Поскольку образ желаемого блага отражает интересы субъекта, количественная оценка желаемых благ с определенным допущением может быть приравнена к оценке интересов.

В качестве критерия сбалансированности интересов субъектов горнодобывающего предприятия предлагается коэффициент сбалансированности ( $k_{CB}$ ), отражающий соотношение экономических ( $\mathcal{E}$ ) и социальных затрат ( $C_3$ ):

$$k_{CB} = \mathcal{E}/C_3,$$

$$k_{CB} > 0.$$



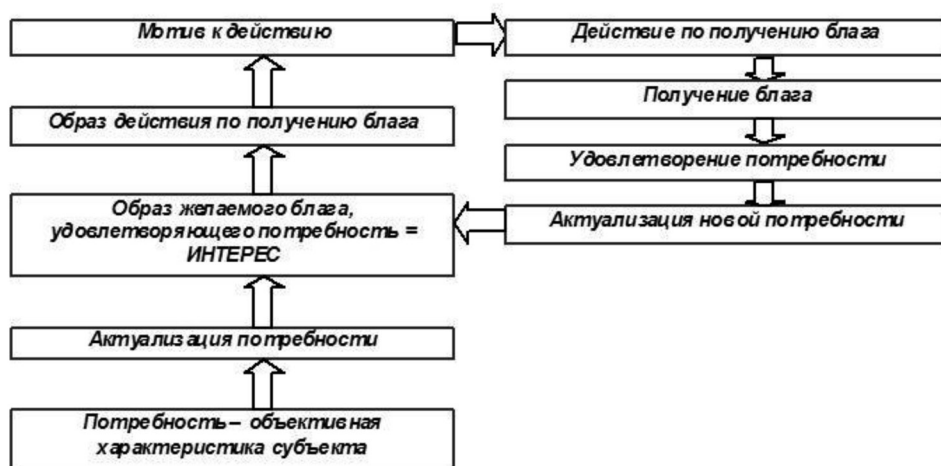


Рис. 3. Структурная схема понятия «интерес»

Таблица 2

Типы балансов интересов субъектов социально-экономического развития

Характеристика	Типа баланса интересов			
	Разрушительный	Комплементарный	Компромиссный	Конфликтный
Динамика социальных затрат	$[C3_{min}; 0]$	$\uparrow, \uparrow\uparrow$ $[C3_{min}; +\infty]$	$\uparrow$ $[C3_{min}; +\infty]$	$C3_{min} \rightarrow const$
Динамика экономических затрат	$[Э3_{min}; 0]$	$\uparrow, \uparrow\uparrow$ $[Э3_{min}; +\infty]$	$\uparrow\uparrow$ $[Э3_{min}; +\infty]$	$\uparrow$ $[Э3_{min}; +\infty]$
Отношение $\partial Э3 / \partial C3$	$\partial Э3 / \partial C3 \rightarrow 0$	$[1, 0; 1, 5]$	$[0, 4; 1, 0]$ $[1, 5; 3, 5]$	$[3, 5; \infty]$ $[1, 0; \rightarrow 0]$
Устойчивость развития	Неустойчивое	Устойчивое в кратком- и долгосрочном периоде	Устойчивое в краткосрочном периоде	Неустойчивое

На основе эмпирического материала, отражающего типичные для угольной отрасли процессы социально-экономического развития, проанализированы факторы роста добавленной стоимости через соотношение социальных и экономических затрат. В результате выделены характерные типы сбалансированности интересов субъектов социально-экономического развития ГДП, каждому из которых соответствует интервал значений коэффициента сбалансированности (табл. 2).

В зависимости от совпадения фаз циклов развития внешней и внутренней среды нами предложены четыре основные стратегии социально-экономического развития горнодобывающего предприятия. Стратегии сформулированы на основе обобщения опыта развития предприятий и тактики поведения в конкретной сложившейся ситуации. В зависимости от факторов внешней

и внутренней среды, выявленного типа баланса интересов определены концентрационная, адаптационная, эволюционная и инновационная стратегии (табл. 3).

Фаза подъема цикла развития внешней среды характеризуется ростом спроса и цен на сырье, доступностью заемного капитала. В фазе спада происходит падение спроса и цен на сырье, растет инфляция и стоимость заемного капитала. Для фазы подъема цикла развития внутренней среды характерен рост производительности труда и оборудования, увеличение объемов производства на основе отработки благоприятных и неблагоприятных запасов. В фазе спада происходит снижение производительности труда и оборудования, падают объемы производства, устаревают технологии и оборудование, производится отработка только благоприятных запасов.

**Таблица 3**  
Стратегии социально-экономического развития в зависимости от фазы цикла

Подъем		Фаза цикла внешней среды	
		Спад	
Фаза цикла внутренней среды	Подъем	Инновационная стратегия	Адаптационная стратегия
	Спад	Эволюционная стратегия	Концентрационная стратегия

Для реализации стратегий регулируется механизм взаимодействия субъектов предприятия. При реализации адаптационной стратегии социально-экономического развития рекомендуется компромиссный тип баланса интересов, основанный на удовлетворении доминирующих интересов субъектов предприятия. Регулирование должно быть нацелено на сохранение предприятия и поддержание достигнутого уровня развития с применением соответствующих элементов.

При изменениях внешней среды, сопровождающихся ростом спроса и цен на сырье, возможны для реализации эволюционная и инновационная стратегии [5]. Эволюционная стратегия рекомендуется при наличии дестабилизирующих факторов внутри предприятия и может быть направлена на организационные либо технико-технологические преобразования. При устойчивом подъеме параметров внешней и внутренней среды, наличии достаточного количества ресурсов следует реализовывать другие элементы механизма управления.

Таким образом, модель устранения конфликтных проявлений социальных и экономических целей эффективно реализуется в предложенном механизме управления социально-экономическим развитием горнодобывающего предприятия. Механизм представляет собой систему методов и средств формирования и регулирования баланса интересов субъектов социально-экономиче-

ской системы на основе выбранных целей и стратегий развития.

### Список литературы

1. Алабугин А.А. Управление сбалансированным развитием предприятия в динамичной среде. Монография в двух книгах. Кн. 1. Методология и теория формирования адаптационного механизма управления развитием предприятия. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. – 360 с.
2. Баев И.А., Каплан А.В. Обоснование выбора направления социально-экономического развития промышленного предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Экономика и менеджмент. – 2012. – № 22, Вып. 22. – С. 105–111.
3. Каплан А.В. Управление социально-экономическим развитием предприятия. – М.: Экономика, 2015. – 270 с.
4. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. – М.: Экономика, 1993.
5. Шеломенцев А.Г., Козлова О.А., Беляев В.Н., Дорошенко С.В., Орлова Е.А., Швеи С.М. Минеральные ресурсы как фактор акселерации регионального развития: методический инструментарий. Монография. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2014. – 166 с.

### References

1. Alabugin A.A. Upravlenie sbalansirovannym razvitiem predpriyatija v dinamichnoj srede. Monografija v dvuh knigah. Kn. 1. Metodologija i teorija formirovanija adaptacionnogo mehanizma upravlenija razvitiem predpriyatija. Cheljabinsk: Izdatelstvo JuUrGU, 2005. 360 p.
2. Baev I.A., Kaplan A.V. Obosnovanie vybora napravlenija socialno-jekonomicheskogo raz-vitija promyshlennogo predpriyatija // Vestnik Juzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Jekonomika i menedzhment. 2012. no. 22, Vyp. 22. pp. 105–111.
3. Kaplan A.V. Upravlenie socialno-jekonomicheskim razvitiem predpriyatija. M.: Jekonomika, 2015. 270 p.
4. Kondratev N.D. Bolshie cikly konjunktury i teorija predvidenija. M.: Jekonomika, 1993.
5. Shelomencev A.G., Kozlova O.A., Beljaev V.N., Doroshenko S.V., Orlova E.A., Shvec S.M. Mineralnye resursy kak faktor akseleracii regionalnogo razvitija: metodicheskij instrumentarij. Monografija. Ekaterinburg. Institut jekonomiki UrO RAN, 2014. 166 p.

### Рецензенты:

Чернов В.Б., д.э.н., профессор, профессор кафедры международного менеджмента, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), г. Челябинск;

Бабанова Ю.В., д.э.н., доцент, заведующий кафедры международного менеджмента, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), г. Челябинск.

УДК 658

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИЕЙ ОПЫТА НА ПРИМЕРЕ АЛМАЗООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

<sup>1</sup>Андреева А.В., <sup>2</sup>Бочаров А.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Смоленск, e-mail: smolakademsport@mail.ru;

<sup>2</sup>Образовательное учреждение высшего образования «Смоленский гуманитарный университет», Смоленск, e-mail: shu@shu.ru

В статье с учетом разработанного механизма управления инновацией опыта на алмазобработывающем предприятии представлена концептуальная модель подготовки персонала, включающая в себя пятиуровневую структуру обучения специалистов и рабочих. В условиях рыночной экономики для любого предприятия одной из важных задач является накопление интеллектуального капитала, являющегося источником устойчивого конкурентного преимущества. В связи с этим актуальным является совершенствование кадровой политики и, в частности, системы подготовки специалистов всех уровней для алмазобработывающих производств. Эта система подготовки и переподготовки должна создавать условия для распространения инновации опыта. Согласно данной модели координацию процессов распространения и инновации опыта осуществляет специализированный центр, в состав которого входят представители поставщиков необработанных алмазов, предприятия-члены Ассоциации «Смоленские бриллианты» и потребители. Основной задачей координационного центра является согласование с потребителями, поставщиками, партнерами действий в сфере научно-технических и опытно-конструкторских разработок, использование созданных инновационных технологий и формирование новых впечатлений в процессе совместного создания стоимости.

**Ключевые слова:** инновации, инновационная стратегия, организационное развитие, инновация опыта, управление, концептуальная модель

## MODEL OF EXPERIENCE INNOVATION MANAGEMENT THROUGH THE EXAMPLE OF A DIAMOND MANUFACTURING ENTERPRISE

<sup>1</sup>Andreeva A.V., <sup>2</sup>Bocharov A.A.

<sup>1</sup>Federal State-financed Educational Institution of Higher Professional Education «Smolensk State Academy (University College) of Physical Education, Sport and Outdoor Recreation», Smolensk, e-mail: smolakademsport@mail.ru;

<sup>2</sup>Educational establishment of higher education «Smolensk University for Humanities», Smolensk, e-mail: shu@shu.ru

Taking into account the developed mechanism of experience innovation management at a diamond manufacturing enterprise this article presents the conceptual model of personnel training including the five-level structure of specialists and workers training. Within a market economy one of the key targets of any enterprise is the formation of the intellectual capital which is the source of steady competitive advantage. In this regard the improvement of the personnel policy, in particular, the system of training of all types of specialists in diamond manufacture is very important today. This system of training and retraining must create favorable conditions for the experience innovation distribution. According to this model distribution and innovation of the experience are coordinated by a specialized center comprising the representatives of rough diamond suppliers, member companies of the Smolensk Diamonds Association and diamond consumers. The primary objectives of the coordination center are the coordination of actions in the area of research and development among consumers, suppliers and partners, the use of the developed innovative technologies and the formation of new impressions in the course of joint creation of value.

**Keywords:** innovations, innovation strategy, organizational development, experience innovation, management, conceptual model

Производственное объединение «Кристалл» является одним из ведущих промышленных предприятий экономики г. Смоленска. Образованный в 1963 г. завод по производству бриллиантов уже спустя четыре года начал производить бриллианты высокого качества, его продукция украсила стенд выставки алмазного фонда СССР. За время своего существования предприятие неоднократно награждалось правительственными наградами СССР и России, продукция удостоивалась наград на международных выставках бриллиантов и технологий обработки алмазов.

В 1960-х годах в рамках ПО «Кристалл» началось создание крупной национальной гранильной промышленности. Для огранки алмазов из Якутии были построены заводы в России – Смоленский, Московский и Барнаульский «Кристаллы», два на Украине – в Киеве и Виннице, один в Белоруссии (в Гомеле) и в Армении – в Нор-Ачине.

К концу 1980-х годов производство алмазов в России составило 11,6% от мирового производства, причем 25–30% – алмазы ювелирного качества (2,8–3,3 млн карат ежегодно). Основная часть этого товара продавалась через центральную сбыто-

вую организацию De Beers и только около 5% – напрямую в Москве, где проводились избранные сайты для 10–15 иностранных алмазных дилеров (главным образом бельгийцев). Особенностью функционирования ПО «Кристалл» являлось то, что он не мог получать алмазное сырье от поставщиков, конкурирующих между собой (таковых просто не существовало), а также предложить готовую продукцию покупателям, способным заплатить наилучшую цену. Цену назначало государство, как и категорию продукции, которую предприятие должно производить. Вся продукция покупалась Алмазювелирэкспортом, при этом бриллианты, не отвечающие требованиям стандартов, возвращались для переогранки. Подобная практика предохраняла завод от колебаний рынка, т.к. закупка изготовленной продукции гарантировалась.

В 1990-е годы с переходом к рыночной экономике ситуация кардинальным образом изменилась. Предприятие было вынуждено осуществлять свою деятельность в условиях жесткой конкуренции и колебания мировых цен на алмазы и бриллианты. В настоящее время ОАО «ПО «Кристалл» является крупным предприятием, осуществляющим свою деятельность в широких международных масштабах, одновременно на рынках в нескольких странах с различными социально-экономическими системами и законодательством.

Численность рабочих ПО «Кристалл» составляет свыше 1800 человек, что больше, чем на заводах «Кристалл» в Москве, Барнауле. С целью совершенствования процесса подготовки специалистов для гранильных предприятий ПО «Кристалл» совместно с филиалом МЭИ в городе Смоленск проводило подготовку и переподготовку инженеров по специальности «Физика и технология обработки алмазов».

Оборудование, эксплуатируемое на предприятии, имеет разный возрастной состав, от нового до эксплуатируемого более 10 лет, но это не указывает на то, что материально-техническая база «Кристалла» устарела. Специфика производства такова, что кардинальное обновление технологий происходит редко. Однако в настоящее время с развитием компьютерных и лазерных технологий произошла техническая революция в технологии обработки алмазов, что непосредственно сказалось на темпах и качестве технического перевооружения процесса огранки алмазов в бриллианты. На предприятии модернизированы целые технологические операции, внедрено новейшее оборудование и на половину заменен станочный парк.

В ОАО «ПО «Кристалл» существует два производственных подразделения, каждое из которых состоит из нескольких мини-фабрик, осуществляющих полный технологический цикл обработки алмазов в бриллианты. Такой подход к организации производства позволяет:

1) повысить контроль использования алмазного сырья,

2) вести учет себестоимости и брака по каждому производству отдельно,

3) нарушения в работе отдельной мини-фабрики не сказываются на работе других мини-фабрик производства, то есть осуществляется так называемый «параллельный менеджмент».

Ранее производство было основано на специализированных участках, выполняющих отдельную операцию, однако, сейчас такая система отменена. Вместо этого каждый участок обеспечивает полный технологический цикл. Технологический уровень производственного объединения «Кристалл» не ниже чем в ведущих алмазообрабатывающих странах. Главным ориентиром является качество. Высочайший контроль качества позволяет успешно конкурировать на мировом рынке.

Успех любого товара в значительной степени зависит от его правильного позиционирования. Любой продукт имеет свою качественную и ценовую нишу, собственного потребителя и методику продвижения. Если принять качество товара за основной критерий оценки, то всю массу бриллиантов на мировом рынке можно разделить на три категории:

1. Коммерческая огранка: параметры близки к идеальным. Удовлетворительная симметрия и полировка, относительно невысокая цена.

2. Низкокачественная огранка – «индийский товар»: неудовлетворительная симметрия и полировка, «расширенные» угловые и линейные параметры. Низкая цена.

3. Высококачественная огранка. Ее отличительные черты – идеальные параметры, отличная симметрия и полировка, высокая цена.

Распределяются эти категории бриллиантов приблизительно в следующем соотношении: коммерческая огранка – 60%, низкокачественная – 30%, высококачественная – 10%.

Продукция ПО «Кристалл» позиционируется в нише высококачественных, элитных бриллиантов. 90% бриллиантов смоленского «Кристалла» изготовлены с качеством Very Good и Excellent. Причем маркетинговая политика строится на позиционировании предприятия как предприятия,

весь товар которого соответствует требованиям не просто Excellent, а Triple Excellent, то есть как производителя премиум класса. Это является стратегической задачей предприятия по расширению сегмента своего рынка и повышению конкурентоспособности. Их доля в соответствующем сегменте рынка достигает 30%. Традиционно продукция смоленского «Кристалла» занимает эту нишу, уже многие годы она известна на мировом рынке как «русская огранка». Именно в производстве и реализации таких бриллиантов руководство «Кристалла» видит свой основной потенциал.

Один из инструментов реализации этого потенциала – это собственная торговая сеть. Центр продаж находится в Смоленске. Именно здесь формируется торговая и маркетинговая политика предприятия, комплектуются партии товара, осуществляется контроль финансовых потоков. В 1992 году с открытием первого торгового представительства «Кристалла» – «Smolensk Diamonds» в Бельгии началось формирование зарубежной торговой сети предприятия. Около 20 компаний из числа зарубежных клиентов «Кристалла» регулярно приобретают крупные партии товара в Смоленске, причем на 6 из них приходится до 80% всего объема продаж. В настоящее время клиентами «Кристалла» и его зарубежных представительств являются более 150 компаний в различных регионах мира, в том числе в Европе, США, Израиле, странах Юго-Восточной Азии.

В настоящее время одной из основных задач управления предприятием является сохранение и дальнейшее совершенствование структуры подготовки специалистов всех уровней для алмазообрабатывающих производств. Руководством ОАО «ПО «Кристалл» было принято решение организации обучения непосредственно на предприятии специалистов всех уровней: рабочих, инженеров-технологов, менеджеров, экономистов, разработчиков алмазообрабатывающего оборудования и приборов. Обучение рабочих кадров основного и вспомогательного производств проводится по следующим направлениям:

- переподготовка (переобучение) на вакантные должности (профессии);
- обучение вторым профессиям, которые будут востребованы временно или на смену пенсионерам;
- обучение на курсах целевого назначения при внедрении новой техники и технологии;
- повышение квалификации с целью своевременной подготовки резерва рабочих высокой квалификации.

В сфере обучения и развития рабочих кадров предприятия в настоящее время доминирует подготовка новых рабочих. Используются следующие формы: курсовая – на ученическом участке и индивидуальная – на рабочем месте. Ученики осваивают рабочую профессию в системе: получают теоретические знания на курсовых занятиях и отрабатывают практические навыки непосредственно на рабочем месте. К преподавательской деятельности на курсах и семинарах, организуемых на предприятии, привлекаются специалисты различных подразделений и служб ОАО «ПО «Кристалл».

С 1995 по 2007 гг. по инициативе руководства ПО «Кристалл» и Смоленского филиала Московского энергетического института (МЭИ) на предприятии был создан и действовал филиал кафедры «Опτικο-электронные системы» (ОЭС) и началась подготовка специалистов по специальности «Физика и технология обработки алмазов».

Для ускорения процесса повышения квалификации работников ПО «Кристалл» в 1999 г. в филиале МЭИ (ТУ) в г. Смоленске был создан Центр подготовки и переподготовки (ЦПП) «МЭИ-Кристалл». Данный Центр обеспечивал получение дополнительного образования в сфере «Алмазообработка» по всем формам обучения (очной, заочной и вечерней) для специалистов, имеющих высшее образование: краткосрочные курсы повышения квалификации, переподготовка, экспресс-курсы по заказам предприятий и организаций. С 2000 г. Центр начал профессиональное обучение в области «Планирование, учет и анализ алмазообработки». Для комплексной оценки знаний, умений и навыков выпускников разработана квалификационная шкала, позволяющая оценивать уровень профессиональной подготовки студентов в течение всего периода обучения [2]. В связи с тем, что за время подготовки специалистов совместно с МЭИ предприятие на годы вперед обеспечило себя высококвалифицированными специалистами, было принято решение передать функции подготовки в специализированное подразделение – учебный центр ОАО «ПО «Кристалл» для дальнейшей работы в области подготовки, переподготовки и повышения квалификации работников.

Все мероприятия по вопросам подготовки кадров (рабочих, специалистов, руководителей) должны быть четко спланированы, упорядочены и систематизированы, результаты их выполнения необходимо постоянно оценивать и корректировать. Добиться этого можно только, когда процессы развития

и обучения персонала рассматриваются как элементы системы управления предприятием. Для этого была создана многофункциональная рабочая группа из представителей всех уровней управления и подразделений – Методический Совет. В задачи Совета входит разработка единой концепции подготовки и развития персонала ПО «Кристалл», создание механизма управления всем комплексом мероприятий, разработка учебных программ, формирование критериев оценки результатов и т.д. Сферой деятельности Совета являются:

- подготовка, переподготовка и повышение квалификации рабочих основного и вспомогательного производств;
- специальное и целевое обучение работников;
- проведение школ обмена опытом;
- лицензирование учебных программ;
- создание учебных пособий;
- система стажировок и прохождения производственной практики;
- целевая подготовка специалистов (обучение и повышение квалификации);
- планирование карьеры специалистов;
- работа с кадровым резервом;
- разработка программ развития персонала [3].

В условиях рыночной экономики для любого предприятия одной из важных задач является накопление интеллектуального капитала, источника устойчивого конкурентного преимущества [8, 9]. В связи с этим актуальным является совершенствование кадровой политики и, в частности, системы подготовки специалистов всех уровней для алмазообрабатывающих производств. Эта система подготовки и переподготовки должна создавать условия для распространения и инновации опыта (неявных знаний) [1].

С учетом разработанных механизма и инструментов управления инновацией опыта на алмазообрабатывающем предприятии была разработана концептуальная модель подготовки персонала, включающая в себя пятиуровневую структуру обучения специалистов и рабочих [4, 5].

Согласно данной модели координацию процессов распространения и инновации опыта должен осуществлять специализированный центр, в состав которого входят представители поставщиков необработанных алмазов, предприятия-члены Ассоциации «Смоленские бриллианты» и потребители. Возглавляет такой координационный центр генеральный директор ОАО «ПО «Кристалл». Основной задачей координационного центра является согласование с потребителями, поставщиками, партне-

рами действий в сфере научно-технических и опытно-конструкторских разработок, использование созданных инновационных технологий и формирования новых впечатлений в процессе совместного создания стоимости. Предварительная экономическая оценка показала, что для внедрения такого центра требуются единовременные затраты в размере 80 млн рублей. Эффект от координационной работы центра по совместному созданию стоимости на основе инновации опыта будет способствовать повышению объема продаж на 3–5%.

В организационной структуре управления ОАО «ПО «Кристалл» учебный центр тесно связан с отделом по работе с персоналом, поэтому термин «интегрированная модель» вполне может быть применен для комплексной работы по обучению персонала завода и распространению опыта.

Основной целью предлагаемой модели является совершенствование целостной системы подготовки персонала, ее многоцелевое организационное функционирование и упорядочение всех уровней системы управления инновацией опыта в процессе совместного создания стоимости [6, 7]. Интегрированная модель включает в себя следующие составляющие:

- модель подготовки и переподготовки специалистов в учебном центре ОАО «ПО «Кристалл»;
- модель подготовки кадрового резерва предприятия;
- модель обучения и повышения квалификации рабочих;
- модель подготовки специалистов в зарубежных специализированных центрах;
- модель координационного центра по распространению инновации опыта.

#### Список литературы

1. Абакумова Н.Н. Принципы организации педагогического мониторинга инноваций // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2013. – № 12. – С. 135–139.
2. Андреева А.В., Максимова Н.А. ИСУ ВУЗ как инструмент управления качеством образования // В мире научных открытий. – 2013. – № 11.8 (47). – С. 22–28.
3. Бочаров А.А. Подготовка персонала в ОАО «ПО «Кристалл» // Цветные металлы. – 2013. – № 2. – С. 36–37.
4. Бочаров А.А., Фомченкова Л.В. Управление инновациями в контексте организационного развития // Вестник Российской академии естественных наук. – СПб, 2010. – № 1. – С. 21–23.
5. Бочаров А.А. Инструменты распространения и инновации опыта в системе создания стоимости // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. – 2010. – № 23. – С. 34–39.
6. Бочаров А.А., Фомченкова Л.В. Управление инновацией опыта на основе логистики на предприятиях алмазно-бриллиантового комплекса РФ // Интеграл. – 2009. – № 1. – С. 40–41.

7. Бочаров А.А. Механизм влияния стратегического партнерства на инновационное развитие организации // Журнал правовых и экономических исследований. – 2009. – № 3. – С. 53–56.

8. Моргун Т.Н., Тищенко Г.З. Процесс управления ресурсосбережением на промышленном предприятии // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 1. – С. 730–733.

9. Пестунов М.А. Управление конкурентоспособностью промышленных предприятий на основе вовлечения в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности / Дисс. на соискание ученой степени доктора экономических наук. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008.

### References

1. Abakumova N.N. Principy organizacii pedagogicheskogo monitoringa innovacij. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, 2013, no. 12, pp. 135–139.

2. Andreeva A.V., Maksimova N.A. ISU VUZ kak instrument upravlenija kachestvom obrazovanija. V mire nauchnyh otkrytij, 2013, no. 11.8 (47), pp. 22–28.

3. Bocharov A.A. Podgotovka personala v OAO «PO «Kristall». Cvetnye metally, 2013, no. 2, pp. 36–37.

4. Bocharov A.A., Fomchenkova L.V. Upravlenie innovacijami v kontekste organizacionnogo razvitiya. Vestnik Rossijskoj akademii estestvennyh nauk (Sankt-Peterburg), 2010, no. 1, pp. 21–23.

5. Bocharov A.A. Instrumenty rasprostraneniya i innovacii opyta v sisteme sozdaniya stoimosti. Uchenye zapiski Rossijskoj Akademii predprinimatel'stva, 2010, no. 23, pp. 34–39.

6. Bocharov A.A., Fomchenkova L.V. Upravlenie innovaciej opyta na osnove logistiki na predpriyatijahalmazno-brilliantovogo kompleksa RF. Integral, 2009, no. 1, pp. 40–41.

7. Bocharov A.A. Mehanizm vlijanija strategicheskogo partnerstva na innovacionnoe razvitie organizacii. Zhurnal pravovyh i jekonomicheskikh issledovanij, 2009, no. 3, pp. 53–56.

8. Morgun T.N., Tishhenkova G.Z. Process upravlenija resursosberezheniem na promyshlennom predpriyatii. Jekonomika i predprinimatel'stvo, 2015, no. 1, pp. 730–733.

9. Pestunov M.A. Upravlenie konkurentosposobnost'ju promyshlennyh predpriyatij na osnove вовлечения v hozjajstvennyj oborot ob'ektov intellektual'noj sobstvennosti. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni doktora jekonomicheskikh nauk, Ekaterinburg, Institut jekonomiki UrO RAN, 2008.

### Рецензенты:

Какатунова Т.В., д.э.н., доцент, профессор кафедры менеджмента и информационных технологий в экономике, филиал ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, г. Смоленск;

Матвеева Е.Е., д.э.н., доцент, заведующий кафедрой экономики, ФГБОУ ВПО «Смоленский государственный университет», г. Смоленск.

УДК 332.01/ 331.556.2

## НОВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ КАК ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЭКОНОМИКИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

**Беслекоева М.З.**

*ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова» (СОГУ), Владикавказ, e-mail: beslekoevamadina@list.ru*

В статье даётся анализ ряда зарубежных работ в области пространственной экономики, в том числе, теории «Новая экономическая география» (НЭГ) Пола Кругмана. Отличительной чертой Новой экономической географии как теории пространственной экономики является создание моделей, отражающих фундаментальные причины возникновения и устойчивости территориальной концентрации экономической активности. Центральная идея Новой экономической географии может быть представлена следующим образом: возрастающая экономия от масштаба является главной движущей силой перемещения факторов производства в однородном пространстве. Несмотря на то, что, в целом, Новая экономическая география представляет собой формализацию ранее известных моделей, авторы НЭГ, взяв за основу новый аналитический инструментарий из области микроэкономики и теории отраслевых рынков, вернули пространственную проблематику в поле зрения экономической науки.

**Ключевые слова:** новая экономическая география, концентрация экономической активности, агломерационный эффект, региональная экономика, возрастающая отдача от масштаба

## THE NEW ECONOMIC GEOGRAPHY AS THE MAINSTREAM OF THE LOCATION THEORY

**Beslekoeva M.Z.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov», Vladikavkaz, e-mail: beslekoevamadina@list.ru*

The article presents a brief summary of the location theory including the new economic geography (NEG) by Paul Krugman. The new economic geography provides an integrated and micro-founded approach to spatial economics. The NEG central idea can be presented as follows: the increasing economy of scale is the main force of factors migration in homogeneous space. The topics covered by NEG – localization economies, spatial agglomeration, convergence and divergence can hardly be called new to economic geographers. Nevertheless putting together recent developments in the mathematical economics of imperfect competition, increasing returns and multiple equilibria to explain economic activity agglomeration Paul Krugman managed to place geographical analysis squarely in the economic mainstream.

**Keywords:** new economic geography, spatial concentration, agglomeration, regional economy, increasing economy of scale

До недавнего времени вопросу пространственной концентрации экономической активности не уделялось сколько-нибудь заметного внимания в экономической теории. Учёту пространственных аспектов препятствовали сложность построения моделей на формализованном уровне, необходимым для восприятия экономической теории современным научным сообществом, а также наличием внеэкономических факторов в рассматриваемом вопросе.

Появившаяся в 1970-е годы функция предпочтений Диксита-Стиглица сыграла важную роль в решении вышеуказанных проблем пространственной экономики. Концепция монополистической конкуренции, где равновесие цен в условиях возрастающей отдачи от масштаба и монополии каждой фирмы на своём рынке определяется свободным доступом других фирм на рынок, послужила основой для Новой экономической географии (НЭГ) П. Кругмана.

Новая экономическая география на данный момент является наиболее развитым

направлением пространственной экономики, в том числе и в связи с тем, что она вобрала в себя значимые наработки предшествующих теорий, в том числе модель Иоганна фон Тюнена, теорию центральных мест Вальтера Кристаллера, теорию организации экономического пространства Августа Леша, пространственную модель города Уильяма Алонсо и ряд других.

Основоположником теории экономической географии принято считать немецкого учёного Иоганна фон Тюнена. Его книга «Изолированное государство в его отношении к сельскому хозяйству и национальной экономике» (1826 год) [12], в которой автор рассматривает закономерности размещения сельскохозяйственного производства, послужила отправной точкой для исследователей в этой области.

Сама модель выглядит следующим образом: существует город, окруженный однородной сельскохозяйственной территорией, на которой производится различная сельскохозяйственная продукция. Про-



дукция приносит разный доход на единицу земли, имеет различную стоимость транспортировки и требует различной степени интенсивности применения труда при выращивании. Автором ставятся два вопроса: как нужно распределить эту землю между различными видами продукции, чтобы минимизировать совокупные издержки по производству и транспортировке до рынка сбыта (города); и каким будет это распределение в условиях свободной конкуренции, когда фермеры и владельцы земли действуют независимо и в собственных интересах.

Фон Тюнен показывает, что свободная конкуренция между фермерами приведет к тому, что земельная рента (стоимость аренды земли) достигнет своего максимума в непосредственной близости от города и будет снижаться вплоть до нуля по мере отдаления от города. Отрицательная зависимость между размером арендной платы и величиной транспортных издержек вынуждает фермеров искать оптимальные сочетания этих затрат. И поскольку транспортные издержки и доходность разнятся по видам продукции, постольку производство каждого отдельного вида продукции будет сконцентрировано на одном строго определенном расстоянии от города. В состоянии равновесия каждый фермер производит ровно столько, сколько требует рынок. В результате получают сегменты концентрации производства определенного вида продукции вокруг города (окружности вокруг центра).

Один из наиболее ценных выводов модели состоит в том, что как в случае целенаправленного планирования распределения земли между различными видами продукции, так и под действием рыночного механизма, получается один и тот же результат. То есть распределение земли между различными видами продукции и в условиях свободной конкуренции обеспечивает минимизацию совокупных производственных и транспортных издержек.

В 1964 г. Алонсо [1] на основе модели Тюнена представил более современную модель в виде распределения городской экономической активности относительно делового центра города.

Существенным ограничением обеих моделей является то, что авторы ничего не говорят о том, откуда берутся города. Их существование считается аксиомой.

Еще одной теорией пространственной экономики была представленная в начале 20 века А. Маршаллом теория «внешней экономии».

В ней автор одним из первых предложил теоритическое объяснение концентрации

экономической активности [11]. Согласно его теории концентрация экономической активности существует по трем причинам:

- предприниматели стараются размещать свое производство при прочих равных условиях рядом с рынком сбыта, а также рядом с основными поставщиками. Это приводит к концентрации производства. Концентрация, в свою очередь, привлекает все новых и новых производителей;

- на крупном рынке труда (т.е. в больших городах) легче найти узкоспециализированных работников, например, актеров для театра или журналистов для газеты. Таким образом, все люди подобных профессий концентрируются в городах;

- в больших городах, за счет более интенсивного взаимодействия людей, быстрее происходит получение новых знаний; жители больших городов имеют лучший доступ к информации; быстрее создаются новые знания и технологии.

Идеи Маршалла так и не были им формализованы, однако широко использовались учеными в дальнейших исследованиях.

Одной из наиболее известных моделей в области экономической географии является теория центральных мест Кристаллера (1933 год) [2] и Леша (1940 год) [10]. В модели рассматривается, как взаимодействие возрастающей отдачи от масштаба и транспортных издержек приводит к концентрации экономической деятельности.

В теории центральных мест предполагается наличие равномерно распределенных ресурсов и населения на неограниченной однородной поверхности. При этом экономическая активность (в первую очередь, производство промышленных товаров) распределена неравномерно, так как производство товаров и услуг подвержено действию эффекта возрастающей отдачи от масштаба. Баланс между минимизацией транспортных издержек и экономией от масштаба приводит к появлению ряда «центральных мест», обеспечивающих прилегающие территории товарами и услугами.

Для описания поведения потребителей в теории центральных мест вводятся два понятия: порог и диапазон. Порог – это минимальный рынок (численность населения или дохода) необходимый для обеспечения продаж конкретного товара или услуги. Диапазон – максимальное расстояние, которое потребители готовы проехать для приобретения товаров (в какой-то момент транспортные издержки или неудобства перевешивают необходимость в товаре).

В результате формируется система «центральных мест» разных размеров.

Далее авторы утверждают, что «центральные места» сами по себе образуют некую иерархию, то есть в «центральных местах» меньшего размера производятся товары первой необходимости, а в наиболее крупных – представлены предметы роскоши, театры. Авторы утверждают, что минимизация издержек приведёт к расположению «центральных мест» в виде правильных шестиугольников.

Несмотря на то, что модель была подвергнута критике за нереалистичность и статичность, она по-прежнему представляет интерес для специалистов, изучающих региональную экономику.

Одной из наиболее оригинальных, и в то же время простых идей является «base-multiplier analysis» [5].

Модель предполагает деление экономики региона на две части: производство товаров и услуг на экспорт (экспортная база) и производство товаров и услуг для внутреннего потребления. Производство товаров и услуг на экспорт является основой экономики региона, а объем производства товаров и услуг для внутреннего потребления зависит от дохода, полученного экспортёрами:

$$Y = \frac{1}{1-a} \cdot X, \quad (1)$$

где  $Y$  – совокупный доход региона;

$X$  – доход от экспорта;

$a$  – часть дохода, которая тратится внутри региона.

Доход от экспорта в данном случае является экзогенно заданной величиной.

Интересное применение этой идеи можно найти в книге А. Преда (1966 г.) [13]. Автор говорит о том, что  $a$  (часть дохода, которая тратится внутри региона) не является экзогенно заданной величиной, а зависит от размера внутреннего рынка. По мере увеличения внутреннего рынка производство большего количества товаров и услуг становится рентабельным, что связано с возможностью использования эффекта от масштаба (большой размер рынка позволяет региону иметь достаточно крупные предприятия). Таким образом, по мере роста размера экономики региона ( $Y$ ),  $a$  также растет, вызывая еще больший рост экономики региона.

Данная модель получила широкое применение в экономической политике многих правительств в связи со своей простотой.

Однако в теоритическом плане очевидны некоторые недостатки данной теории. Во-первых, если применять её для всей мировой экономики (когда все товары и услуги продаются на «местном» рынке и весь доход также тратится внутри экономики),

то уравнение (1) теряет свой смысл. Во-вторых, в реальном мире  $X$  – скорее эндогенная величина, нежели экзогенная.

К числу более поздних теорий, повлиявших на развитие пространственной экономики, относится теория рыночного потенциала, которая нашла широкое применение среди экономистов.

Ее основная идея состоит в том, что компании появляются в местах с наибольшим рыночным потенциалом, то есть в местах с наилучшим доступом на рынок (возможность для компании выйти на рынок определенной продукции). Как правило, рыночный потенциал определенной территории  $r$  измеряется как взвешенная сумма покупательских способностей всех остальных мест с весами, обратно пропорциональными расстояниям до них:

$$M_r = \sum_s \frac{1}{D_{rs}} P_s, \quad (2)$$

где  $M_r$  – рыночный потенциал территории  $r$ ;  $D_{rs}$  – расстояние от  $r$  до  $s$ ;  $P_s^{rs}$  – покупательская способность всех прилегающих территорий [5].

Данная модель использовалась во многих исследованиях. Харрис в своей работе (1954 г.) [7], используя эту модель, показывает, что места размещения крупных промышленных предприятий в США являются территориями с наиболее высоким рыночным потенциалом. Данное обстоятельство представляется закономерным, так как в крупных промышленных центрах сосредоточено большое количество населения. Высокий рыночный потенциал этих мест сам по себе мог стать последствием размещения производства предприятиями на этих территориях (например, в связи наличием немобильных факторов производства на этих территориях, таких как определенные природные ресурсы).

Однако из теории рыночного потенциала следует важный для рассматриваемой темы вывод, заключающийся в том, что концентрация экономической активности – самоподдерживающийся процесс. Другими словами, фирмы предпочитают территории с высоким рыночным потенциалом, между тем, выбор фирмой такой территории ещё больше повышает её рыночный потенциал.

Особую роль в развитии пространственной экономики в настоящее время играет «новая экономическая география» (далее – НЭГ), основное внимание в которой уделяется агломерационному эффекту. В НЭГ рассматриваются модели, в которых имеет место возрастающая отдача в условиях несовершенной конкуренции. Возникновение этого направления при-

нято связывать с публикацией в журнале «Journal of Political Economy» работы Пола Кругмана «Increasing Returns and Economic Geography» [8]. Окончательное оформление НЭГ получила в книге М. Фудзиты, П. Кругмана, Э. Венаблса «The Spatial Economy» (1999).

НЭГ вобрала в себя элементы многих предшествующих исследований, в том числе теорий, рассмотренных выше.

Ключевая роль в моделях НЭГ отводится:

- 1) издержкам торговли;
- 2) затратам производственных факторов и их мобильности;
- 3) размеру и доступности рынка;
- 4) характеристикам структуры конкуренции на региональных рынках;
- 5) качеству и размеру рынка труда.

П. Кругман, М. Фудзита и Э. Венаблс используют модель, предложенную Ави-нашем Дикситом и Джозефом Стиглицем в 1977 году [4]. Функция предпочтений Диксита – Стиглица в упрощённом виде выглядит следующим образом:

$$U = \left[ \sum_{i=1,1,\dots,n} x^{\sigma} \right]^{\frac{1}{\sigma}}, \quad (3)$$

где  $U$  – функция полезности,  $x$  – объем потребления разновидности товара  $i$ ,  $\sigma$  – параметр, определяющий эластичность замещения одного товара другим.

Функция спроса на товар  $i$ , зависящая от его цены –  $p_i$  и цен на другие товары –  $p_j$ , выглядит так:

$$x_i = K p_i^{\frac{1}{1-\sigma}}, \quad (4)$$

$$K = \frac{Y}{\sum_{j=1,\dots,n} p_j^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}}, \quad (5)$$

где  $Y$  – суммарный доход потребителей; выражение в знаменателе (5) можно интерпретировать как общий индекс цен.

Подобную функцию удобно использовать в моделях монополистической конкуренции, когда фирмы производят слегка отличные друг от друга товары по цене, превышающей предельные издержки. Количество фирм ( $n$ ) эндогенно и определяется из условия нулевой прибыли.

Ключевая идея НЭГ состоит в том, что экономическое пространство формируется в результате взаимодействия центростремительных и центробежных сил. Под действием таких факторов, как издержки взаимодействия экономических агентов, возрастающая отдача от масштаба, размер рынка и разнообразие представленной про-

дукции, формируется поляризованная пространственная структура экономики.

Сама модель выглядит следующим образом: пусть в экономике существуют два типа товаров – промышленные ( $M$ ) и сельскохозяйственные ( $A$ ), при этом сельскохозяйственная продукция является стандартизированной (все производят одно и то же), а промышленная – дифференцированной. Функция полезности потребителя выглядит следующим образом:

$$U = C_M^{\mu} \cdot C_A^{\mu-1}, \quad (6)$$

$$C_M = \left[ \sum_{i=1,\dots,n} x^{\sigma} \right]^{\frac{1}{\sigma}}. \quad (7)$$

Уравнение (6) описывает функцию общей полезности (стандартная функция Кобба-Дугласа), уравнение (7) – рассматривается как некая полезность от потребления промышленных товаров.

Производство сельскохозяйственной продукции ( $A$ ) характеризуется постоянной отдачей от масштаба (крестьяне действуют в условиях совершенной конкуренции). Для простоты предполагается, что каждый крестьянин может произвести одну единицу сельскохозяйственного товара.

Производство промышленной продукции характеризуется возрастающей отдачей, фирмы действуют в условиях монополистической конкуренции. Чтобы произвести  $x_i$  единиц товара, фирма  $i$  должна нанять  $I_i = \alpha + \beta x_i$  рабочих. ( $\alpha$  – постоянные издержки,  $\beta$  – предельные издержки).

При этом крестьяне могут производить только сельскохозяйственную продукцию, а рабочие – только промышленную. Зарплата в этих двух секторах может отличаться.

Предположим, что мир делится на 2 идентичных региона – 1 и 2. Разница между ними состоит в количестве рабочих,  $L_1$  и  $L_2$ . Транспортировка промышленных товаров из одного региона в другой сопряжена с некоторыми издержками. Для простоты использована модель перевозки Пола Самуэльсона (1952 год), в которой автор предлагает представить, что товары могут быть свободно перевезены, но некая фиксированная доля груза исчезает или «тает», используя оригинальную терминологию.

Равновесие в модели складывается из следующих компонентов:

– так как транспортировка сельскохозяйственной продукции не сопряжена с издержками и производство характеризуется постоянной отдачей от масштаба, все крестьяне имеют одинаковую заработную плату. Эта заработная плата приравнена к еди-

нице, соответственно, рыночная стоимость сельскохозяйственного товара тоже равна единице;

– цена промышленного товара определяется по формуле

$$p_i = \frac{w\beta}{\sigma}, \quad (8)$$

где  $w$  – заработная плата рабочих;

– количество фирм и товаров на рынке определяется из условия нулевой прибыли;

– зарплата рабочих определяется условием их полной занятости.

Теперь предположим, что большинство рабочих сконцентрировано в регионе 1. В каком из регионов будет выше зарплата? Ответ зависит от взаимодействия двух противоположных факторов:

– если в первом регионе больше рабочих, значит крупнее фирмы и, соответственно, выше производительность труда. Это увеличивает зарплату рабочих в первом регионе;

– с другой стороны, во втором регионе столько же крестьян, потребляющих промышленные товары, но меньше производителей промышленных товаров, что делает местных рабочих «дефицитными» и увеличивает их зарплату относительно первого региона.

Если рабочие смогут перемещаться из одного региона в другой, то их решение будет зависеть от уровня номинальной заработной платы в регионах, а также от общего уровня цен, который при прочих равных условиях будет ниже в более крупном регионе.

Таким образом, из вышеизложенного следуют выводы:

1. При невысоких транспортных издержках и значительном эффекте возрастающей отдачи от масштаба, рабочие будут переезжать в регион 1 (где их много) из региона 2 (где их мало). В итоге все рабочие могут оказаться в одном регионе (в данном случае – в регионе 1). В результате чего регион 1 превращается в промышленный центр, а регион 2 – в периферию.

Так как при росте числа фирм на определённой территории происходит увеличение разнообразия производимой продукции, то в условиях равной номинальной заработной платы реальный доход людей, живущих на этой территории, становится выше, чем в других местах. Это побуждает большее количество людей переезжать в данный регион, что приводит к увеличению потребительского спроса и мотивирует все большее число фирм размещаться в этом регионе. И в то же время большой потребительский рынок позволяет фирмам использовать преимущества возрастающей отдачи от мас-

штаба. Другими словами рост числа потребителей привлекает больше фирм (которые смогут производить с большей эффективностью за счёт действия эффекта возрастающей отдачи от масштаба), а увеличение разнообразия производимой ими продукции привлекает большее количество людей в данный регион. Как показано выше, такое поведение экономики имеет место в случае невысоких транспортных издержек и значительном эффекте возрастающей отдачи от масштаба. Аналогичным образом ведут себя обслуживающие производства. То есть рост числа фирм на определённой территории привлекает большее количество поставщиков различных товаров и услуг для бизнеса, в то же время новые фирмы, при прочих равных условиях, предпочитают места с большим разнообразием поставщиков.

2. При высоких транспортных издержках и незначительном эффекте возрастающей отдачи от масштаба рабочие распределяются поровну между двумя регионами.

Данная модель оказалась очень популярной среди экономистов, работающих в области экономической географии, благодаря своей простоте и понятности.

Кроме того, эти идеи были широко использованы в дальнейших исследованиях.

Интересным продолжением вышеуказанных моделей является предложенная авторами книги *The Spatial Economy* модель «городов». Авторы предлагают рассмотреть экономику как отрезок на прямой, равный единице, вдоль которого расположено население (также приравненное к единице) и производители товаров и услуг. В экономике производится два вида товаров: сельскохозяйственная продукция и промышленные товары. При этом сельскохозяйственное производство является немобильным и равномерно распределено вдоль отрезка, а фирмы, производящие промышленные товары, могут свободно перемещаться и выбирать местоположение. Как и ранее, фирмы производят слегка дифференцированный товар, имея незначительную рыночную власть. Предпосылки модели следующие:

1. Потребление каждой разновидности промышленных товаров на душу населения является фиксированной величиной, для простоты приравненной к единице, – таким образом, фирме остаётся лишь выбрать местоположение, минимизирующее совокупные производственные и транспортные издержки с учётом пространственного распределения покупателей.

2. Фирма может иметь любое количество производств, но открытие дополнительного предприятия сопряжено с фиксированными

издержками  $F$ . Предельные издержки производства постоянны и равны  $c$ , транспортные издержки равны  $\tau$ .

3. Доля населения, равная  $\mu$ , занята в промышленности, и, следовательно, часть потребительского спроса, равная  $\mu$ , предъявляется работниками промышленности. Население, занятое в промышленности, проживает в местах, где расположено промышленное производство. Таким образом, выбор фирмой местоположения зависит от того, где уже разместили производство другой фирмы.

4. «Фермеры», количество которых равно  $1 - \mu$ , распределены равномерно вдоль отрезка. Они потребляют  $1 - \mu$  единиц промышленной продукции.

5. Фиксированные издержки  $F$  значительно превышают транспортные издержки.

В модели ставится вопрос о том, где, в этом случае, фирмы будут размещать свои предприятия.

Одним из возможных вариантов является расположение всех предприятий в некоей одной точке (город) на отрезке от 0 до 1 (скажем,  $r$ ). При каких условиях такое положение будет равновесным?

Пусть некоторый производитель выбирает местоположение, минимизирующее его совокупные производственные и транспортные издержки,  $s$ . Предпосылки модели подразумевают равенство производственных издержек в любой точке отрезка. В этом случае фирме остаётся лишь выбрать места, минимизирующие ее транспортные издержки. Если все остальные производители расположены в точке  $r$ , и точка  $s$  расположена левее, то совокупные транспортные издержки этой фирмы равны

$$TC = \tau \cdot \left( \frac{1-\mu}{2} \cdot (s^2 + (1-s)^2) + \mu \cdot |r-s| \right), \quad (9)$$

где  $TC$  – совокупные транспортные издержки,  $\tau$  – издержки по перевозке одной единицы продукции,

$\mu$  – доля населения, занятая в промышленности.

Пусть  $\tau = 0,1$ ,  $\mu = 1/3$ ,  $r = 0,4$ . Тогда уравнение (9) достигает минимума при  $r = s = 0,4$ . То есть фирме выгоднее расположить производство в том же месте, где расположены все остальные предприятия. Следовательно, при заданных параметрах, ситуация, в которой все фирмы расположены в одной точке  $r$ , является устойчивым равновесием.

Вполне логичным представляется получение схожих результатов при  $r = 0,5$ . В данном случае все производители промышленных товаров находятся ровно посередине отрезка, что приводит к ми-

нимизации транспортных издержек до потребителей, занятых в сельском хозяйстве.

Далее в модели предлагается передвигать  $r$  вдоль отрезка (менять значение параметра  $r$  от 0 до 1). В результате авторы получают следующие результаты: при  $r = [0,25; 0,75]$ ,  $s = r$ , то есть для каждой фирмы оптимальным решением будет расположить производство в городе ( $r$ ).

Таким образом, концентрация всей промышленности в одном городе в любой точке интервала от 0,25 до 0,75 является устойчивым равновесием.

Модель может быть также модифицирована. Например фирмы могут ставить целью выбор места с максимальным рыночным потенциалом, что, вероятно, приведёт к схожим результатам.

В данном случае центростремительные (агломерационные) силы – это рабочие промышленных предприятий, находящиеся в городе концентрации производства; центробежные силы – «фермеры», равномерно распределённые вдоль отрезка, также предъявляющие спрос на промышленные продукты.

Таким образом, пространственная экономика к настоящему времени оформилась в качестве одного из основополагающих направлений современной экономической науки. Оно находится на стыке региональной экономики, экономической географии, экономической теории, математической экономики и институциональной экономики. В последние десятилетия пространственная экономика из периферийного раздела экономики, не имеющего чёткого математического обоснования, эволюционировала в практически значимую область экономической науки.

Определяющий вклад в столь динамичное развитие пространственной экономики был внесён работами в рамках Новой экономической географии.

Такое значение Новой экономической географии является следствием того, что ею, с одной стороны, обобщены и использованы наиболее ценные достижения уже существующих теорий, а с другой стороны, выведены новые формализованные модели, показывающие многие значимые взаимодействия в экономике.

П. Кругман сформулировал одну из наиболее значимых моделей пространственной экономики – модель «центр – периферия», совместив возрастающую отдачу от масштаба, несовершенную конкуренцию, торговлю с издержками и мобильность факторов производства.

Кроме того, учёными, занимающимися разработкой НЭГ, было показано возникно-

вание регионального неравенства в рамках теории общего равновесия.

Итак, Новая экономическая география, вобрав в себя наиболее значимые положения накопленного теоретического материала в этой области, способна предложить теоретически обоснованную целостную модель, объясняющую существующие концентрации экономической активности и предсказывающую изменения такой концентрации под воздействием различных факторов.

#### Список литературы/References

1. Alonso W. (1964). *Location and Land Use*. Cambridge: Harvard University Press.
2. Christaller W. (1933). *Central Places in Southern Germany*. Jena, Germany: Fischer (English translation by C.W. Baskin, London: Prentice Hall, 1966).
3. Combes P.-P., Mayer T., Thisse J.-F. *Economic Geography. The Integration of Regions and Nations*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2008. – 424 p.
4. Dixit Avinash K., Stiglitz Joseph E. *Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity* // *The American Economic Review*. – 1977. – Vol. 67. – № 3. – P. 297–308.
5. Fujita M., Krugman P., Venables A. *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1999, 367 p.
6. Gaddy C.G., Hill F. *The Siberian Curse: How Communist Planners Left Russia out in the Cold*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press, 2003. – 304 p.
7. Harris C. (1954). «The market as a factor in the localization of industry in the United States.» *Annals of the Association of American Geographers* 64: 315–348.
8. Krugman P.R. *Increasing Returns and Economic Geography* // *The Journal of Political Economy*. – The University of Chicago Press, 1991. – Vol. 99, № 3. – P. 483–499.
9. Krugman P. *Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade*. *American Economic Review*, 1980. – Vol. 70, № 5. – P. 950–959.
10. Losch A. (1940). *The Economics of Location*. Jena, Germany: Fischer (English translation, New Haven, CT: Yale University Press, 1954).
11. Marshall A. (1920). *Principles of economics*. London: Macmillan (8<sup>th</sup> ed.).
12. Nerlove M.L., and E. Sadka. (1991). «The von Thunen model of the dual economy.»
13. *Journal of Economic Geography* 54: 97–123.
14. Pred A. – *The Spatial Dynamics of U.S. Urban-Industrial Growth*. Cambridge: The MIT Press, 1966.

#### Рецензенты:

Тиникашвили Т.Ш., д.э.н., профессор кафедры «Финансы и кредит» ГБОУ ВПО «Северо-Осетинского государственного университета имени Коста Левановича Хетагурова», г. Владикавказ;

Агузарова Л.А., д.э.н., доцент, зав. кафедрой «Налоги и налогообложение» ГБОУ ВПО «Северо-Осетинского государственного университета имени Коста Левановича Хетагурова», г. Владикавказ.

УДК 331.108.23+446.4

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ РЕСУРС В СТРУКТУРЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Головчанская Е.Э.

ГУВО «Белорусский государственный университет», Минск, e-mail: [golovchanskaja2011@yandex.by](mailto:golovchanskaja2011@yandex.by)

Рассматривается ретроспектива развития экономических ресурсов, где определяется роль и место интеллектуального ресурса. Установлено, что трудовые ресурсы, предпринимательские ресурсы, знаниевые ресурсы, интеллектуальные ресурсы основываются на одном базовом факторе – человеческом. Интеллектуальный ресурс востребован при инновационно-интеллектуальном этапе развития общества и воплощается в наукоемкой продукции и нематериальных активах. В условиях интеллектуализации общества интеллектуальный ресурс является основополагающим экономическим ресурсом. Он является основой общественного воспроизводства, материализующегося в патентах, ноу-хау, инновациях через производство, обмен, потребление и распределение. Структура интеллектуального ресурса: физический ресурс, ментальный ресурс, эмоциональный ресурс, социальный ресурс, духовный ресурс, глубинный ресурс – отражает такие составляющие экономических ресурсов, как: трудовой ресурс, предпринимательский ресурс, знаниевый ресурс. Уточнена классификация экономических ресурсов, которая включает капитальные ресурсы, природные ресурсы, трудовые, интеллектуальные ресурсы, информационные ресурсы.

**Ключевые слова:** экономические ресурсы, капитальные ресурсы, природные ресурсы, трудовые, интеллектуальные ресурсы, информационные ресурсы, предпринимательские ресурсы, знаниевые ресурсы

## INTELLECTUAL RESOURCE IN THE STRUCTURE OF ECONOMIC RESOURCES

Golovchanskaya E.E.

Belarusian state university, Minsk, e-mail: [golovchanskaja2011@yandex.by](mailto:golovchanskaja2011@yandex.by)

The article looks at the retrospective of economic resources development, and establishes the role of intellectual resource. It is determined that labor resources, entrepreneurial resources, resources of knowledge and intellectual resources are all based on one ground factor – human factor. Intellectual resources are in demand in the stage of innovation-intellectual development and are realized in intangible actives and scientific production. In the existing conditions of intellectual development of the society, intellectual resource becomes the most important economic resource. It is the basis of social reproduction and is materialized in the patents, know-hows, innovations through production, exchange and use. The structure of intellectual resource includes physical, mental, emotional, social, spiritual and inner resources and reflects the compounds of such economic resources as: labor resource, entrepreneurial resource and resource of knowledge. The article also gives a more detailed classification of economic resources, which includes capital resources, natural resources, labor, intellectual resources and informational resources.

**Keywords:** economic resources, capital resources, natural resources, labor resources, intellectual resources, informational resources, entrepreneurial resources, resource of knowledge

В настоящее время вопросы классификации и значимости того или иного ресурса в экономическом хозяйстве являются весьма дискуссионной темой. И это вполне закономерно, поскольку смещение акцентов и состав ресурсной зоны определяется приоритетами развития экономического пространства. Так, в доиндустриальной экономике основу производства благ и услуг составляют природные и трудовые ресурсы, в индустриальной – материальные, финансовые, предпринимательские, в постиндустриальном обществе в качестве важнейших выступают информационные, знаниевые. В условиях инновационного развития общества, когда результаты интеллектуальной деятельности являются определяющими для любой экономики, роль интеллектуального ресурса существенно возрастает. Данные обстоятельства обуславливают необходимость уточнения его роли и места в ресурсной зоне хозяйствования.

Как известно, с экономической точки зрения, понятие «ресурсы» определяет с позиций возможностей, имеющихся

у общества, для создания благ и услуг в целях удовлетворения потребностей людей. Это те средства, которые способствуют экономической деятельности и могут быть использованы для производства товаров и услуг. Часть экономических ресурсов, необходимых для производства благ, определяется как производственные ресурсы.

Экономические ресурсы неоднородны и различаются по происхождению (природные и экономические), содержанию (материальные и нематериальные), составу (однородные и неоднородные), отношению к производству (функционирующие и потенциальные), характеру использования (производственные и непроизводственные). Согласно Макконеллу К. и Брю С., для производства благ и услуг необходимы людские (труд и способности людей) и материальные (земля и капитал) [7] ресурсы. Экономические ресурсы также делят на природные (естественные вещества, которые возможно использовать в производстве), трудовые

(трудоспособное население), материальные (средства производства, созданные человеком) и финансовые ресурсы (денежные средства). Еще она классификация делит ресурсы на финансовые (денежные средства, ценные бумаги, дебиторская задолженность и т.д.) и производственные (предметы труда, средства труда, трудовые ресурсы) ресурсы. Несмотря на многообразие классификаций структуры экономических ресурсов, для производства материальных благ необходимо взаимодействие основных составляющих: средств труда, предметов труда и рабочей силы, которые по своей сути ограничены и редки [4]. Т.е. трудовые (труд), природные (земля) и капитальные ресурсы участвуют во всех типах производственных процессов, и поэтому они являются базовыми.

Капитальные ресурсы – это весь накопленный запас средств, предназначенный для производства благ. Содержание капитальных ресурсов до сих пор является предметом спора многих ученых. Ряд исследователей (М.К. Бункина, В.А. Семенов, Т.В. Юрьева) считает, что капитал состоит из реального (факторы производства) капитала (материальные ресурсы) и денежного капитала (финансовые ресурсы). Другая точка зрения (К. Макконнелл и С. Брю) отождествляет капитал только с реальным капиталом (машины, оборудование, инструменты).

Тем не менее, материальные и финансовые ресурсы в составе понятия «капитал» или вне его участвуют в процессе производства. Материальные ресурсы – это предметы труда, используемые в производстве, включающие сырье, материалы, комплектующие изделия, полуфабрикаты, готовую продукцию; классифицируются по происхождению (металлургия, деревообработка, химическая промышленность и т.д.), по назначению в производственном процессе (полуфабрикаты, комплектующие изделия, готовая продукция).

Что касается финансовых ресурсов, то здесь нет единой точки зрения экономистов по трактовке и сути данного понятия. Г.Б. Поляк, В.Г. Белолипецкий определяют финансовые ресурсы как денежные средства, находящиеся в распоряжении предприятия, предназначенные для выполнения финансовых обязательств и осуществления затрат по обеспечению расширенного воспроизводства. С точки зрения С.И. Лушина и В.А. Слепова, финансовые ресурсы – это накопленные (или текущие) доходы, оставшиеся после покрытия обычных повседневных расходов [6, с. 82].

И.П. Мерзляков и Г.Т. Овчаренко считают, что это часть денежного оборота, связанная с потребностями расширенного производства, т.е. средства, которые могут быть затрачены на расширение производства.

Мы согласны с экономистами, которые включают в понятие «финансовые ресурсы предприятий» денежные доходы, накопления и поступления (привлеченные и заемные средства), предназначенные для выполнения финансовых обязательств, связанных с расширением производства, а также финансирования текущих затрат, затрат на социальные нужды и других общественных затрат.

Природные ресурсы являются естественной экономической базой страны и с учетом уровня развития производительных сил задействуются в качестве средств производства и предметов потребления. Природные ресурсы включают в себя землю, воду, лес, минерально-сырьевые ресурсы, а также воздух и все прочие блага, которые природа предоставляет для пользования человеком [10, с. 105].

Труд как ресурс представлен, прежде всего, трудовыми ресурсами. Трудовые ресурсы характеризуются частью населения, готовой, в силу своего возраста, здоровья, своих способностей, уровня развития, квалификации, участвовать в процессе воспроизводства благ и услуг. Трудовые ресурсы участвуют в процессе производства путем трудовой деятельности, которая основывается как на физических способностях, так и на интеллектуальных способностях работника и отличается уровнем квалификации [4]. Труд несет в себе двойное содержание: это деятельность работника в целях создания необходимых обществу благ и услуг; а также возможность раскрытия человеком собственного потенциала физической и духовной энергии в процессе производства экономических благ (или дохода), необходимых для удовлетворения потребностей. Качество трудовых ресурсов (уровень квалификации) определяет качество производимых ими благ.

В ответ на запросы рыночной экономики как производную от трудовых ресурсов экономисты выделили предпринимательские способности. Данный ресурс возник в ответ на проблему различий в экономических результатах предприятий с относительно одинаковыми ресурсными базами. Ученые выявили, что в рыночной экономике имеет место особого рода деятельность, которую осуществляет предприниматель, т.е. человек, организующий,



планирующий хозяйственную деятельность, принимающий решения, обладающий творческой способностью и инициативой. М.С. Тарасевич, В.Д. Камаева, В.А. Семенов, А.И. Добрынин и другие определяют предпринимательскую деятельность как особый вид человеческого капитала. Предпринимательский ресурс определяет мобильность, гибкость организации, способность к новым формам бизнеса и инновациям, а также принятие риска и ответственности за результат. Несмотря на то, что предпринимательский ресурс основывается на специфике личностных характеристик, его экономическая природа неразрывно связана с рыночным хозяйством и является его продуктом. И посредством инициативы, новаторства, мобильности, ответственности проявляется в стремлении извлечь дополнительную прибыль в процессе производства.

Информатизация общества обусловила выделение информации в качестве самостоятельного ресурса. Информационный ресурс – это отдельные документы и массивы документов, формирующиеся через процессы сбора, накопления, продуцирования, обработки, хранения, передачи и использования информации в информационных системах (библиотеках, архивах, фондах, банках данных, других информационных системах). Барышева Г.А. подчеркивает, что в отличие от других видов ресурсов информация неисчерпаема, безгранична в пространстве и может использоваться неограниченным кругом лиц [1, с. 57].

Однако в качестве экономического ресурса информация, предназначенная для обмена, имеется в ограниченном количестве, при этом на нее предъявляется платежеспособный спрос. Экономическая ценность информации обусловлена ее структурированностью, благодаря которой возникает дополнительная свобода в выборе альтернатив и возможность удовлетворения потребностей личности, организации, общества в сведениях [9].

Результат информационной деятельности – информационный продукт. Информационные ресурсы являются объектами отношений физических, юридических лиц, государства, составляют информационные ресурсы страны и защищаются законом наряду с другими ресурсами.

Современные инновационные процессы, охватывающие все сферы хозяйственной деятельности, формируют новый тип экономики – «экономику знаний», в которой знания являются важнейшим эконо-

мическим ресурсом и источником роста компании и страны в целом. Б.З. Мильнер утверждает, что производство, распределение и использование знаний составляют основу «экономики знаний», где информационные технологии выступают в качестве ее инфраструктуры. Б.З. Мильнер определяет «знание» как «совокупность оформленного опыта, ценностей, контекстуальной информации, экспертного понимания, составляющих основу для оценки и интеграции нового опыта и информации. Оно формируется и применяется в умах людей, а в организациях зачастую оказывается закрепленным не только в документах и в хранилищах, но также в организационных процедурах, процессах, способах выполнения работы и нормах» [8]. По своей сути «знания» и «информация» – достаточно близкие понятия. И ряд исследователей отождествляет их, не придавая значения существенным различиям. В.С. Катькало разграничивает их, включая в понятие «знания» понимание взаимосвязей и поведенческих аспектов [5]. Варламова З.Н. считает, что информация – одна из форм существования знания [2, с. 8]. Однако знания в отличие от информации отличаются осмысленностью, некоторой субъективностью и направленностью в применении.

Нам близка точка зрения тех исследователей, которые считают, что знания – это осмысленная индивидом информация, готовая к использованию. «Знание» как экономический ресурс всегда ограничено и требует инвестиций в образование, в социокультурную среду и в самих носителей интеллекта [1, с. 57]. Важно заметить, что одна и та же информация в процессе осмысления может трактоваться по-разному и трансформироваться в различные знания.

Дальнейшая интеллектуализация экономического пространства сложила объективную необходимость выделения интеллектуального ресурса в качестве самостоятельного экономического конструкта.

Можно выделить три основных позиции современных исследователей по поводу видения понятия «интеллектуальные ресурсы». Одна из позиций фокусирует внимание исключительно на природе интеллекта, т.е. на человеческом факторе – это «совокупность знаний, умений, навыков, способностей индивида». Ряд других ученых несколько шире трактует понятие и считает, что интеллектуальные ресурсы – это «единство носителей интеллекта и результатов их интеллектуальной дея-

тельности». Еще одна точка зрения определяет интеллектуальные ресурсы как «систему отношений по поводу производства новых или обогащенных (обновленных) знаний и интеллектуальных способностей индивидуумов» [3, с. 401].

Мы же в своем исследовании придерживаемся сущности явления «интеллектуального» в экономической жизни общества, т.е. его человеческой природе и определяем интеллектуальный ресурс как совокупность мыслительных способностей работников (форм), формирующихся путем задействования интеллектуальной активности в системе общественных отношений (организации производства) в процессе освоения и производства новейших знаний.

Интеллектуальный ресурс является основой общественного воспроизводства, материализующегося в патентах, ноу-хау, инновациях через производство, обмен, потребление и распределение. Интеллектуальный ресурс является составной частью интеллектуального потенциала, мобилизованного для выполнения конкретных работ по производству наукоемкой продукции, и в совокупности с новейшими знаниями образует интеллектуальный капитал. Основа воспроизводства интеллектуального ресурса на уровне личности, организации и общества в целом – это новейшая информация и уникальные свойства личности, которые посредством осознания (производство новейших знаний) производят новейшую информацию. Уникальные свойства личности определяются высоким уровнем развития всех форм интеллектуального ресурса. Системообразующим элементом воспроизводства интеллектуального ресурса является наука. Структура интеллектуального ресурса, включающая такие формы, как: физический, ментальный, эмоциональный, социальный, духовный, глубинный ресурсы, определяется, прежде всего, психической организацией структуры личности.

Итак, исследования показывают нам, что ряд экономических ресурсов имеет общую основу. Такие ресурсы, как: трудовые, предпринимательские, знаниевые, интеллектуальные – основываются на одном базовом факторе – человеческом. Человек как ресурс формируется, главным образом, в рамках системы образования, а также в условиях внешней и внутренней среды организации. В зависимости от требований экономики человеческий ресурс способен трансформироваться в тот ресурс (воплощать те специфиче-

ские черты), использование которого продиктовано конкретным процессом воспроизводства. Так, трудовые ресурсы через способности к труду воплощаются в средствах производства, предметах труда, предметах потребления как при индустриальной экономике, так и на постиндустриальном этапе развития общества. Однако активное развитие рыночных отношений требует предпринимательских способностей, которые наиболее эффективно удовлетворяют потребности общества в средствах производства, предметах труда, предметах потребления. Знаниевый и интеллектуальные ресурсы востребованы при инновационно-интеллектуальном этапе развития общества и воплощаются в наукоемкой продукции и нематериальных активах.

Учитывая вышеизложенное, мы можем утверждать, что в условиях интеллектуализации общества интеллектуальный ресурс является основополагающим экономическим ресурсом. Структура интеллектуального ресурса: физического, ментального, эмоционального, социального, духовный ресурс, глубинного – отражает такие составляющие экономических ресурсов, как: трудовой, предпринимательский, знаниевый. Данное обстоятельство позволяет нам уточнить классификацию экономических ресурсов и выделить следующие: капитальные, природные, информационные, интеллектуальные ресурсы.

### Список литературы

1. Барышева Г.А. Интеллектуальный ресурс и вовлечение продукта науки в рыночный оборот: Дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.01: Томск, 2002. – 386 с.
2. Варламова З.Н. Исследование соотношений понятия «знание» и «информация» // Вестник Челябинского государственного университета. – 2008. – № 7. – С. 7–15.
3. Головачанская Е.Э. Интеллектуальный ресурс в системе общественного воспроизводства: роль, понятие, структура // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5–2. – С. 400–404.
4. Ильина И.В., Сидоренко О.В., Понятие и классификация ресурсов процесса производства // Экономический анализ: теория и практика. – 2008. – № 18.
5. Катькало В.С. Управление знаниями как концепция и как функция / Рос. журн. менеджмента. – 2004. – № 2. – С. 169.
6. Лушин С.И. Финансы/ Под ред. С.И. Лушина, В.А. Слепова – М.: Изд-во «Экономистъ», 2003. – 682 с.
7. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика: пер. с англ. В 2 т. – М.: Республика; т. 1. – 1992. – 339 с.; т. 2. – 1992. – 400 с.
8. Мильнер Б.З. Управление знаниями в современной экономике. Москва. Институт управления РАН, 2008. URL: <http://refdb.ru/look/2014630.html> (дата обращения: 20.04.2015).
9. Симионов Ю.Ф. Информационные технологии в экономике / Под редакцией д.э.н., профессора Ю.Ф. Симионова. Серия «Высшее образование». Ростов н/Д: «Феникс»,

2003. – 352 с., URL: <http://economuch.com/sistemyi-ekonomike-informatsionnyie/informatsiya-kak-ekonomicheskij-18110.html> (дата обращения: 15.04.2015).

10. Шимов В.Н. Национальная экономика Беларуси: учебник / В.Н. Шимов [и др.]; под ред. В.Н. Шимова. – 4-е изд. Минск: БГЭУ, 2012. – 651 с.

### References

1. Barysheva G.A. Intellektualnyj resurs i вовлечение produkta nauki v rynochnyj oborot: Dis. ... d-ra jekon. nauk: 08.00.01: Tomsk, 2002. 386 p.

2. Varlamova Z.N. Issledovanie sootnoshenij ponjatija «znanie» i «informacija» // Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo universiteta. 2008. no. 7. pp. 7–15.

3. Golovchanskaja E.Je. Intellektualnyj resurs v sisteme obshhestvennogo vosпроизводства: rol, ponjatie, struktura // Fundamentalnye issledovaniya. 2015. no. 5–2. pp. 400–404.

4. Ilina I.V., Sidorenko O.V., Ponjatie i klassifikacija resurov processa proizvodstva // Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika. 2008. no. 18.

5. Katkalo V.S. Upravlenie znaniyami kak koncepcija i kak funkcija / Ros. zhurn. menedzhmenta. 2004. no. 2. pp. 169.

6. Lushin S.I. Finansy / Pod red. S.I. Lushina, V.A. Slepova M.: Izd-vo «Jekonomist», 2003. 682 p.

7. Makkonnell K.R., Brju S.L. Jekonomiks: principy, problemy i politika: per. s angl. V 2 t. M.: Respublika; t. 1. 1992. 339 p.; t. 2. 1992. 400 p.

8. Milner B.Z. Upravlenie znaniyami v sovremennoj jekonomike. Moskva. Institut upravlenija RAN, 2008. URL: <http://refdb.ru/look/2014630.html> (data obrashhenija: 20.04.2015).

9. Simionov Ju.F. Informacionnye tehnologii v jekonomike / Pod redakciej d.je.n., professora Ju.F. Simionova. Serija «Vyshee obrazovanie». Rostov n/D: «Feniks», 2003. 352 p., URL: <http://economuch.com/sistemyi-ekonomike-informatsionnyie/informatsiya-kak-ekonomicheskij-18110.html> (data obrashhenija: 15.04.2015).

10. Shimov V.N. Nacionalnaja jekonomika Belarusi: uchebnik / V.N. Shimov [i dr.]; pod red. V.N. Shimova. 4-e izd. Minsk: BGJeU, 2012. 651 p.

### Рецензенты:

Лукин С.В., д.э.н., профессор, зав. кафедры международного менеджмента ГУВО «Белорусский государственный университет», г. Минск;

Байнев В.Ф., д.э.н., профессор, зав. кафедры инновационного менеджмента ГУВО «Белорусский государственный университет», г. Минск.

УДК 658.14

**ДОСТУПНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ КОМПАНИЙ: МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЯ****<sup>1</sup>Гукова А.В., <sup>1</sup>Аникина И.Д., <sup>2</sup>Юдина Е.Н.**<sup>1</sup>*Волгоградский государственный университет, Волгоград, e-mail: kfbd@volsu.ru;*<sup>2</sup>*ООО «Амоко Сервис», Волгоград, e-mail: kfbd@volsu.ru*

В связи с кризисными явлениями в российской экономике, необходимостью для компании постоянного поиска дополнительных финансовых ресурсов проблема развития методов оценки доступности и надежности источников финансирования компании стала в последнее время достаточно актуальной. Целью исследования явилась разработка новых методов оценки доступности и надежности источников финансирования компании с учетом размера и стадии жизненного цикла компании. В статье на основе системного подхода к изучению совокупности финансовых ресурсов экономических субъектов и выбору источников финансирования хозяйствующих субъектов уточнена сущность понятий доступности и надежности источников финансирования компаний, а также разработаны методические рекомендации по оценке доступности и надежности источников финансирования в системе финансового управления компанией, что позволило предложить адекватные для российской экономики способы выбора источников финансирования, которые учитывают размер компании и жизненный цикл ее развития.

**Ключевые слова:** источники финансирования, доступность, надежность, финансовый менеджмент

**AVAILABILITY AND RELIABILITY OF FUND COMPANIES: METHODOLOGICAL ASPECTS OF MEASUREMENT****<sup>1</sup>Gukova A.V., <sup>1</sup>Anikina I.D., <sup>2</sup>Yudina E.N.**<sup>1</sup>*Volgograd State University (VolSU), Volgograd, e-mail: kfbd@volsu.ru;*<sup>2</sup>*«Amoco Service» Ltd., Volgograd, e-mail: kfbd@volsu.ru*

In connection with the crisis in the Russian economy, the need for constant search of additional financial resources to the development of methods to assess the problem of availability and reliability of sources of financing the company has recently become quite relevant. The aim of the study was to develop new methods to assess the availability and reliability of sources of financing of the company, taking into account the size and stage of the life cycle of the company. On the basis of a systematic approach to the study of the aggregate financial resources of economic agents and the choice of sources of financing economic entities, refined essence of the concepts of availability and reliability of sources of finance companies, and developed guidelines for assessing the availability and reliability of sources of financing in the financial management of the company, which allowed offer adequate for the Russian economy methods for selecting sources of financing, which take into account the size of the company and its development life cycle.

**Keywords:** funding sources, availability, reliability, financial management

Высокая периодичность кризисных ситуаций в российской экономике, которые сопровождаются спадом производства, потерей платежеспособности бизнеса, обуславливает необходимость для компаний постоянного поиска дополнительных финансовых ресурсов, что, в свою очередь, актуализирует развитие методов оценки доступности и надежности источников финансирования с целью эффективного управления финансовой структурой капитала. Так, чрезмерно низкий уровень доступности большинства источников финансирования для компании может привести к ее неплатежеспособности или отсутствию инвестиций для развития производства, а высокий уровень доступности при низкой надежности финансовых каналов будет препятствовать использованию схем проектного финансирования, что в некоторых случаях может привести к потере компанией денежных средств и негативно повлиять на ожидаемые результаты

ее деятельности. Данные обстоятельства определяют необходимость методического совершенствования оценки доступности и надежности источников финансирования компании в условиях ограниченности финансовых ресурсов и с учетом важности факторов, влияющих на оптимизацию структуры капитала. Применение известного в зарубежной практике методического инструментария обоснования и выбора источников финансирования хозяйствующих субъектов требует его адаптации к российским условиям, отличающимся высокой степенью неопределенности внешней среды бизнеса.

Исследования показывают, что при выборе финансовых ресурсов и обосновании источников финансирования, как правило, руководствуются результатами расчета таких традиционных финансовых коэффициентов, как коэффициент автономии (отношение собственного капитала к валюте баланса (оптимальное соотношение 0,33)),

плечо рычага (отношение заемного и собственного капитала (оптимальное соотношение 1,0)), и оценкой таких критериев, как максимум чистой прибыли на одну обыкновенную акцию (для долгосрочных источников) и минимум издержек финансирования (для краткосрочных источников) [1, 2, 5, 6]. Но данные коэффициенты и их критериальные значения не учитывают характеристики каналов финансирования, что иногда приводит к противоречивым выводам, полученным в результате применения теоретических моделей оптимизации структуры капитала, и неоптимальным результатам в финансово-хозяйственной деятельности компании. Данный факт обуславливает необходимость уточнения и дополнения количества факторов, влияющих на решения в сфере финансового управления компании.

Исходя из предпосылки, что выбор источников финансирования компании определяется рядом факторов, такими как: доступность источников финансирования, объем необходимых финансовых ресурсов, соответствующих масштабу деятельности компании (транснациональные компании, организации крупного, среднего, малого бизнеса, микропредприятия), и надежность поставщиков финансовых ресурсов, которые являются ключевыми при управлении структурой источников финансирования, можно сделать вывод о том, что при управлении структурой капитала компании на стадии выбора и обоснования источников финансирования целесообразно учитывать результаты оценки их доступности и надежности.

Традиционно под «доступностью» финансовых ресурсов для компании понимаются только условия предоставления финансовых ресурсов субъектами финансирования без учета их воздействия на ее финансовое состояние в перспективе. Однако доступность целесообразно рассматривать шире, в контексте менеджмента, основанного на ожиданиях доходности компании внешними экономическими субъектами (Expectations Based Management – EBM), что позволяет учесть последствия принятых финансовых решений на будущее финансовое состояние бизнеса. Таким образом, доступность финансового ресурса представляет собой совокупность условий и требований к ретроспективному и прогнозному уровням финансовой гибкости и стабильности субъекта, привлекающего финансовые ресурсы. Доступные виды финансовых ресурсов для компании можно выявить в зависимости от уровней ее финансовой гибкости и стабильности, учиты-

вая прогнозные значения этих показателей в их взаимосвязи.

Оценка надежности источника финансирования представляет собой совокупность условий и требований со стороны субъекта-получателя финансирования к субъекту, предоставляющему финансовые ресурсы. Следовательно, надежность источника финансирования как критерий отбора финансового канала характеризует уровни финансовой гибкости и стабильности поставщиков финансовых ресурсов (кредитора, инвестора и т.п.), которые впоследствии и образуют канал финансирования.

Характеристиками надежности каналов финансирования являются: условия сотрудничества, барьеры входа и выхода из канала, репутация участников канала, отношения между участниками канала и др. Канал финансирования должен обеспечивать компании финансовые ресурсы в требуемых ему объемах, в необходимое время, на определенный срок и на определенных условиях. Помимо оценки надежности экономических субъектов финансовых отношений, анализ каналов финансирования включает в себя оценку технологии финансирования как совокупности организационных мер, операций, процедур (регламентов), направленных на оказание финансовых услуг, информационных технологий и технических средств, которые обеспечивают получение финансовых ресурсов. Цель использования канала – обеспечение потока финансовых ресурсов с заданными характеристиками между инвесторами и получателями финансовых ресурсов. Следовательно, выбор канала финансирования целесообразно осуществлять поэтапно:

- 1) выбор методов финансирования,
- 2) выбор инструментов финансирования,
- 3) определение альтернативных каналов финансирования,
- 4) анализ факторов, оказывающих влияние на выбор канала финансирования,
- 5) оценка каналов на основе анализа критериев выбора,
- 6) окончательный выбор партнеров.

При выборе канала финансирования следует учитывать следующие факторы: условия сотрудничества, барьеры входа и выхода из канала (конкуренция, конфиденциальная информация, доступная участникам канала, временные барьеры, репутация участников канала, имеющиеся и/или потенциальные отношения между участниками канала, другие факторы, специфичные для участников сделки.

Оценка альтернативных каналов финансирования может производиться путем

расчета рейтинга канала, который определяется на основе качественной или количественной оценки вышеперечисленных критериев (надежности, затрат, гибкости, времени, качества финансовых технологий и технических средств) и учета значимости каждого критерия для корпорации (путем присвоения веса критериям).

Высокие уровни финансовой гибкости и стабильности компании с устойчивой динамикой превышения их прогнозных значений над ретроспективными показателями способствуют расширению количества доступных источников финансирования для компании со стороны кредиторов и инвесторов, а превышение прогнозных значений уровней финансовой гибкости и стабильности инвестора (или кредитора) характеризует финансовый канал как надежного поставщика необходимого объема финансовых ресурсов в определенные сроки. В совокупности положительные характеристики доступности и надежности источников финансирования способствуют принятию решения о целесообразности привлечения того или иного финансового ресурса на оговоренных в договоре условиях.

Таким образом, в целях построения эффективной системы финансового менеджмента руководству компании необходимо стремиться к увеличению ожидаемой доходности над фактической, рациональному управлению структурой финансовых ресурсов в сочетании с многофакторной оценкой доступности и надежности источников финансирования. Соблюдая вышеперечисленные условия, компания получает возможность расширять каналы финансирования и спектр доступных финансовых ресурсов, обеспечивая тем самым достаточное количество ресурсов для устойчивого развития бизнеса.

Традиционно доступность финансовых ресурсов для компании рассматривается путем сравнения стоимости привлечения финансовых ресурсов и уровня ее платежеспособности без учета размера и жизненного цикла развития, что является немаловажным упущением. Стадии жизненного цикла компании характеризуются постепенным накоплением количественных и качественных изменений в ее деятельности, что, безусловно, отражается на уровнях ее финансовой стабильности и финансовой гибкости и определяет совокупность доступных для компании финансовых ресурсов. Рассматривая доступность отдельных видов источников финансирования следует отметить их следующие характеристики.

Относительно новая форма привлечения денежных средств, но уже достаточ-

но распространенная – это факторинг. Для компаний малого, среднего и крупного бизнеса факторинг доступен при наличии стабильных дебиторов. Как правило, факторинг недоступен на стадиях роста и спада. Более доступным факторинг становится на стадии расцвета и стабильности, где является одним из вариантов устранения кассовых разрывов для малых, средних и крупных компаний, поскольку для стадии расцвета и стабильности характерно наличие тенденции авансовых поставок продукции с длительной отсрочкой платежа и большого количества дебиторов, как крупных, так и мелких.

Формально лизинг доступен всем уровням экономических субъектов, готовым вносить первоначальный взнос для приобретения транспорта или оборудования, способным застраховать приобретаемые средства, однако наибольшая вероятность привлечения данного источника финансирования для компании наблюдается на стадии расцвета и стабильности.

Венчурное финансирование доступно для микропредприятий и малых компаний на стадии роста, когда компании находятся на этапе разработки бизнес-идей и начальной стадии развития, а также на стадии расцвета, когда венчурные инвесторы вкладывают финансовые ресурсы в дальнейшее развитие компании, которая уже завоевала успех на рынке. Для средних компаний венчурное финансирование становится наиболее доступным на стадии расцвета и стабильности.

Проектное финансирование, как правило, доступно для средних и крупных компаний под идею, инвестиционный проект. Осуществление данного вида финансирования является затратным и трудоемким, так как финансирование является долгосрочным, возврат средств связан с успешностью реализации проекта, риски распределены между всеми участниками проекта. Вероятность привлечения данного вида финансирования увеличивается на стадии расцвета и стабильности; на стадии спада проектное финансирование является менее привлекательным, так как на этой стадии жизненного цикла компании стараются поддерживать уровень достигнутых результатов, а не брать на себя дополнительные риски инновационных проектов.

Привлечение на фондовом рынке доступно исключительно крупным отечественным компаниям, причем на стадиях роста, расцвета и стабильности, спада, а также имеющим соответствующие финансовые показатели, прозрачность предоставляемых данных и возможность оплатить высокие транзакционные издержки.

При выборе источников финансирования оценку их доступности и надежности целесообразно проводить в контексте ожиданий будущей доходности бизнеса, поскольку в долгосрочной перспективе при воздействии на уровни финансовой гибкости и финансовой стабильности экономического субъекта недостаточно управления его финансовой структурой капитала, а требуется учет интересов финансовых и нефинансовых стейкхолдеров [3]. Исходя из выше представленных определений доступности и надежности источников финансирования, оценку уровня доступности предлагаем определять комплексной оценкой финансовой гибкости и финансовой стабильности, что позволит сформировать адекватные ожидания инвестора (или кредитора) относительно уровней финансовой гибкости и стабильности компании (заемщика). Надежность финансового канала предполагает оценку финансовой гибкости и финансовой стабильности поставщика финансовых ресурсов с позиции их получателя в целях выбора устойчивого (надежно-го) канала финансирования.

Выбор приемлемого для компании источника финансирования целесообразно осуществлять на основе оценки интегрального показателя доступности и надежности источников финансирования, учитывающего ожидания относительно прогнозируемых уровней финансовой гибкости и стабильности субъектов финансовых отношений и гармонизации их финансовых интересов [8]. Прогнозное значение уровней финансовой гибкости и финансовой стабильности сторон определяется на основе экспертной (балльной) оценки в заданном диапазоне за 3 календарных года. Расчет интегрального показателя доступности и надежности источников финансирования осуществляется следующим образом: определяются ожидаемые показатели доступности и надежности субъектов финансовых отношений, по результатам которых формируется балльная оценка индикаторов доступности ( $FSp$ ) и надежности источников финансирования ( $FSs$ ) в диапазоне от 0,00 до 15,00. Присвоение минимального и максимального балла зависит от степени соответствия перечисленным факторам: при несоответствии значение показателя принимает нулевое значение, при частичном совпадении – минимальное или среднее значение, при полном – максимальное. Затем рассчитывается интегральный показатель доступности и надежности источников финансирования по формуле

$$FSps = FSp + FSs.$$

Максимально допустимое значение интегрального показателя составляет 30,00 баллов, минимально допустимое – 7,50 баллов. В зависимости от полученного значения интегрального показателя уровень доступности и надежности источника финансирования компании можно отнести к одному из следующих: 1) 7,50–14,90 – низкий; 2) 15,00–24,90 – средний; 3) 25,00–30,00 – высокий. Анализ интегрального показателя доступности и надежности источника финансирования в зависимости от рассчитанного уровня показателя позволяет сделать вывод о приоритете выбора исследуемого источника финансирования при попадании в уровни средней и высокой доступности и надежности источников финансирования. Результаты, не попадающие в предлагаемый диапазон балльной оценки, предлагается не рассматривать, т.к. они характеризуют недостаточность и ненадежность источника финансирования.

Предложенные методические рекомендации по выбору источников финансирования в системе финансового управления посредством оценки доступности и надежности источников финансирования позволяют их использовать для повышения финансовой устойчивости компании, полученная в ходе оценки информация позволяет найти и оценить оптимальные способы финансирования, прогнозировать финансовую гибкость и стабильность компании, выявить проблемы, препятствующие финансовой устойчивости компании, а также взаимодействовать с кредитными институтами, органами государственной власти и другими субъектами, связанными с предоставлением финансовых ресурсов и осуществлением инвестиционной деятельности.

#### Список литературы

1. Аникина И.Д. Формирование финансово-инвестиционной стратегии корпорации в условиях социально ориентированной экономики: концептуальные положения // Финансовая аналитика. – 2011. – № 8. – С. 34–41 (0,9 п.л.).
2. Бланк И.А. Финансовый менеджмент: учебный курс. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Ника-Центр, 2004. – 656 с.
3. Гукова А.В., Аникина И.Д., Киров А.В. Финансовая устойчивость организации: модель оценки и прогнозирования // Финансы и бизнес. – 2013. – № 3. – С. 46–54.
4. Гукова А.В., Гавриленко А.А., Соколов П.С. Воздействие кредитно-банковской сферы на инвестиционную деятельность предприятий // Финансы и бизнес. – 2008. – № 1. – С. 25–30.
5. Тарасевич Л.И., Гребенников П.И., Леусский А.И. Теория корпоративных финансов: учебник. – М.: Высшее образование, 2008. – 237 с.
6. Теплова Т.В. 7 ступеней анализа инвестиций в реальные активы. Российский опыт. – М.: Эксмо, 2009. – 368 с.
7. Юдина Е.Н. Влияние стадий жизненного цикла компании на источники ее финансирования // Финансы и бизнес. – 2013. – № 1. – С. 100–107.

8. Юдина Е.Н. Оценка доступности и надежности источников финансирования компании // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3. Экономика. Экология. – 2013. – Вып. 1 (18). – С. 181–186.

### References

1. Anikina I.D. Formirovanie finansovo-investicionnoj strategii korporacii v uslovijah socialno orientirovannoj jekonomiki: konceptualnye polozenija // Finansovaja analitika. 2011. no. 8. pp. 34–41 (0,9 p.1.).

2. Blank I.A. Finansovyy menedzhment: uchebnyj kurs. 2-e izd., pererab. i dop. Kiev: Nika-Centr, 2004. 656 p.

3. Gukova A.V., Anikina I.D., Kirov A.V. Finansovaja ustojchivost organizacii: model ocenki i prognozirovaniya // Finansy i biznes. 2013. no. 3. pp. 46–54.

4. Gukova A.V., Gavrilenko A.A., Sokolov P.S. Vozdejstvie kreditno-bankovskoj sfery na investicionnuju dejatelnost predpriyatij // Finansy i biznes. 2008. no. 1. pp. 25–30.

5. Tarasevich L.I., Grebennikov P.I., Leusskij A.I. Teorija korporativnyh finansov: uchebnik M.: Vysshee obrazovanie, 2008. 237 p.

6. Teplova T.V. 7 stupenej analiza investicij v realnye aktivy. Rossijskij opyt M.: Jeksmo, 2009. 368 p.

7. Judina E.N. Vlijanie stadij zhiznennogo cikla kompanii na istochniki ee finansirovaniya // Finansy i biznes. 2013. no. 1. pp. 100–107.

8. Judina E.N. Ocenka dostupnosti i nadezhnosti istochnikov finansirovaniya kompanii // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 3. Jekonomika. Jekologija. 2013. Vyp. 1 (18). pp. 181–186.

---

### Рецензенты:

Нагоев А.Б., д.э.н., профессор, профессор кафедры менеджмента и маркетинга Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик;

Придачук М.П., д.э.н., зам. директора Волгоградского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Волгоград.



УДК 314.4; 331.4

## УСЛОВИЯ ТРУДА КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ТРУДОСПОСОБНОМ ВОЗРАСТЕ

<sup>1,2</sup>Козлова О.А., <sup>1</sup>Макарова М.Н., <sup>1</sup>Тухтарова Е.Х., <sup>3</sup>Беленкова Т.В.

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук», Екатеринбург,  
e-mail: olga137@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург,  
e-mail: olga137@mail.ru;

<sup>3</sup>Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ,  
Оренбург, e-mail: maria\_makarova87@mail.ru

В представленной статье проведен анализ факторов, оказывающих влияние на смертность населения в трудоспособном возрасте. Определено, что в последние годы произошло изменение структуры смертности в сторону внешних причин, среди которых значительное место занимают условия труда. Авторами предложен методический подход к оценке влияния фактора условий труда на смертность населения в трудоспособном возрасте. Сначала проанализирована динамика показателей условий труда в России за период 2000–2013 гг. Затем методом регрессионного анализа выявлена устойчивая зависимость смертности населения в трудоспособном возрасте от качества условий труда, а также определены гендерные различия в поведении данного показателя. В заключение сделаны выводы о необходимости проведения более взвешенной государственной политики в области охраны труда.

**Ключевые слова:** смертность населения, трудоспособное население, факторы смертности, условия труда

## THE LABOUR CONDITIONS AS A FACTOR OF THE WORKING AGE POPULATION MORTALITY

<sup>1,2</sup>Kozlova O.A., <sup>1</sup>Makarova M.N., <sup>1</sup>Tukhtarova E.H., <sup>3</sup>Belenkova T.V.

<sup>1</sup>Institute of Economics, the Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg,  
e-mail: olga137@mail.ru;

<sup>2</sup>Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: olga137@mail.ru;

<sup>3</sup>Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of Russian Federation, Orenburg, e-mail: maria\_makarova87@mail.ru

The article contains the analysis of factors influencing the mortality of the working age population. The authors have determined that in recent years there has been a change in the structure of mortality resulted in priority of external causes, among which the labour conditions take one of the leading place. We have conducted a methodical approach to assess the impact of labour conditions on the mortality of the working age population. Firstly, the dynamics of working conditions in Russia for the period 2000–2013 was analyzed. Secondly, the regression analysis revealed a consistent dependence of the mortality of the working age population from the quality of working conditions and identified gender differences in the behavior of this indicator. In conclusion, we argued the need for more balanced state policy in the field of labour protection.

**Keywords:** mortality rates, working age population, mortality factors, working conditions

Социально-экономическое развитие России на современном этапе характеризуется различными угрозами как внутренней, так и внешней природы. Особый интерес представляет смертность людей в трудоспособном возрасте и связанные с этим последствия, как с демографической точки зрения, так и с точки зрения экономического роста. Как отмечает Л.А. Цхай, с экономической точки зрения, последствия преждевременной смертности могут отразиться на «недополучении» валового внутреннего продукта, а демографические инвестиции, связанные с содержанием, воспитанием, образованием детей и молодежи, могут значительно сократить трудовой вклад в результате раннего ухода из жизни [8].

Анализу факторов, влияющих на смертность населения в трудоспособном возрас-

те, посвящено достаточно большое количество научных публикаций. Однако следует отметить, что к изучению этого вопроса преимущественно обращаются представители медицинской науки. Так, исследованию травматической смертности посвящена работа В.В. Юмагузина и М.В. Винник, которые пришли к выводу, что высокая смертность от внешних причин обусловлена как поведенческими, так и средовыми, и экономическими факторами риска [10].

К этому же выводу приходят Г.И. Тихонова и Т.Ю. Горчакова, отмечая, что важнейшей негативной тенденцией последних 10 лет является деградация структуры причин смерти населения трудоспособного возраста, которая выражается в росте доли экзогенных причин. Структура причин смерти в России становится все более по-

хожей на структуру стран с низким уровнем жизни и неразвитой системой здравоохранения [6]. Аналогичные результаты получают и другие исследователи [см., например, 2, 7, 9].

Среди факторов, оказывающих влияние на причины и уровни смертности работающего населения, значительная роль принадлежит условиям труда [3]. Неблагоприятные условия труда являются причиной высокого уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Ежегодно получают травмы на производстве около 200 тыс. человек, регистрируется более 10 тыс. случаев профессиональных заболеваний, более 14 тыс. человек становятся инвалидами вследствие трудового увечья и профзаболевания. При этом реальная картина может быть еще хуже, поскольку статистика не учитывает растянутые во времени причинно-следственные связи вредных факторов с повреждением здоровья трудоспособного населения: производственно-обусловленную заболеваемость, снижение иммунитета, ускоренное старение и нарушение репродуктивных функций трудящихся, то есть так называемые «скрытые профессиональные риски» [5].

Вместе с тем, анализ научной литературы показал, что в экономических исследованиях недостаточно внимания уделяется оценке влияния условий труда на смертность населения трудоспособного возраста, что и предопределило цель нашего исследования.

### Материалы и методы исследования

Для проведения оценки влияния условий труда на смертность населения трудоспособного возраста нами был разработан методический инструментарий, включающий систему показателей и методику их анализа.

Для анализа условий труда нами отобраны следующие показатели:

- занятые во вредных и опасных условиях труда, % к общей численности занятых, на конец года;

- число пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом на 1000 работающих;

- число случаев временной нетрудоспособности на 100 работающих;

- стоимость основных фондов, млн. руб. на конец года, в текущих ценах;

- степень износа основных фондов, % на конец года.

База данных содержит общероссийские показатели за период 2000–2013 гг. Перед началом анализа показатели приводятся к сопоставимому виду с помощью нормирования методом относительных разностей. Нормирование показателей производилось с учетом отрицательного влияния используемых показателей на снижение смертности трудоспособного населения в России. Таким образом, формула нормализации имела следующий вид:

$$X' = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

где  $x$  – текущее значение преобразуемого показателя,  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$  – соответственно самое худшее и самое лучшее значение преобразуемого показателя, встречающееся за анализируемый период. Нормированный показатель измеряется в интервале [0;1].

Затем находится интегральный показатель  $I_{\text{усл.тр}}$  как среднее арифметическое нормированных показателей.

Аналогичным образом нормируется показатель смертности населения в трудоспособном возрасте по формуле (1). Анализу подвергается поведение нормированного показателя смертности населения в трудоспособном возрасте и интегральных показателей.

### Результаты исследования и их обсуждение

Рассматривая динамику условий труда в России в 2000–2013 гг., следует отметить следующие тенденции (таблица). За анализируемый период выросла доля занятых во вредных и опасных условиях труда с 25,3% до 45%. Такое значительное увеличение объясняется как ростом доли занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, на 11,7 п.п. (с 21,7 до 33,4%), так и ростом доли занятых тяжелым физическим трудом на 8,4 п.п. (с 3,2 до 11,6%).

Динамика качества условий труда в России в 2000–2013 гг.

Показатели условий труда	2000	2005	2009	2013
Работали в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, %	21,7	23,4	28,2	33,4
Заняты тяжелым физическим трудом, %	3,2	4,3	8,0	11,6
Работали на оборудовании, не отвечающем требованиям безопасности, %	0,4	н/д	н/д	н/д
Занятые во вредных и опасных условиях труда, %	25,3	27,7	36,2	45,0
Число пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом на 1000 работающих	5,1	3,1	2,1	1,9
Число случаев временной нетрудоспособности на 100 работающих	н/д	61,6	62,6	56,7
Стоимость основных фондов, млрд. руб. на конец года	17464	41493	82539	133522
Степень износа основных фондов, % на конец года	45,8	44,1	44,3	46,3

Источник. [4].



Рис. 1. Смертность населения в трудоспособном возрасте, чел. на 100 000 лиц трудоспособного возраста. Источник. [1]

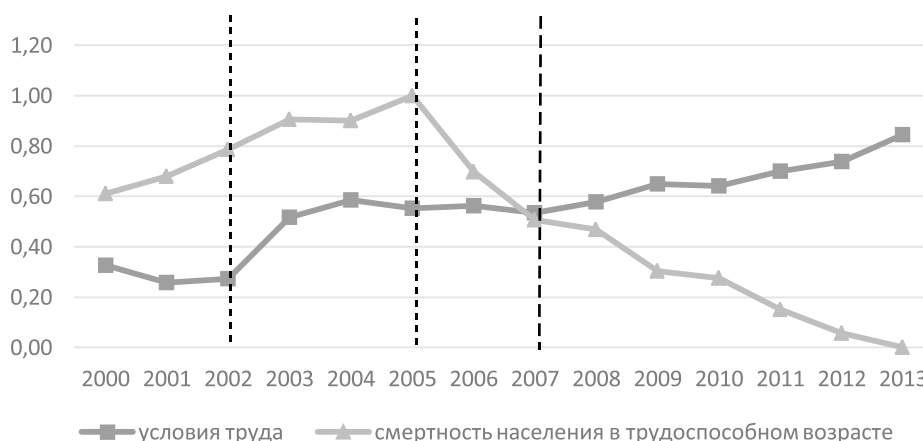


Рис. 2. Динамика условий труда (интегральный нормированный показатель) и смертности населения в трудоспособном возрасте (нормированный показатель). Рассчитано по: [1, 4]

Остальные показатели, характеризующие условия труда, имели положительную динамику: снизилось число пострадавших при несчастных случаях с 5,1 чел. до 1,9 чел. на 1000 работающих; сократилось число случаев временной нетрудоспособности с 61,6 до 56,7 случаев на 100 работающих; выросла в 7,6 раз стоимость основных фондов, а степень их износа практически не изменилась. Таким образом, в России в 2000–2013 гг. в целом произошло улучшение условий труда.

Одновременно наблюдалось снижение смертности населения в трудоспособном возрасте с 723,5 до 560,9 на 100000 лиц трудоспособного возраста, которое началось

с 2006 года и осуществлялось за счет значительного сокращения смертности мужчин трудоспособного возраста (рис. 1).

Динамика нормированных показателей смертности населения в трудоспособном возрасте и условий труда представлена на рис. 2, из которого видно, что в анализируемом периоде можно выделить два больших этапа: 2000–2007 гг.; 2007–2013 гг.

Первый этап характеризуется превышением показателя смертности трудоспособного населения над показателем условий труда, второй – превышением показателя условий труда над показателем смертности трудоспособного населения. Причем если второй этап показывает достаточно логич-

ную картину снижения показателей смертности при улучшении условий труда, то на первом этапе наблюдается отложенное влияние улучшение условий труда на смертность населения в трудоспособном возрасте. Так, накопленное ухудшение условий труда в 2000–2002 гг. дало рост смертности в следующие три года, а накопленное улучшение условий труда в 2002–2005 гг. вылилось в значительное сокращение смертности населения в трудоспособном возрасте в последующие два года (2006–2007), которое продолжилось и в последующий период.

Корреляционно-регрессионный анализ также подтвердил наличие существенной связи между показателем смертности трудоспособного населения и условиями труда в России:

$$I_{с.т.в.} = 1,22 - 1,26 * I_{усл.тр.} \quad R^2 = 0,43 \quad (2)$$

где  $I_{с.т.в.}$  – нормированный показатель смертности населения в трудоспособном возрасте;  $I_{усл.тр.}$  – интегральный показатель условий труда.

Из уравнения (2) видно, что между смертностью населения в трудоспособном возрасте и условиями труда существует устойчивая обратная связь (коэффициент корреляции  $R = -0,66$ ). Таким образом, улучшение показателя условий труда на 10% приведет к снижению показателя смертности на 12,6%. Вклад фактора «условия труда» в вариацию показателя смертности составляет 43%.

Аналогичная ситуация наблюдается, если отдельно проанализировать смертность мужчин и женщин в трудоспособном возрасте (уравнения (3) и (4)):

$$I_{с.т.в.м.} = 1,25 - 1,3 * I_{усл.тр.} \quad R^2 = 0,45, \quad (3)$$

$$I_{с.т.в.ж.} = 1,30 - 1,4 * I_{усл.тр.} \quad R^2 = 0,46. \quad (4)$$

Улучшение условий труда на 10% приведет к снижению смертности в трудоспособном возрасте у мужчин на 13%, у женщин – на 14%. Объясняющая сила регрессии составила 45–46%. Следует отметить, что для женщин эластичность фактора «условия труда» выше, что связано с большей уязвимостью их жизни и здоровья в процессе производственной деятельности, т.к. значительная часть жизненного ресурса женского организма направлена на репродуктивный труд.

### Выводы

В заключение следует отметить, что снижение затрат, рост эффективности и производительности труда в последнее десятилетие были поставлены во главе ос-

новных приоритетов развития экономики, в то время как вопросы охраны и безопасности труда были отнесены на второй план. Результатом подобного отношения явился рост аварий и травм на производстве и, как следствие, рост человеческих потерь.

В результате анализа динамики качества условий труда за тринадцать лет были определены две тенденции. С одной стороны, сокращается травматизм на производстве и число случаев временной нетрудоспособности, что свидетельствует о положительной динамике в сфере качества условий труда. С другой стороны, растет доля занятых во вредных и опасных условиях труда, что, безусловно, отрицательно сказывается на состоянии здоровья и провоцирует преждевременную смертность населения в трудоспособном возрасте. Одновременно неблагоприятная ситуация складывается по основным фондам: несмотря на рост стоимости основных фондов, степень их износа не снижается, что также ухудшает качество условий занятости. Проведенное количественное исследование доказало наличие устойчивой обратной связи между условиями труда и смертностью населения в трудоспособном возрасте. Отдельно стоит отметить, что женщины более чувствительны к этому фактору, чем мужчины.

Таким образом, наличие серьезных противоречий в сфере охраны и безопасности труда, что свидетельствуют об отсутствии продуманной политики в данной области, способствует усилению негативных тенденций смертности населения в трудоспособном возрасте. Все это приводит нас к выводу о важности повышения качества труда населения, усиления инвестиций в охрану труда, снижение травматизма и профессиональной заболеваемости, что позволит не только увеличить продолжительность жизни, но и усилить трудовые ресурсы страны.

*Публикация подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 15-06-09169 «Разработка методического инструментария измерения и оценки влияния социально-экономических и медико-демографических факторов на показатели смертности населения трудоспособного возраста».*

### Список литературы

1. Демографический ежегодник России. – М.: Росстат, 2014.
2. Дерстуганова Т.М. Оценка влияния социально-экономических факторов на здоровье населения и использование ее результатов при принятии управленческих решений по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения (на примере Свердловской области) / Дерстуганова Т.М., Величковский Б.Т., Гурвич В.Б., Варакин А.Н., Малых О.Л., Кочнева Н.И., Ярушин С.В. // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 2. – С. 49–56.

3. Нифантова Р.В., Макарова М.Н., Космин И.Ф. Екатеринбург на демографической карте России: реалии и перспективы // Экономика региона. – 2010. – № 4. – С. 52–59.

4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2001–2014. – М.: Росстат, 2001–2014.

5. Татаркин А.И., Козлова О.А., Гаркавенко А.Н. Культура труда в условиях экономического кризиса // Вестник Уральского отделения Российской академии наук. Наука. Общество. Человек. – 2009. – Т. 3, № 29. – С. 5–11.

6. Тихонова Г.И., Горчакова Т.Ю. Смертность и продолжительность жизни населения трудоспособного возраста в России: методы и результаты исследования // Медицина труда и промышленная экология. – 2010. – № 3. – С. 1–6.

7. Хасанова Р.Р. Проблемы смертности населения Республики Башкортостан в трудоспособном возрасте // Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика. – 2013. – № 1. – С. 44–47.

8. Цхай Л.А. Влияние смертности на продолжительность жизни населения в трудоспособном возрасте в Узбекистане // Демоскоп Weekly – 2014 – № 617–618. [Электронный документ]: <http://www.demoscope.ru/weekly/2014/0617/analit03.php> (дата обращения 19.06.15).

9. Шабунова А.А. Смертность трудоспособного населения России и Беларуси как угроза демографическому развитию территорий / Шабунова А.А., Шахотко Л.П., Боброва А.Г., Маланичева Н.А. // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2012. – № 2(20). – С. 83–94.

10. Юмагузин В.В., Винник М.В. Факторы смертности от внешних причин и пути ее снижения: опыт экспертного интервью // Электронный научный журнал «Социальные аспекты здоровья населения» Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/595/30/> (дата обращения 10.06.15).

#### References

1. *Demographicheskij ezhegodnik Rossii* (Demography of Russia), Moscow, Rosstat, 2014.

2. Derstuganova T.M., Velichkovskiy B.T., Gurvich V.B., Varaksin A.N. *Analiz riska zdoroviu – Analysis of health risk*, 2013, no. 2, pp. 49–56.

3. Nifantova R.V., Makarova M.N., Kosmin I.F. *Ekonomika regiona – Economy of Region*, 2010, no. 4, pp. 52–59.

4. *Regionu Rossii* (Regions of Russia), Moscow, Rosstat, 2001–2014.

5. Tatarkin A.I., Kozlova O.A., Garkavenko A.N. *Vestnik Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. Nauka. Obschestvo. Chelovek – Bulletin of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences. Science. Society. Human*, 2009, Vol. 3, no. 29, pp. 5–11.

6. Tikhonova G.I., Gorchakova T.U. *Meditsina truda i promishlennaya ekologiya – Labour medicine and industrial ecology*, 2010, no. 3, pp. 1–6.

7. Khasanova R.R. *Izvestiya visshikh uchebnikh zavedeniy. Sotsiologii. Ekonomika. Politika – News of higher educational institutions. Sociology. Economy. Policy*, 2013, no. 1, pp. 44–47.

8. Tskhay L.A. *Demoscope Weekly*, 2014, no. 617–618, available at: <http://www.demoscope.ru/weekly/2014/0617/analit03.php> (date of access 19.06.15).

9. Shabunova A.A., Shakhotko L.P., Bobrova A.G., Malanicheva N.A. *Ekonomicheskie i sotsialniye peremenu: factu, tendentsiyi, prognos – Economic and social changes: facts, trends, forecast*, 2012, no. 2(20), pp. 83–94.

10. Yumaguzin V.V., Vinnik M.V. *Sotsialniye aspekt zdoroviya naseleniya – Social aspects of population health*, available at <http://vestnik.mednet.ru/content/view/595/30/> (date of access 10.06.15).

#### Рецензенты:

Мингалева Ж.А., д.э.н., профессор, профессор кафедры «Экономика и управление на предприятиях» гуманитарного факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь;

Шеломенцев А.Г., д.э.н., профессор, руководитель Отдела исследований региональных социально-экономических систем, ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург.

УДК 658

**О СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИИ ОПЫТА ОАО «ПО «КРИСТАЛЛ»****<sup>1</sup>Максимова Н.А., <sup>2</sup>Бочаров А.А.**<sup>1</sup>ФГОУ ВПО «Смоленский государственный университет», Смоленск, e-mail: rectorat@smolgu.ru;<sup>2</sup>Образовательное учреждение высшего образования «Смоленский гуманитарный университет», Смоленск, e-mail: shu@shu.ru

В статье рассмотрена реализация стратегии инновации опыта ОАО «ПО «Кристалл». Представлена карта стратегии инновации опыта, включающая финансовый аспект инноваций, бизнес процессы, клиентский аспект инноваций, обучение и инновационное развитие. Для оценки эффективности реализации стратегии инновации опыта разработана система показателей ISC. С целью оценки финансовых перспектив инновационной стратегии используют показатели рентабельности и экономической добавленной стоимости. Удовлетворенность клиентов предложено оценивать по следующим показателям: процент дохода от новых продуктов в результате инновации опыта, процент дохода от новых сегментов, отзывы, реакция потребителей на новые продукты. Для оценки внутренних бизнес-процессов предлагается рассматривать совершенствование процесса создания стоимости; эффективность расходования ресурсов, приверженность руководства организации инновациям и диффузию знаний и опыта. Оценка эффективности инновационной стратегии предлагается осуществлять по количеству часов, посвященных тренингам по внедрению инновации опыта; процент сотрудников, принадлежащих более чем к одной команде; количеству созданных новых организационных единиц, дивизиональных подразделений; количеству сессий по обмену знаниями и опытом между сотрудниками; эффективность внутрифирменных коммуникаций.

**Ключевые слова:** инновации, инновационная стратегия, организационное развитие, инновация опыта, управление, бизнес-процессы

**ON STRATEGY OF KRISTALL PRODUCTION CORPORATION EXPERIENCE INNOVATION****<sup>1</sup>Maksimova N.A., <sup>2</sup>Bocharov A.A.**<sup>1</sup>Smolensk State University, Smolensk, e-mail: rectorat@smolgu.ru;<sup>2</sup>Educational establishment of higher education «Smolensk University for Humanities», Smolensk, e-mail: shu@shu.ru

This article deals with the implementation of the strategy of Kristall Production Corporation experience innovation. There has been represented the map of the strategy of experience innovation including the financial aspect of innovations, business processes, client aspect of innovations, training and innovational development. To assess the efficiency of the implementation of the experience innovation strategy there has been developed the ISC performance system. For the purpose of evaluation of financial prospects of the innovation strategy the profitability performance profile and economic added value are used. It has been suggested to assess the customer satisfaction in the following way: percentage of income from new goods as a result of experience innovation, percentage of income from new segments, feedback, customer response on new goods. To evaluate internal business processes it has been suggested to consider the improvement of the value creation process, efficiency of the resources utilization, directors' adherence to innovations and diffusion of knowledge and experience. The innovation strategy efficiency shall be assessed according to the number of hours devoted to trainings focused on the implementation of experience innovation; percentage of employees belonging to more than one team; amount of newly created organizational units, divisional units; amount of sessions for sharing knowledge and experience by the employees; in-house communication efficiency.

**Keywords:** innovations, innovation strategy, organizational development, experience innovation, management, business processes

В современных экономических условиях успех организации все больше зависит от очень важного человеческого фактора – персонала. Управление человеческими ресурсами организации – это формирование и развитие высококвалифицированного кадрового потенциала, способного на высоком профессиональном уровне реализовывать планы развития предприятия. В связи с этим одним из важных факторов успеха руководство предприятия ОАО «ПО «Кристалл» считает обучение и развитие персонала.

Профессиональная переподготовка резерва инженерно-технических работников

является самостоятельным видом дополнительного профессионального образования и реализуется по соответствующим дополнительным профессиональным образовательным программам [3].

Целью профессиональной переподготовки специалистов-алмазообработчиков является получение ими дополнительных знаний, умений и навыков по образовательным программам, предусматривающим изучение отдельных дисциплин, разделов науки, техники и технологии, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности в сфере алмазообработки.

Профессиональная переподготовка специалистов проводится без отрыва от производства по образовательным программам профессиональной переподготовки специалистов, которые разрабатываются, утверждаются и реализуются самостоятельно с учетом потребностей производства ОАО «ПО Кристалл», а также установленных государственных требований к содержанию дополнительных образовательных программ.

В учебных планах профессиональной переподготовки специалистов в качестве одного из разделов предусматривается стажировка слушателей. Стажировка проводится в целях формирования и закрепления на практике профессиональных знаний, умений и навыков, полученных в результате теоретической подготовки, предусматривает изучение передового опыта алмазообработки, приобретение профессиональных и организаторских навыков для выполнения новых профессиональных обязанностей. Стажировка может проводиться как в РФ, так и за рубежом.

Освоение дополнительных профессиональных образовательных программ профессиональной переподготовки специалистов завершается обязательной итоговой аттестацией. Слушатели, выполнившие все требования учебного плана и прошедшие итоговую аттестацию, получают сертификат о профессиональной переподготовке установленного образца. Сертификат о профессиональной переподготовке удостоверяет право (соответствие квалификации) специалиста на ведение профессиональной деятельности в сфере алмазообработки на базе имеющегося высшего профессионального образования в соответствии с установленными квалификационными требованиями по должностным категориям инженерно-технических работников [1].

Аттестационная комиссия осуществляет по итогам обучения слушателей комплексную оценку их профессиональных знаний и деловых качеств и на этой основе может вырабатывать рекомендации отделу по работе с персоналом ОАО «ПО «Кристалл» по дальнейшему использованию специалистов путем записи рекомендации в личное дело каждого специалиста.

В соответствии с условиями алмазно-бриллиантового рынка задачи алмазообрабатывающих производств Смоленской ассоциации производителей бриллиантов могут быстро изменяться, что должно учитываться при подготовке рабочих алмазообрабатывающих производств. Отдел по работе с персоналом и учебный центр концентрируют заявки производств о потребности

в рабочих и организуют их подготовку как внутри завода, так и в других организациях.

Накопленный опыт показал, что целесообразно организовывать подготовку рабочих по программам следующих форм обучения:

- начального профессионального образования;
- курсового обучения;
- индивидуального обучения; переподготовки;
- второй смежной профессии;
- повышения квалификационных рядов.

Все формы обучения рабочих регламентированы в ОАО «ПО «Кристалл» специальными положениями об организации профессиональной подготовки рабочих алмазообрабатывающих специальностей. Завершающим этапом закрепления системы управления инновациями опыта стало лицензирование учебных программ по профессиональному обучению десяти основным профессиям обработки алмазов в бриллианты [2, 4].

Так как интегрированная модель концепции подготовки специалистов и рабочих для ОАО «ПО «Кристалл» основывается на одновременном действии в каждом временном периоде образовательных проектов, утвержденных генеральным директором, то финансирование таких проектов можно осуществлять путем составления смет по каждому направлению образования персонала завода. Порядок составления смет затрат на подготовку персонала завода, производств, служб и отделов целесообразно регламентировать специальным положением: «Порядок финансирования образовательных проектов ОАО «ПО «Кристалл» с учетом законодательных и нормативных актов Российской Федерации.

Для оценки эффективности реализации стратегии инновации опыта была разработана система показателей ISC [9, 10].

Для оценки финансовых перспектив инновационной стратегии традиционно используют показатели рентабельности и экономической добавленной стоимости. Инвестиции в инновации составляют расходы на НИОКР, на внедрение новых бизнес-процессов, на новых специалистов и работников и т.д., которые необходимо учитывать при расчете показателя ROI.

При оценке финансовых перспектив могут использоваться также такие показатели, как отношение доходов от новых продуктов, услуг, технологий к инвестициям; размер прибыли, приходящийся на одного сотрудника, в сравнении с конкурентами; EVA в расчете на одного сотрудника.

Оценивать удовлетворенность клиентов целесообразно по следующим показателям: процент дохода от новых продуктов в результате инновации опыта, процент дохода от новых сегментов, отзывы, реакция потребителей на новые продукты.

Для оценки внутренних бизнес-процессов следует в качестве целевых ориентиров рассматривать совершенствование процесса создания стоимости; эффективность расходования ресурсов, приверженность руководства организации инновациям и диффузию знаний и опыта.

Для оценки приверженности руководства инновациям предложено использовать такие показатели, как доля бюджета, специально предназначенного на развитие новых продуктов и технологий; количество часов, затраченных высшими руководителями на продвижение инноваций; количество венчурных дочерних предприятий.

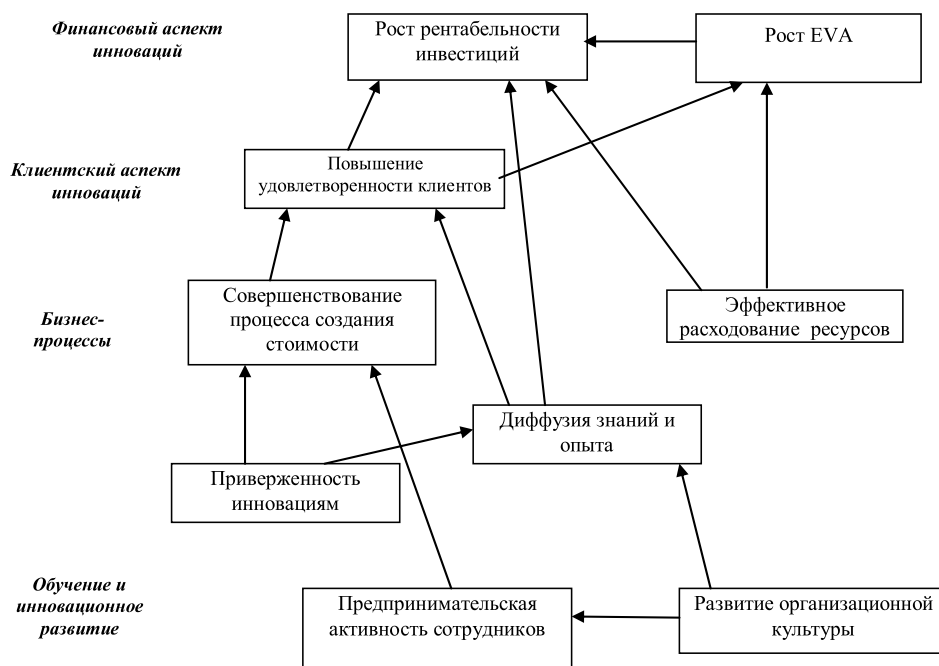
Об эффективности процесса диффузии знаний и опыта можно судить по следующим показателям: процент лицензирования инноваций в их общем объеме; сотрудничество в области НИОКР с другими организациями; сотрудничество с университетами.

Совершенствование процесса создания стоимости следует оценивать с помощью таких показателей, как количество инноваций, созданных межфункциональными командами; количество команд, получающих оперативные отзывы от потребителей на новые продукты; количество продуктов, созданных совместно с потребителями.

Эффективное размещение ресурсов заключается в корректном принятии решений об инвестициях в инновационные проекты, о чем позволяют судить такие показатели, как количество новых продуктов, запущенных в производство, после проведения тщательного инвестиционного анализа; распределение ресурсов между инновационными проектами в соответствии с их рыночным потенциалом.

Предпринимательская активность сотрудников отражает способность организации привлекать и максимизировать их предпринимательский потенциал. Для оценки предпринимательской активности сотрудников предложены такие показатели, как количество реализованных идей сотрудников; процент премий сотрудникам за инновационные решения в общем объеме премий [5, 6].

Немаловажным для эффективной реализации инновационной стратегии является формирование и развитие соответствующей организационной культуры [7, 8]. Для оценки данных процессов предлагается использовать такие показатели, как количество часов, посвященных тренингам по внедрению инновации опыта; процент сотрудников, принадлежащих более чем к одной команде; количество созданных новых организационных единиц, дивизиональных подразделений; количество сессий по обмену знаниями и опытом между сотрудниками; эффективность внутрфирменных коммуникаций.



Карта стратегии инновации опыта ОАО «ПО «Кристалл»



На рисунке представлена карта стратегии инновации опыта ОАО «ПО «Кристалл».

В настоящее время ОАО «ПО «Кристалл» находится на стадии развития, которая предполагает выбор таких стратегических приоритетов организации, как укрепление взаимоотношений с потребителями в процессе совместного создания стоимости и обучение персонала, в том числе с привлечением внешних организаций [7]. Поскольку отрасль алмазообработки относится к зрелым, то эффективность и конкурентоспособность организаций в условиях нестабильного спроса может быть обеспечена на основе применения особой технологии огранки, базирующейся на уникальных навыках и опыте, а также тесном сотрудничестве с поставщиками и партнерами. Реализация данных задач позволит обеспечить внутреннюю интеграцию всех подсистем ОАО «ПО «Кристалл» и его внешнюю интеграцию с поставщиками, потребителями и партнерами посредством логистики опыта.

#### Список литературы

1. Андреева А.В., Максимова Н.А. ИСУ ВУЗ как инструмент управления качеством образования // В мире научных открытий. – 2013. – № 11.8 (47). – С. 22–28.
2. Аренков И.А. Инновационный потенциал фирмы: стратегия развития / И.А. Аренков, П.Ф. Баш. – СПб.: Изд-во СПбГУ ЭФ, 2001.
3. Бочаров А.А. Подготовка персонала в ОАО «ПО «Кристалл» // Цветные металлы. – 2013. – № 2. – С. 36–37.
4. Бочаров А.А., Фомченкова Л.В. Управление инновациями в контексте организационного развития // Вестник Российской академии естественных наук (Санкт-Петербург). – 2010. – № 1. – С. 21–23.
5. Бочаров А.А. Инструменты распространения и инновации опыта в системе создания стоимости // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. – 2010. – № 23. – С. 34–39.
6. Бочаров А.А., Фомченкова Л.В. Управление инновацией опыта на основе логистики на предприятиях алмазно-бриллиантового комплекса РФ // Интеграл. – 2009. – № 1. – С. 40–41.
7. Бочаров А.А. Механизм влияния стратегического партнерства на инновационное развитие организации // Журнал правовых и экономических исследований. – 2009. – № 3. – С. 53–56.

8. Бочаров А.А. Стратегическое партнерство как механизм инновационного развития организации в современных конкурентных условиях // Современные проблемы науки. – 2012. – № 2; URL: [www.science.esrae.ru/194-908](http://www.science.esrae.ru/194-908) (дата обращения: 15.06.2015).

9. Turrell M., Lindow Y. The Innovation Pipeline, Imaginatik Research. – 2003. – 14 p.

10. Turrell M., Pluskowski B., Chapman M. Innovation Dimensions, Imaginatik Research. – 2006. – 7 p.

#### References

1. Andreeva A.V., Maksimova N.A. *ISU VUZ kak instrument upravlenija kachestvom obrazovanija. V mire nauchnyh otkrytij*, 2013, no. 11.8 (47), pp. 22–28.
2. Arenkov I.A., Bash P.F. *Innovacionnyj potencial firmy: strategija razvitija.*, Sankt-Peterburg, Izd-vo SPbGU JeF, 2001.
3. Bocharov A.A. *Podgotovka personala v OAO «PO «Kristall».* *Cvetnye metally*, 2013, no. 2, pp. 36–37.
4. Bocharov A.A., Fomchenkova L.V. *Upravlenie innovacijami v kontekste organizacionnogo razvitija. Vestnik Rossijskoj akademii estestvennyh nauk (Sankt-Peterburg)*, 2010, no. 1, pp. 21–23.
5. Bocharov A.A. *Instrumenty rasprostraneniya i innovacii opyta v sisteme sozdaniya stoimosti. Uchenye zapiski Rossijskoj Akademii predprinimatel'stva*, 2010, no. 23, pp. 34–39.
6. Bocharov A.A., Fomchenkova L.V. *Upravlenie innovaciej opyta na osnove logistiki na predpriyatijahalmazno-brilliantovogo kompleksa RF. Integral*, 2009, no. 1, pp. 40–41.
7. Bocharov A.A. *Mehanizm vlijanija strategicheskogo partnerstva na innovacionnoe razvitie organizacii. Zhurnal pravovyh i jekonomicheskikh issledovanij*, 2009, no. 3, pp. 53–56.
8. Bocharov A.A. *Strategicheskoe partnerstvo kak mehanizm innovacionnogo razvitija organizacii v sovremennyh konkurentnyh uslovijah. Sovremennye problemy nauki*, 2012, no. 2; URL: [www.science.esrae.ru/194-908](http://www.science.esrae.ru/194-908) (data obrashhenija: 15.06.2015).
9. Turrell M., Lindow Y. *The Innovation Pipeline*, Imaginatik Research. 2003. 14 p.
10. Turrell M., Pluskowski B., Chapman M. *Innovation Dimensions*, Imaginatik Research. 2006. 7 p.

#### Рецензенты:

Кататунова Т.В., д.э.н., доцент, профессор кафедры менеджмента и информационных технологий в экономике, филиал ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, г. Смоленск;

Матвеева Е.Е., д.э.н., доцент, заведующий кафедрой экономики, ФГОУ ВПО «Смоленский государственный университет», г. Смоленск.

УДК 332.02

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ)

Мамедова Н.А., Подлиннова А.Г.

*Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, e-mail: nmamedova@bk.ru*

В статье с использованием метода экспертной оценки и метода кластеризации определены приоритетные направления инвестирования в Калининградской области в среднесрочной перспективе. По результатам экспертной оценки выделено наиболее перспективное направление для целей инвестирования. Предложены инструменты активизации инвестиционной деятельности для энергетического комплекса как приоритетного направления развития эксклава. Предложения касаются эффекта снижения зависимости от моноплива путем строительства блочных трансформаторных подстанций с установкой индивидуальных трёхфазных и однофазных подстанций вблизи от потребителя. Указаны технологические особенности, которые должны быть учтены при расчете инвестиционной отдачи проекта, которые обусловлены ограничениями технологии ветроэнергетики. Сформулированы прогнозные результаты развития энергетического комплекса и социально-экономического развития региона в целом по результатам реализации и масштабирования положительного экономического эффекта в рамках предложенных мероприятий.

**Ключевые слова:** региональная экономика и управление, инвестиционная политика, социально-экономическая политика, Калининградская область, метод экспертной оценки, метод кластеризации, энергетический комплекс

## PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF INVESTMENT POLICY OF THE KALININGRAD REGION (USING THE METHOD OF EXPERT EVALUATION)

Mamedova N.A., Podlinnova A.G.

*Russian University of Economics n.a. G.V. Plekhanov, Moscow, e-mail: nmamedova@bk.ru*

The article by the method of peer review and clustering method identified priority areas for investment in the Kaliningrad region in the medium term. According to the results of peer review, the author has been allocated the most promising direction for investment purposes, proposed the tools of investment activity for the energy sector as a priority area of the enclave. The proposals relate to the effect of reducing dependence on mono-block by building transformer substation with the installation of the individual three-phase and single-phase substations near consumers. Shown technological features that should be taken into account when calculating the investment returns of the project, which are due to the limitations of wind energy technology. Formulated forward the results of the energy sector and the socio-economic development of the region as a whole the results of the implementation and scaling a positive economic effect in the framework of the proposed measures. In article management decisions recommended to take into account when amending a Regional programmer in the field of energy supply and improving energy efficiency of the Kaliningrad region for the period 2010–2015 with a vision to 2020.

**Keywords:** regional economics and management, investment policy, socio-economic policy, the Kaliningrad region, the method of peer review, clustering method, the energy complex

В рамках исследования путей развития инвестиционной политики Калининградской области целесообразно использовать данные оценки приоритетных для экономики эксклава отраслей хозяйствования. Для этого была определена степень приоритета в соответствии с уровнем инвестиционного потенциала для развития региона в долгосрочной перспективе [5]. Высокий приоритет обоснован результатами анализа и сравнения показателей развития отраслей хозяйствования на основе SWOT-матриц и результатов оценки инвестиционной ситуации в регионе, разработанных органами управления в стратегических программных документах эксклава. Для характеристики возможности их дальнейшего развития использован метод экспертных оценок. По результатам экспертного оценивания были рассчитаны средние взвешенные оценки,

определены приоритетные направления развития и разработаны рекомендации по повышению инвестиционной привлекательности отраслей хозяйствования для ряда направлений.

**Данные и методология.** Для проведения экспертизы были подготовлены опросные листы и шаблоны экспертного заключения. В экспертной оценке приняли участие шесть человек, в состав экспертной группы вошли трое представителей бизнес-сообщества, занимающих руководящие должности в организациях, специализирующихся на венчурных инвестициях, девелопменте и инвестиционном форсайте, и три человека, занимающие руководящие позиции в органах исполнительной власти Калининградской области.

*Выбор объектов для экспертной оценки.* В качестве объекта исследования по резуль-

татам анализа и сравнения показателей развития отраслей хозяйствования на основе SWOT-матриц и результатов оценки инвестиционной ситуации в регионе, разработанных органами управления в стратегических программных документах эксклава, определены приоритетные отрасли экономики эксклава (табл. 1).

**Таблица 1**  
Приоритетные отрасли экономики Калининградской области

А	Туристская отрасль
Б	Агропромышленный комплекс
В	Химическое производство
Г	Развитие системы связей и коммуникаций
Д	Энергетический комплекс
Е	Жилищное строительство
Ж	Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования
З	Судостроение и судоремонт
И	Автомобилестроение
К	Производство изделий из янтаря и с содержанием янтаря

*Выбор параметров для оценивания.* Экспертам были предложены следующие критерии и их содержательная интерпретация для проведения экспертизы:

1. Инвестиционный потенциал – возможность отрасли привлекать значительные финансовые ресурсы на реализацию инвестиционных проектов, расширение хозяйственной деятельности с учётом максимизации прибыли и снижения инвестиционных рисков.

2. Экспортный потенциал – возможность увеличения в общем объеме выпуска по отрасли доли экспортно ориентированной продукции.

3. Инновационный потенциал – возможность появления в рамках отрасли доли ин-

новационной, наукоёмкой и конкурентоспособной продукции.

4. Уровень инвестиционной привлекательности – степень заинтересованности инвесторов во вложении финансовых ресурсов (определяется на основе анализа статистических данных).

5. Уровень значимости для развития экономики эксклава на долгосрочную перспективу – степень востребованности результатов функционирования отрасли в долгосрочной перспективе (через 15–20 лет).

6. Устойчивость и конкурентоспособность после окончания переходного периода – способность адаптироваться и успешно функционировать в эксклаве после 2016 года (отмена части таможенных преференций на территории ОЭЗ).

*Определение веса каждого параметра.* Для экспертов был установлен следующий порядок распределения весов. Сумма распределенного веса между параметрами равна 1. Каждый параметр варьируется в диапазоне от 0,015 до 0,3. Определение сравнительной шкалы для оцениваемых объектов – приоритетных отраслей экономики было установлено по пятибалльной шкале:

1. Оценка 1 – минимальное значение, присваивается, если данное направление характеризуется слабым развитием/низким потенциалом в рамках рассматриваемого критерия.

2. Оценка 5 – максимальное значение, присваивается, если данное направление характеризуется сильным развитием/высоким потенциалом в рамках рассматриваемого критерия.

3. Оценки 2–4 – промежуточные значения, присваиваемые той или иной приоритетной отрасли экономики по усмотрению эксперта.

Результаты распределения экспертами весов между параметрами указаны в табл. 2. В данной таблице также указано среднее значение экспертной оценки объектов оценивания по пятибалльной шкале.

**Таблица 2**  
Распределение веса параметров и результаты оценки объектов

№ п/п	Параметр	Вес	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
1	инвестиционный потенциал	0,2	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
2	экспортный потенциал	0,1	–	3	4	–	2	–	3	4	3	4
3	инновационный потенциал	0,2	4	5	5	4	5	2	5	4	4	5
4	уровень инвестиционной привлекательности	0,1	3	3	2	3	3	4	4	4	5	3
5	уровень значимости для развития экономики эксклава на долгосрочную перспективу	0,25	4	5	4	5	5	4	3	3	5	3
6	устойчивость и конкурентоспособность после окончания переходного периода	0,15	5	4	3	5	5	4	3	4	4	4
Σ		1										

Результаты распределения экспертных оценок с учетом веса каждого параметра представлены в табл. 3. В последнем столбце «Л» указано максимальное значение взвешенной оценки. В строке «Сумма» указана сумма «весов» параметров для каждой отрасли. Отрасли, набравшие по сумме весов параметров  $\geq 4,2$ , можно считать особо приоритетными; отрасли, набравшие по сумме весов параметров  $\leq 3,5$ , можно считать недостаточно приоритетными.

$$C = 10$$

$$P_{k,n} = 10 \times 0,05 \times (0,95)^9 \cong 0,315.$$

Таким образом, вероятность того, что эксперт ошибется хотя бы в 1 оценке из 10, составляет 0,315. Этот показатель является приемлемым при определении достоверности и возможности использования экспертного мнения в качестве обоснования принятия управленческих решений

Таблица 3

Результаты взвешенной экспертной оценки по параметрам

№ п/п	Параметр	Вес	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л
1	инвестиционный потенциал	0,2	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
2	экспортный потенциал	0,1	–	0,3	0,4	–	0,2	–	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4
3	инновационный потенциал	0,2	0,8	1	1	0,8	1	0,4	1	0,8	0,8	1	1
4	уровень инвестиционной привлекательности	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5
5	уровень значимости для развития экономики эксклава на долгосрочную перспективу	0,25	1	1,25	1	1,25	1,25	1	0,75	0,75	1,25	0,75	1,25
6	устойчивость и конкурентоспособность после окончания переходного периода	0,15	0,75	0,6	0,45	0,75	0,75	0,6	0,45	0,6	0,6	0,6	0,75
$\Sigma$		1	3,65	4,25	3,65	3,9	4,3	3,2	3,7	3,75	4,25	3,85	

Расчёт вероятности допущения ошибки экспертом. Предполагаемые вероятности оценок: 0,1; 0,15; 0,25; 0,4; 0,1.

$$M = 1 \times 0,1 + 2 \times 0,15 + 3 \times 0,25 + 4 \times 0,4 + 5 \times 0,1; \quad (1)$$

$$M = 3,25; \quad M^2 = 10,5625$$

$$M(x^2) = 1^2 \times 0,1 + 2^2 \times 0,15 + \dots;$$

$$M(x^2) = 11,85; \quad (2)$$

$$D(x) = M(x^2) - M^2; \quad D(x) = 1,2875. \quad (3)$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; \quad \sigma \cong 1,1347. \quad (4)$$

Допустим, вероятность ошибки эксперта в каждой оценке = 0,05:

$$P_{k,n} = C_n^k \cdot p^k \cdot q^{n-k};$$

$$p = 0,05; \quad q = (1 - p) = 0,95; \quad (5)$$

$$C_n(k) = \frac{n!}{k!(n-k)!}; \quad (6)$$

$k = 1$ , хотя бы 1 раз ошибается в  $n = 10$  оценках

относительно объекта исследования.

*Подведение итогов экспертной оценки.* Таким образом, по итогам проведенного анализа, можно сделать вывод о том, что приоритетными отраслями для развития Калининградской области считаются следующие пять отраслей (в скобках указано значение экспертной оценки):

1. Энергетический комплекс (4,3).
2. Агропромышленный комплекс (4,25).
3. Автомобилестроение (4,25).
4. Развитие системы связей и коммуникаций (3,9).
5. Производство изделий из янтаря и с содержанием янтаря (3,85).

**Гипотезы и эмпирические результаты.** Для разработки рекомендаций из указанного перечня отобран энергетический комплекс. Выбор направления обусловлен, кроме результата экспертной оценки, также уникальностью экономико-географических характеристик эксклава [2], относящихся только к данному региону. Далее представлены характеристика отрасли хозяйствования по выборке и предложения по развитию инвестиционного потенциала отрасли.

Вопросы энергетической безопасности являются в высшей степени актуальными для региона. За последние десять лет регион привлекал в отрасль инвестиции, в том

числе, из Германии и Чехии. Однако как строительство энергетических источников, так и развитие инновационной энергетики (к примеру, ветроэнергетики) характеризуются комплексом проблем. Проблемы связаны с невыполнением регионом обязательств по строительству станций, значительным износом и физическим устареванием оборудования, огромными потерями в сетях (около 23 % при норме в 4 %). Поэтому данная отрасль является значительным сдерживающим фактором [6] для развития всей экономики эксклава.

Решение проблем электроэнергетического комплекса видится в реализации инвестиционного проекта по развитию альтернативной энергетики, а также строительству локальных электростанций на базе местного топлива на территории Зеленоградского муниципального района. Это позволит достичь следующих результатов:

1. Создание уникального для России предприятия по производству дешёвой и экологически чистой энергии, снижение уровня экологического загрязнения, обеспечение энергобезопасности Зеленоградского муниципального района за счёт резерва и экономии топлива, а впоследствии и всего эксклава.

2. Создание экономически значимого предприятия регионального уровня в реальном секторе экономики, развитие инновационного сектора экономики, отвечающего интересам как муниципального района – территории постройки, Калининградской области, так и всей Российской Федерации.

3. Строительство локальных электростанций, работающих на местных видах топлива, в случае критической ситуации, позволит поддерживать обеспечение региона энергией в пределах потребления. В плановом режиме объекты будут являться дополнительными мощностями для развитого промышленного сектора экономики, позволят реализовывать крупные инвестиционные в отрасли сельского хозяйства, перерабатывающего комплекса для крупных промышленных предприятий.

Внедрение инновационных технологий (имеется в виду как предложенный инвестиционный проект, так и апробированный опыт Нижегородской области в части строительства блочных трансформаторных подстанций с установкой индивидуальных трёхфазных и однофазных подстанций вблизи от потребителя), необходимое для устранения больших энергопотерь, сбоев, деградации сетевого фонда и других проблем, при модернизации сетевой системы Калининградской области приведёт к:

- более качественному и бесперебойному предоставлению услуг потребителям по энергообеспечению;

- снижению затрат на реконструкцию сетевого комплекса региона;

- повышению пропускной способности сетей и экономии энергии за счёт снижения потерь через перевод сетей на новый класс напряжения (с 0,4кВ на 0,95кВ).

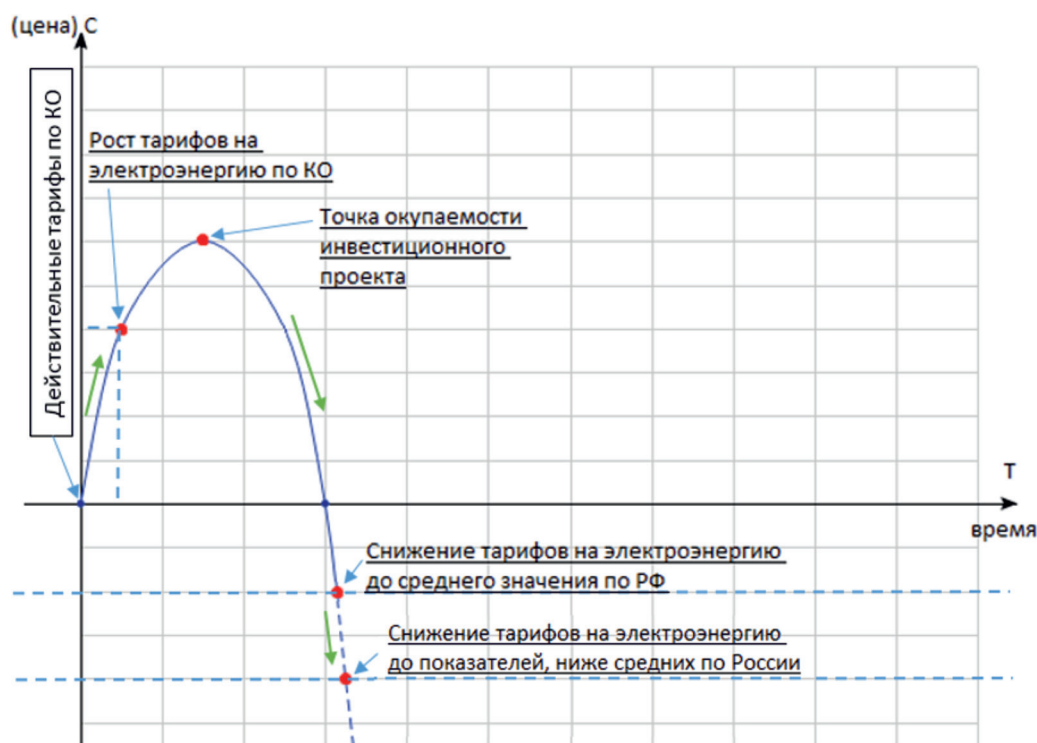
Таким образом, данные предложения позволяют в перспективе справиться с обеспечением растущего за счёт реализации крупных инвестиционных проектов и программ потребления электроэнергии. Снижение зависимости от монотоплива направлено на повышение энергетической безопасности. С одной стороны, снижение энергетических потерь в сетях, с другой стороны развитие альтернативных источников энергии позволят сделать её в 2–3 раза дешевле, то есть добиться снижения стоимости электроэнергии с действующего тарифа (1 кВт/час – 3,25 руб.) до среднего значения по России (1 кВт/час – 2,6 руб.) [4] за счёт низкой себестоимости. Однако, при подготовке к реализации инвестиционного проекта в совокупности с остальными новациями и проведении расчётов, касающихся оценки затрат, сроков окупаемости и эффективности управленческих решений, следует учесть следующий ряд факторов:

1. Начальная стоимость «встраивания» ветроустановок в общую энергосистему Калининградской области потребует дополнительных затрат из-за высокой стоимости линий электропередач и необходимости установки распределительного устройства. Таким образом, это увеличивает сроки окупаемости проекта пропорционально потраченным средствам на дополнительное оборудование и инженерные работы по его установке, увеличит длительность окончательного введения в действие инвестиционного проекта на срок от полугода до двух лет.

2. Выработка энергии через ВЭС отличается непостоянностью ввиду природных условий, что приводит к удорожанию ветроэнергии в связи с неравномерной нагрузкой на сетевой фонд, и как следствие – необходимостью прокладки особых линий электропередач, стойких к неравномерным нагрузкам. Но этот фактор включается в полную силу только по достижении ВЭС 20–25 % от общей установленной мощности системы.

3. Очень дорогой ремонт ветряных электростанций – установка/замена/починка запчастей ВЭС, высокая стоимость работ на большой высоте и т.д.).

Таким образом, речь о снижении тарифов на электроэнергию будет идти, но с определённым временным лагом. Схематично это можно представить на рисунке.



*Соотношение затрат инвестиционного проекта и времени его окупаемости, эффективности для снижения тарифов на электроэнергию*

То есть, снижение тарифов на электроэнергию в эксклаве будет происходить, но по «отрицательной параболе» в течение 5–10 лет (постепенный рост цен за счёт закупки, установки, настройки оборудования, сетей, затем, по мере окупаемости, постепенный спад до среднего значения по России (в перспективе – ещё ниже). Проект нельзя назвать быстроокупаемым, но, с точки зрения региональных властей, он необходим не только для того, чтобы поддержать имеющуюся энергосистему на приемлемом уровне, но и обеспечить её качественное улучшение, расширение. Данные мероприятия окажутся эффективными, если власти субъекта проявят заинтересованность в привлечении инвестиционных ресурсов на территорию и актуализации заброшенных по причине нехватки энергии крупных проектов через активные действия по внедрению предложенных новаций.

### Заключение

Подводя итоги, можно отметить, что на текущем этапе инвестиционная политика Калининградской области до конца не сформирована и не оформлена должным образом на законодательном уровне. Однако у региона имеется значительный инвестиционный и инновационный потенциал в ряде отрас-

лей экономики, уникальные природные ресурсы, благоприятный налоговый режим, достаточно развитая производственная инфраструктура. Все эти факторы в комплексе при надлежащей настройке могут оказать положительное влияние на инвестиционный климат и привлекательность территории [3]. Таким образом, при концентрации управленческого воздействия в «точках роста» [1] можно добиться улучшения инвестиционного режима в рамках Калининградской области, задействовать новые формы сотрудничества между бизнес-сообществом и органами управления по вопросам совместного инвестирования.

Анализ состояния современной инвестиционной политики эксклава потребовал исследования необходимых статистических и аналитических данных, предоставленных государственными региональными органами власти, а также изучения действующего федерального и регионального законодательства, привлечения экспертов для выявления «точек роста».

На основе экспертных оценок и указанной вводной информации были сделаны выводы о состоянии отдельных отраслей экономики эксклава и разработаны решения о распределении инвестиционных потоков в регионе по одному из приоритетных на-

правлений. Полученный результат явился необходимой основой для конструирования предложений по преодолению инвестиционного вакуума в энергетическом комплексе. Задача состояла в том, чтобы на основе имеющихся теоретических и эмпирических данных исследования современной инвестиционной обстановки в эксклаве разработать способы совершенствования инвестиционной политики в Калининградской области. Были сформулированы предложения организационного и экономического характера для энергетического комплекса с использованием лучших зарубежных практик и апробированных результатов решения подобных проблем в других субъектах Российской Федерации. Диалектический подход к исследованию позволил предложить конкретные способы усовершенствования имеющейся внутриотраслевой конъюнктуры с учётом актуальных на сегодняшний день обстоятельств с раскрытием последующего социально-экономического эффекта от их внедрения.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности использования полученных аналитических выводов и выработанных рекомендаций законодательными и исполнительными органами государственной власти региона в процессе проведения региональной инвестиционной политики и её совершенствования. Предложения по поддержанию инвестиционной привлекательности приоритетных отраслей Янтарного края рекомендовано учесть при внесении корректив в программные документы Стратегии развития Калининградской области, а также при внесении поправок в такие программно-целевые инструменты и подпрограммы государственной программы, как Региональная программа в области энергоснабжения и повышения энергетической эффективности Калининградской области на 2010–2015 годы с перспективой до 2020 года.

#### Список литературы

1. Климова О.С., Гусев В.В., Кротова М.А. Теоретические аспекты исследования точек роста региональной экономики // Теория и практика общественного развития. – 2013. – № 12. – С. 125.
2. Крупенков В.В., Мамедова Н.А., Мельников А.А., Кривова Т.А. Государственное и муниципальное управле-

ние: учебное пособие. – М.: Издательство Евразийский открытый институт. – 2012. – 336 с. – С. 212–215.

3. Пичугин И.И., Цзян Ц. Распределение потребности в современной региональной экономике // Экономика региона. – 2013. – № 4. – С. 76–82.

4. Полунин Л.В. Повышение показателей инвестиционной привлекательности региональной экономики // Социально-экономические явления и процессы. – 2014. – № 1 (059). – С. 73–80.

5. Рейтинговое агентство «РИА Рейтинг». «Россия заняла 37 место в рейтинге стран по ценам электроэнергии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://riarating.ru/countries\\_rankings/20131126/610597751.html](http://riarating.ru/countries_rankings/20131126/610597751.html) (дата обращения: 05.06.15).

6. Тхакушинов Э.К. Повышение эффективности региональной экономики на основе активизации инвестиционной политики // Новые технологии. – 2008. – № 5. – С. 114–118.

7. Ширапов Ц.Д. Методологические основы оптимизации отраслевой структуры региональной экономики // Вестник БГУ. – 2013. – № 2. – С. 59–62.

#### References

1. Klimova O.S., Gusev V.V., Krotova M.A. Teoreticheskie aspekty issledovaniya tochek rosta regionalnoj jekonomiki // Teorija i praktika obshhestvennogo razvitiya. 2013. no. 12. pp. 125.

2. Krupenkov V.V., Mamedova N.A., Melnikov A.A., Krivova T.A. Gosudarstvennoe i municipalnoe upravlenie: uchebnoe posobie. M.: Izdatelstvo Evrazijskij otkrytyj institut. 2012. 336 p. pp. 212–215.

3. Pichugin I.I., Czjan C. Raspredelenie potrebnosti v sovremennoj regionalnoj jekonomike // Jekonomika regiona. 2013. no. 4. pp. 76–82.

4. Polunin L.V. Povyshenie pokazatelej investicionnoj privlekatelnosti regionalnoj jekonomiki // Socialno-jekonomicheskie javlenija i processy. 2014. no. 1 (059). pp. 73–80.

5. Rejtingovoe agentstvo «RIA Rejting». «Rossija zanjala 37 mesto v rejtinge stran po cenam jelektrojenergii» [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://riarating.ru/countries\\_rankings/20131126/610597751.html](http://riarating.ru/countries_rankings/20131126/610597751.html) (data obrashhenija: 05.06.15).

6. Thakushinov Je.K. Povyshenie jeffektivnosti regionalnoj jekonomiki na osnove aktivizacii investicionnoj politiki // Novye tehnologii. 2008. no. 5. pp. 114–118.

7. Shirapov C.D. Metodologicheskie osnovy optimizacii otraslevoj struktury regionalnoj jekonomiki // Vestnik BGU. 2013. no. 2. pp. 59–62.

#### Рецензенты:

Шварцбург Л.Э., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности, МГТУ СТАНКИН, г. Москва;

Кузнецов В.И., д.э.н., профессор, профессор кафедры общего менеджмента и предпринимательства, ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ)», г. Москва.

УДК 338.45

## РАЗВИТИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В МИРЕ И РОССИИ

Мезенцева О.Е.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень,  
e-mail: info.olga@gmail.com

В статье уточнён перечень отраслей обрабатывающего производства, относимых к высокотехнологичным, на основе анализа международных классификаций: Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Организации Объединённых наций по промышленному развитию (ЮНИДО), Росстата. Выявлены существенные отличия в перечне высокотехнологичных отраслей, используемых в ОЭСР и Росстате, снижающих возможности сравнительного международного анализа. Выявлены ведущие страны в сфере обрабатывающего производства на основе анализа распределения добавленной стоимости мировой обрабатывающей промышленности по странам мира. Анализ национальной технологической структуры обрабатывающего производства ведущих мировых экономик позволил выявить низкую долю высокотехнологичных и среднетехнологичных отраслей в России. Проведён сравнительный анализ динамики выпуска продукции в трёх из пяти высокотехнологичных отраслей, по которым доступны данные для международных сопоставлений: производство офисной техники и компьютеров; радио- и телекоммуникационного оборудования; медицинского оборудования, точных и оптических приборов за 2000–2012 г. Информационной основой исследования послужила база данных ЮНИДО по промышленному производству в России и пяти ведущих странах (США, Китай, Япония, Германия, Южная Корея). Полученные результаты свидетельствуют о недостаточном уровне выпуска продукции высокотехнологичными отраслями в России по сравнению с ведущими странами, а также о лидирующем положении Китая в этой сфере производства с 2005 года.

**Ключевые слова:** высокотехнологичные виды деятельности, обрабатывающая промышленность, интенсивность затрат на исследования и разработки, классификация отраслей, экономика знаний

## DEVELOPMENT OF HIGH-TECH MANUFACTURING IN THE WORLD AND RUSSIA

Mezentseva O.E.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: info.olga@gmail.com

The aim of the research is to find out tendencies in development of high-technology manufacturing on the basis of comparative analysis of Russia and leading economies. To define the object of the research the list of high-tech activities is specified taking into account international classifications of industries of Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and classification of Russian Federal State Statistic Service (RFSSS). The study showed significant differences in defining high-tech industries in OECD countries and Russia. By RFSSS classification high-tech industries include medium-high industries, so the possibilities of comparative international analysis are reduced. The leading countries in manufacturing were found as a result of analysis of nations' contribution to added value of manufacturing industries. The analysis of national technological structures of world leading economies demonstrated low level of high-technology and medium-technology industries' share in Russian manufacturing. The paper includes the results of comparative analysis of output dynamics in 2000–2012 in three of five high-technological activities, which have open comparable data: office, accounting and computing machinery; radio-, TV and communications equipment; medical, precision and optical instruments. Informational basis of the research is the UNIDO database on industrial output in Russia and five leading countries (USA, China, Japan, Germany, Republic of Korea). According to the results there is insufficient level of output of Russian high-tech industries in comparison with leading countries though the average growth rate is higher than in Japan or Germany. It was found also that China is the first leading country in three analyzed high-tech industries from 2005. Moreover the China has a high level of average annual growth rate in high-tech and the spread increases.

**Keywords:** high-tech activities, manufacturing, research and development expenses intensity, classification of industries, knowledge economy

Переход российской экономики от сырьевой к инновационной требует формирования целого ряда условий, в большей степени определяемых государственной политикой в сфере науки и технологий. Многие исследователи сходятся во мнении о недостаточном уровне государственного управления, тормозящем развитие экономики знаний в России [1, 4]. При этом не вызывает сомнений необходимость изменения структуры производства в пользу высокотехнологичного и наукоёмкого секторов,

для которых характерна низкая материалоемкость продукции, высокая производительность труда и капитала, обусловленные существенной долей интеллектуальной составляющей в продукте [3].

Для понимания процессов экономического развития в мире необходимо исследование тенденций в секторе высокотехнологичных и наукоёмких видов деятельности. Все лидеры мировой экономики уделяют серьёзное внимание вопросам государственной политики в области науки и тех-



нологий, результаты которой реализуются не только в виде объёмных и регулярных отчётов о достигнутом уровне, но и долгосрочных программ развития, последовательно воплощаемых в жизнь [5]. В настоящей работе представлены результаты сравнительного анализа развития высокотехнологичного производства в России и ведущих экономиках мира. Основными источниками информации являются данные Росстата, Евростата, Организации экономического содружества и развития (ОЭСР), Организации Объединённых наций по промышленному развитию (ЮНИДО).

#### **Высокотехнологичные отрасли как объект исследования**

В высокотехнологичном секторе обрабатывающей промышленности исследования и разработки играют ведущую роль в инновационной деятельности, в то время как в других отраслях инновации основаны в большей степени на заимствовании знаний и технологий. В этой связи общепринятым критерием для группировки отраслей по принципу интенсивности применения технологий служит доля затрат на НИОКР в произведённом продукте или добавленной стоимости (интенсивность затрат на НИОКР). Соответствующая классификация отраслей разработана в ОЭСР и активно используется в большинстве стран и международных организаций [6]. Классификация отраслей обрабатывающего производства получена на основе исследования доли затрат на НИОКР в произведённой продукции по данным 12 стран ОЭСР (США, Канада, Япония, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Ирландия, Италия, Испания, Швеция, Великобритания) в среднем за период с 1991 по 1999 год (таблица).

С учётом полученных в ОЭСР данных по интенсивности затрат на НИОКР [6] классификация отраслей представляет собой 4-уровневую систему.

Классификация отраслей ЮНИДО основана на использовании разработок ОЭСР, однако, отличается делением отраслей на три группы: высокотехнологичный сектор включает среднетехнологичные отрасли высокого уровня. Таким образом, 3-уровневая классификация отраслей ЮНИДО предполагает выделение высокотехнологичных, среднетехнологичных и низкотехнологичных отраслей. Российская статистика опирается на классификацию ЮНИДО: «в целях обеспечения сопоставимости расчётов показателя «Доля продукции высокотехнологичных и наукоёмких отраслей в валовом внутреннем продукте» со странами-членами ОЭСР производится также расчёт международно-сопоставимого показателя  $S_1^e$ ,

учитывающего группу среднетехнологичных высокого уровня видов экономической деятельности» [2, с. 5].

Очевидно, что сопоставление российских статистических данных с данными стран-членов ОЭСР по развитию высокотехнологичного производства в ряде случаев будет оказываться малоинформативным в силу различий в применяемых классификациях для сбора и обобщения данных. В связи с этим необходим анализ высокотехнологичного производства без учёта среднетехнологичных отраслей высокого уровня.

#### **Структура обрабатывающей промышленности в ведущих странах**

На протяжении длительного времени перечень лидеров в сфере высокотехнологичного производства оставался достаточно стабильным, в него входили все развитые экономики мира: США, Япония, Германия, Франция, Канада, Южная Корея. В этих странах сложился и сохраняется высокий удельный вес высокотехнологичных и наукоёмких отраслей в ВВП (30–40%). За последние 10–15 лет лидерство развитых стран в этой области (прежде всего, США, Японии и Германии) серьёзно потеснил Китай, а также (в меньшей степени) Индия, Индонезия и Турция. Происходит это на фоне общего роста объёмов обрабатывающего производства в названных странах. По данным ЮНИДО [7], наиболее заметно выросла доля Китая в мировой добавленной стоимости обрабатывающей промышленности (рис. 1).

Также увеличилась доля Индии и Турции. Одновременно наблюдается снижение доли развитых экономик мира, за исключением Южной Кореи. Доля России в мировой добавленной стоимости этого сектора незначительно снизилась (с 1,61% в 2006 году до 1,49% в 2011 году).

Анализ структуры обрабатывающей промышленности по ведущим странам за период 2006–2011 годов показывает, в целом, стабильную картину (рис. 2).

Так, высокая доля высоко- и среднетехнологичных отраслей не менялась в Японии, Германии и Тайване (53, 57 и 62% соответственно). Повышение уровня технологичности наблюдается в США, Франции, Индии, Бразилии. В Китае и Южной Корее произошло некоторое снижение в пользу низкотехнологичных отраслей. В России доля высоко- и среднетехнологичных отраслей увеличилась с 21,9 до 23,1%. Однако уровень технологичности российской обрабатывающей промышленности пока существенно уступает не только развитым странам, но и Китаю, Индии, Бразилии и Турции.

## Классификация отраслей по степени технологичности ОЭСР

Сектор обрабатывающего производства по степени технологичности	Средняя интенсивность затрат на НИОКР, % (1991–1999 гг.)
Высокотехнологичные отрасли: авиакосмическая фармацевтика производство офисной техники и компьютеров производство радио- и телекоммуникационного оборудования производство медицинского оборудования, точных и оптических приборов, а также часов	9,3 13,3 10,5 9,2 8,0 7,7
Среднетехнологичные отрасли высокого уровня: электрические машины и оборудование автомобили, прицепы и полуприцепы химическое производство за исключением фармацевтики железнодорожное оборудование и транспорт машины и оборудование, не включённые в др. группы	3,0 3,9 3,5 3,1 2,9 2,1
Среднетехнологичные отрасли низкого уровня: судостроение и ремонт судов и лодок производство резины, каучука и пластика производство кокса, нефтепродуктов и ядерного топлива производство др. минеральных продуктов (кроме металлургии) металлургия	0,8 1,0 0,9 0,9 0,9 0,6
Низкотехнологичные отрасли: прочие производства и переработка отходов производство древесины, бумаги и издательская деятельность производство продуктов питания, напитков и табака текстильное производство, производство кожи и обуви	0,3 0,5 0,3 0,3 0,3
Все отрасли обрабатывающего производства	2,5

Пр и м е ч а н и е . Составлено по данным [6].

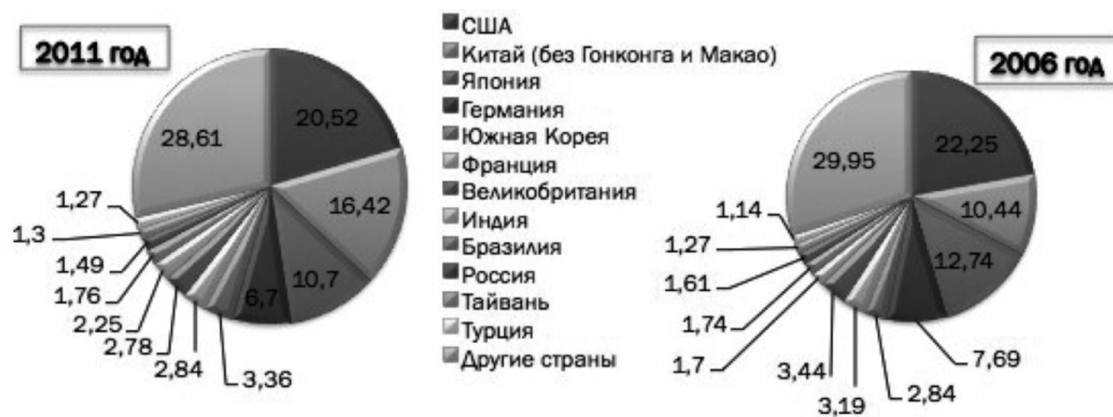


Рис. 1. Доля отдельных стран в добавленной стоимости обрабатывающих отраслей в мире (составлено на основе данных [7])

### Результаты сравнительного анализа выпуска продукции высокотехнологичных отраслей в отдельных странах

Сравнение российского высокотехнологичного производства в настоящей работе проведено с пятью странами, доля которых в мировой обрабатывающей промышленности наиболее существенна, это США, Китай,

Япония, Германия и Южная Корея. Анализ проводился на основе данных ЮНИДО [8], сбор которых осуществляется непосредственно при взаимодействии с национальными органами сбора и обработки статистической информации по промышленному производству в рамках Международной стандартной отраслевой классификации ISIC Rev. 3, 2-digit. Из пяти высокотехнологичных отраслей обосо-

бленные данные, представленные в свободном доступе, имеются по трём: производство офисной, вычислительной техники и компьютеров; производство радио- и телекоммуникационного оборудования; производство медицинского оборудования, точных и оптических приборов.

Отметим, что по Китаю отсутствуют данные за 2012 год, по США с 2009 года. По Японии обособленные данные по каждой из этих трёх отраслей отсутствуют с 2008 года, по Германии – с 2009 года, по Южной Корее – с 2007 года. Методика сбора данных по отраслям промышленности ЮНИДО не предполагает выделения двух других высокотехнологичных отраслей: авиакосмической промышленности и фармацевтики. В связи с этим провести анализ по этим видам деятельности не представляется возможным.

В отрасли производства медицинского оборудования, точных и оптических приборов по всем странам наблюдается положительная динамика (рис. 3).

Лидером отрасли являются США, которые увеличивают существующий значительный разрыв по объёмам выпуска с остальными странами. Второе место в отрасли в начале 2000-х годов занимает Япония, затем ненадолго (2006–2007 гг.) – Германия. С 2008 года к лидеру уверенно приближается Китай, среднегодовые темпы роста которого с 2007 по 2011 год составляют 124%. Среднегодовой темп роста выпуска продукции этой отрасли в России составил 117%.

В отрасли производства радио- и телекоммуникационного оборудования ситуация за рассматриваемый период кардинально изменилась (рис. 4). Два лидера начала века: Япония и США – серьёзно уступили свои позиции Китаю. Среднегодовые темпы роста Китая в этой отрасли составили 122%. Незначительный рост наблюдается в Германии. Росстатом данные в ЮНИДО по состоянию этой отрасли в России не предоставлены.

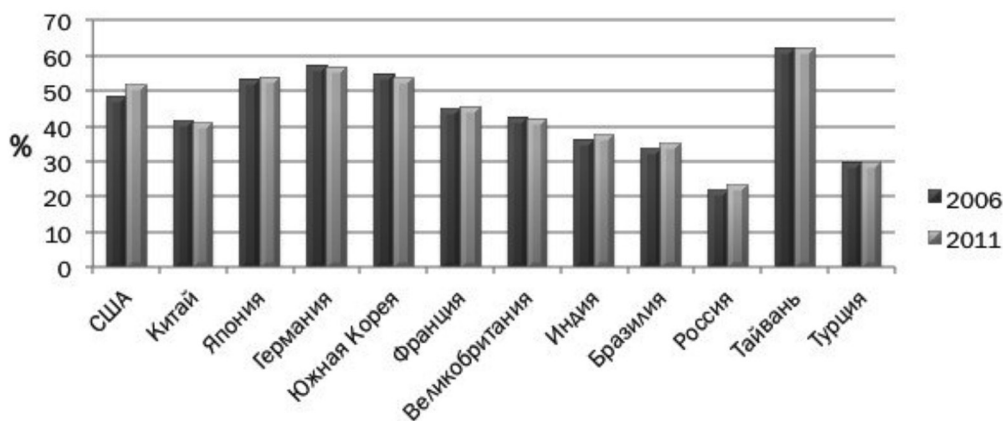


Рис. 2. Динамика доли высоко- и среднетехнологичных отраслей в добавленной стоимости обрабатывающей промышленности (по данным [7])

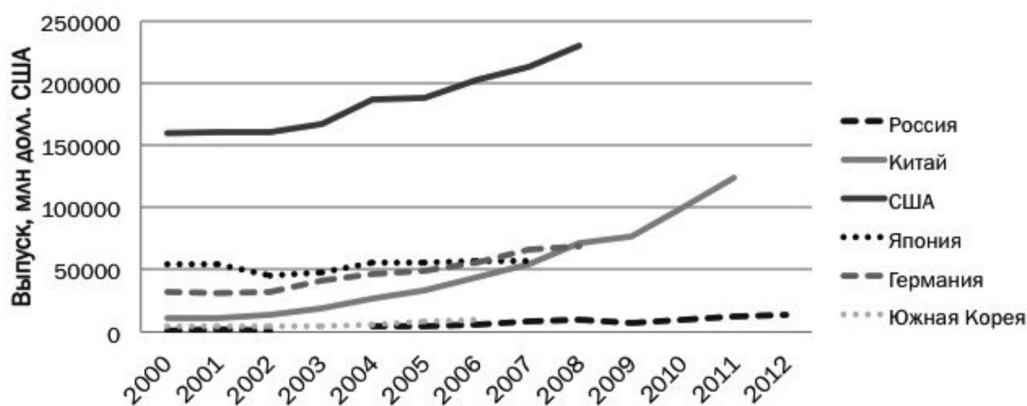


Рис. 3. Динамика выпуска продукции в отрасли производства медицинского оборудования, точных и оптических приборов (по РФ нет данных за 2003 г.)

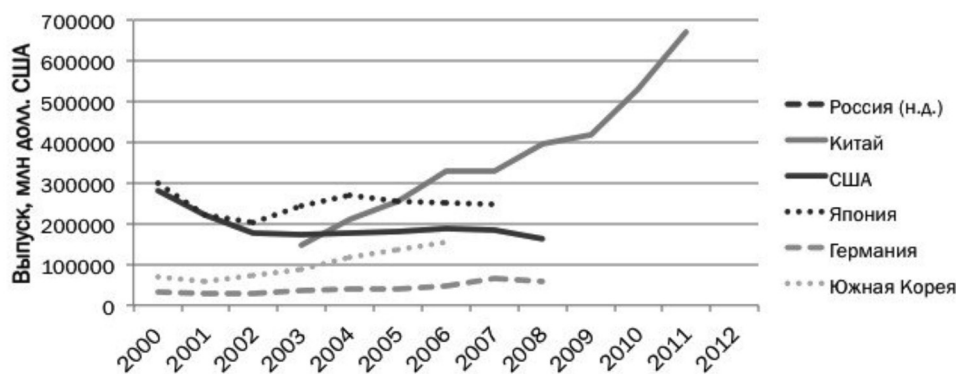


Рис. 4. Динамика выпуска радио- и телекоммуникационного оборудования (по РФ данные отсутствуют; по Китаю данные доступны с 2003 г.)

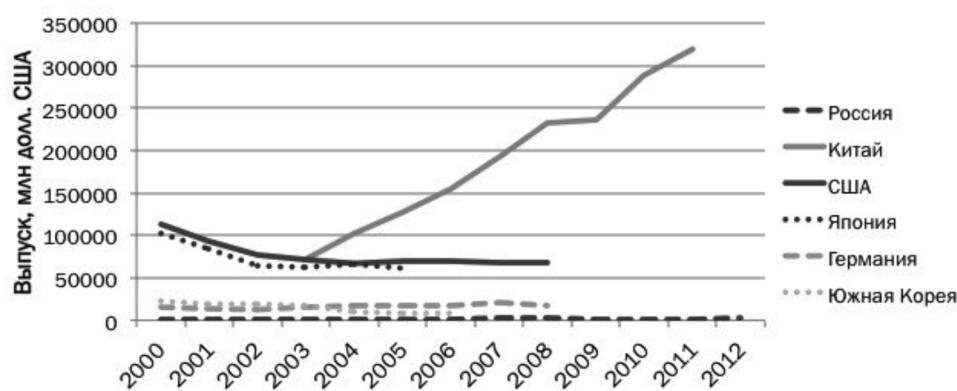


Рис. 5. Динамика выпуска в отрасли производства офисной техники и компьютеров (по Китаю данные по отрасли доступны с 2003 г.)

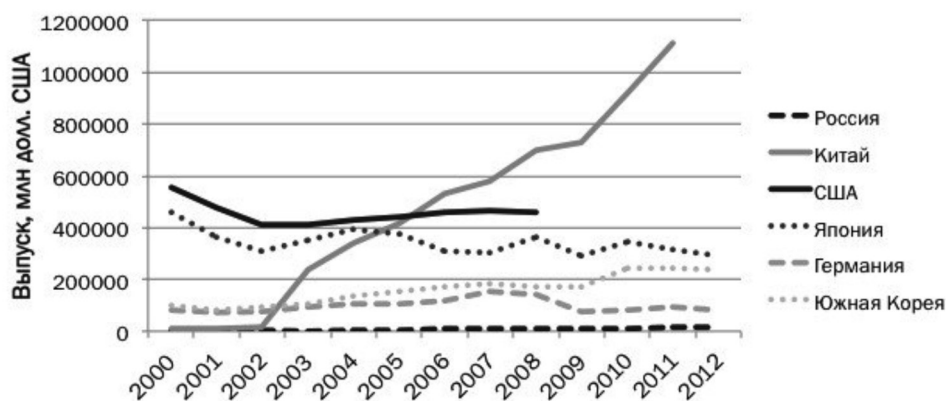


Рис. 6. Динамика суммарного выпуска трёх высокотехнологичных отраслей, рассчитано по данным [8] (по России отсутствуют данные по отрасли производства радио- и телекоммуникационного оборудования; по Китаю до 2003 г. доступны данные только по отрасли производства медицинского оборудования, точных и оптических приборов; по Японии данные по отрасли производства офисной техники и компьютеров отсутствуют за 2006–2007 гг.)

С 2007–2009 годов Япония, Германия и Южная Корея предоставляют данные по трём рассмотренным выше отраслям агрегированно. С учётом этих данных, агрегированный выпуск продукции представлен на рис. 6.

В отрасли производства офисной, вычислительной техники и компьютеров также произошла кардинальная смена лидера (рис. 5): США и Япония, демонстрирующие падение объёмов выпуска, уступили ме-

сто Китаю с его высокими темпами роста (в среднегодовом исчислении на уровне 121%). В России развитие этой отрасли происходит неравномерно, существенные падения объемов выпуска наблюдаются в 2003 и 2009 годах (на 57 и 36% соответственно по отношению к предыдущему периоду). Тем не менее среднегодовые темпы роста за весь рассматриваемый период составляют 130%. Объемы выпуска в этой отрасли увеличились более чем в шесть раз, и показатель достиг значения 2437 млн долл. в 2012 г.

Полученные данные по трём из пяти высокотехнологичных отраслей демонстрируют появление нового лидера в этом секторе в лице Китая, динамика которого не оставляет надежды развитым странам на возвращение пальмы первенства. Заметная положительная динамика также у другой азиатской страны – Южной Кореи. В Германии этот сектор наращивал объёмы выпуска до 2007 года, однако падение после кризиса 2008 года не позволило восстановить достигнутый предкризисный уровень. Япония постепенно теряет свои позиции в этом секторе. По России данные являются не полными в связи с тем, что по отрасли производства радио- и телекоммуникационного оборудования данные не предоставлены в ЮНИДО.

### Заключение

Таким образом, анализ доступных по двум высокотехнологичным отраслям данных по России, позволил выявить устойчивую положительную динамику, что позволяет считать этот сектор перспективным с точки зрения развития обрабатывающей промышленности РФ. Среднегодовые темпы роста этого сектора в России находятся на уровне 117–130%, что превосходит показатели динамики Японии и Германии.

Однако, сохранение сложившейся тенденции не позволяет надеяться на заметное приближение к уровню лидеров (Китай, США, Япония, Германия и Южная Корея) в 10–20-летней перспективе в связи с низким абсолютным уровнем показателей выпуска продукции в высокотехнологичных отраслях. Поэтому для трансформации сырьевой структуры российской экономики требуется разработка и реализация государственных и региональных программ поддержки высокотехнологичного производства, например, с использованием налоговых льгот и государственного финансирования инновационных проектов. Поскольку потребность в инвестициях, сроки окупаемости и риски по высокотехнологичным проектам велики, роль государства сложно переоценить в этом секторе [4, с. 46–61]. В свою очередь, государство вправе требовать от компаний,

которым оказывается поддержка, соответствующего уровня производственно-технологической базы, исследований и разработок, квалификации персонала и других важных факторов развития высокотехнологичного производства.

### Список литературы

1. Макаров В.Л. Угроза перерождения экономики знаний под воздействием либерального рынка // Экономика региона. – 2010. – № 3. – С. 7–19.
2. Методика расчета показателей «Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте» и «Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации», утверждена Приказом Росстата от 28.02.2013 № 81.
3. Просвирина И.И. Экономика знаний и современные тенденции использования труда в России / И.И. Просвирина, А.К. Ташев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2014. – Т. 8, № 1. – С. 73–79.
4. Руднева Л.Н. Организация и управление деятельностью бурового предприятия в условиях сервисного обслуживания. Учебное пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 166 с.
5. OECD (2014), OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014, OECD Publishing.
6. OECD (2011), ISIC Rev. 3 Technology Intensity Definition, OECD Directorate for Science, Technology and Industry (DSTI), OECD, Paris.
7. UNIDO (United Nations Industrial Development Organization), 2013. Industrial Development Report 2013: Sustaining Employment Growth: The Role of Manufacturing and Structural Change. Vienna.
8. UNIDO Statistics Data Portal // UNIDO. URL: <http://stat.unido.org/home> (дата обращения 05.05.15).

### References

1. Makarov V.L. Ugroza pererozhdenija jekonomiki znanij pod vozdejstviem liberalnogo rynka // Jekonomika regiona. 2010. no. 3. pp. 7–19.
2. Metodika rascheta pokazatelej «Dolja produkcii vysokotekhnologichnyh i naukoemkih otraslej v valovom vnutrennem produkte» i «Dolja produkcii vysokotekhnologichnyh i naukoemkih otraslej v valovom regionalnom produkte subekta Rossijskoj Federacii», utverzhdena Prikazom Rosstata ot 28.02.2013 no. 81.
3. Prosvirina I.I. Jekonomika znanij i sovremennye tendencii ispolzovanija truda v Rossii / I.I. Prosvirina, A.K. Tashhev // Vestnik JuUrGU. Serija «Jekonomika i menedzhment». 2014. T. 8, no. 1. pp. 73–79.
4. Rudneva L.N. Organizacija i upravlenie dejatelnostju burovogo predpriyatija v uslovijah servisnogo obsluzhivaniya. Uchebnoe posobie. Tjumen: TjumGNGU, 2010. 166 p.
5. OECD (2014), OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014, OECD Publishing.
6. OECD (2011), ISIC Rev. 3 Technology Intensity Definition, OECD Directorate for Science, Technology and Industry (DSTI), OECD, Paris.
7. UNIDO (United Nations Industrial Development Organization), 2013. Industrial Development Report 2013: Sustaining Employment Growth: The Role of Manufacturing and Structural Change. Vienna.
8. UNIDO Statistics Data Portal // UNIDO. URL: <http://stat.unido.org/home> (data obrashhenija 05.05.15).

### Рецензенты:

Руднева Л.Н., д.э.н., профессор, зав. кафедрой экономики, организации и управления производством Тюменского государственного нефтегазового университета, г. Тюмень;

Килин П.М., д.э.н., профессор кафедры экономики, организации и управления производством Тюменского государственного нефтегазового университета, г. Тюмень.

УДК 351:338.43

## РАЗВИТИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АГРАРНОЙ СФЕРЫ ЭКОНОМИКИ В ОТВЕТ НА ВЫЗОВЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Полушкина Т.М.

*ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Саранск,  
e-mail: polushkinatm@gmail.com*

Формирование систем воздействия государства на отдельные сферы экономики сегодня, в условиях усиления процессов глобализации – это интеллектуальный вызов для ученых всего мира. Реалии требуют очередной смены парадигмы отношения государства к экономике. Это возможно через создание системы ответственности государств перед своими гражданами, разработку эффективной системы национальной экономической безопасности в условиях глобализации, осуществление государственных мер, направленных на обеспечение определенного уровня социальных гарантий и введение особых режимов функционирования для некоторых особо незащищенных отраслей, к которым, к примеру, относится сельское хозяйство. Современный уровень социально-экономического развития отечественного сельского хозяйства не отвечает национальным интересам, поскольку не обеспечивает продовольственную безопасность страны, что требует кардинальных изменений в аграрной политике РФ. В статье рассматриваются проблемы продовольственной безопасности России как важнейшего национального приоритета в условиях новых вызовов и угроз. Обосновывается усиление роли государства в ее обеспечении через разработку комплекса инструментов аграрной политики, отвечающих требованиям ВТО, позволяющих добиться повышения уровня и качества жизни россиян, сбережения сельского населения, его доходов, а также диверсификации сельской экономики и улучшения деятельности сельских институтов, объектов инфраструктуры.

**Ключевые слова:** продовольственная безопасность, вызовы и угрозы, импортозамещение, санкции, аграрная политика

## THE DEVELOPMENT OF STATE REGULATION OF THE AGRARIAN SECTOR OF THE ECONOMY IN RESPONSE TO THE CHALLENGES OF FOOD SECURITY

Polushkina T.M.

*Ogarev Mordovia State University, Saransk, e-mail: polushkinatm@gmail.com*

The formation of systems of government influence on the private sphere of the economy today, in the conditions of strengthening of globalization processes is an intellectual challenge for scientists around the world. Realities require another shift in the paradigm of the relationship of the state to the economy. This is possible through the establishment of state responsibility towards its citizens, the development of an effective system of national economic security in the context of globalization, the implementation of public measures aimed at ensuring a certain level of social guarantees and the introduction of the CCA-BiH modes of operation for some especially vulnerable sectors, to which, for instance <url>, is part of agriculture. The current level of socio-economic development of the Russian Literature on agriculture does not meet the national interests, since it does not provide food security of the country, which requires fundamental changes in the agrarian policy of the Russian Federation. In the article the problems of food security of Russia as a major national priority in the face of new challenges and threats. Explains the strengthening of the role of the state in its provision through the development of a set of instruments of agricultural policy, meeting the requirements of the WTO, which allows to increase the level and quality of life of Russians, savings of the rural population, income, and diversification of the rural economy and improve the activities of the rural institutions, infrastructure.

**Keywords:** food security, challenges and threats, importation, sanctions, agrarian policy

Сегодня в мире голодают десятки миллионов людей, около миллиарда человек на постоянной основе испытывают нехватку в пище. Согласно данным, приведенным ФАО в 2014 г., 805 млн человек, это около одной девятой части населения мира, страдают от хронического недоедания, не получая достаточно продуктов питания для активной здоровой жизни. При этом подавляющее большинство голодающих живут в развивающихся регионах – примерно каждый восьмой, или 13,5% общей численности населения этих регионов. Целью развития тысячелетия 1с (ЦРТ-1с) было объявлено: сокращение вдвое доли недоедающего населения в развивающихся странах к 2015 году [10].

Удельный вес расходов на питание в домашних хозяйствах россиян сегодня достигает 40–50%. [2] Обеспеченность основными продуктами питания по отношению к рекомендуемым рациональным нормам потребления составляет по мясу и мясopодуктам – 72%, молоку и молокопродуктам – 66%, овощам – 75%, фруктам – 70% [2].

В последних документах ФАО даются следующие трактовки понятия продовольственной безопасности и безопасного питания: «Продовольственная безопасность существует тогда, когда все люди всегда имеют физический, социальный и экономический доступ к достаточному по объему, безопасному и питательному

продовольствию для удовлетворения своих потребностей в полноценном питании в соответствии со своими предпочтениями для активной и здоровой жизни. Безопасность питания существует тогда, когда продовольственная безопасность сочетается с санитарными условиями, адекватным медицинским обслуживанием и надлежащей организацией ухода и питания для обеспечения здорового образа жизни для всех членов семьи» [2]. Таким образом, выделяется переход от концепции национальной продовольственной безопасности, рассчитываемой на базе национального самообеспечения основными продуктами питания, к потенциальной продовольственной безопасности домашнего хозяйства, рассчитываемой по показателям обеспечения энергетическими диетическими ресурсами и далее по реальной продовольственной безопасности домашнего хозяйства на основе сбалансированной диеты [6].

Согласно этому, Российская Федерация, к сожалению, не обеспечивает в полной мере продовольственную безопасность своих граждан.

Для аграрной сферы экономики России в этих вызовах (внешних и внутренних) кроются огромные возможности для развития. Отечественное сельское хозяйство может не только полностью обеспечить население страны основными видами продовольствия, но и стать одним из гарантов мировой продовольственной безопасности. РФ обладает для этого всеми необходимыми природными ресурсами: 9% мировой продуктивной пашни (1,43 га сельскохозяйственных угодий в расчете на душу населения), более 50% мировых черноземов, 20% пресной воды. Однако мы до сих пор практически не экспортируем продовольствие за рубеж, при этом ввозим в страну более 20% потребляемого продовольствия.

Формирование и модификация тенденций обеспечения продовольственной безопасности РФ не были бесконфликтными [8]. Особо спорными были и остаются вопросы регулирующей роли государства по отношению к продовольственной безопасности, источников ее обеспечения: внутренних или внешних.

В настоящее время, в связи с введением в 2014 г. антироссийских санкций и обусловленных этим ответных мер РФ (в отношении украинской, европейской и американской продовольственной продукции) проблема обеспечения продовольственной безопасности страны звучит совершенно иным образом. В новых экономических условиях, с учетом высокой зависимости российской экономики от им-

порта продовольствия, перед Россией остро встал вопрос импортозамещения продуктов питания, уменьшением или прекращением импорта определенного товара посредством производства, выпуска в стране таких же или аналогичных товаров.

Реализация политики, направленной на замену импортных продовольственных товаров конкурентоспособными по цене и качеству отечественными товарами, позволит обеспечить не только достаточный уровень продовольственной безопасности страны, но и сельского развития.

Перед российским аграрным сектором, как представляется, сегодня открываются новые перспективы, связанные, прежде всего с возможностью изменения государством отношения к отечественному сельскому хозяйству, сельскому населению [7].

Распоряжением Правительства РФ от 02.10.2014 № 1948-р был утвержден план мероприятий («дорожная карта») по содействию импортозамещению в сельском хозяйстве на 2014–2015 годы [4].

В марте 2015 г. Минсельхозом был утвержден перечень из 464 инвестиционных проектов по импортозамещению на сумму около 266 млрд рублей. Предполагается, что инвестиции будут направлены на такие мероприятия, как строительство овощехранилищ, переработку плодов и ягод, молочное скотоводство и переработку, а также птицеводство, мясное скотоводство и свиноводство.

Были внесены изменения в Госпрограмму, которые предусматривают выделение новых приоритетных направлений развития АПК, а также дополнительные объемы ресурсного обеспечения (568,2 млрд руб. на 2015–2020 годы). Предусмотрено значительное увеличение ассигнований (по сравнению с паспортом Госпрограммы): по подпрограмме «Развитие подотрасли растениеводства, переработки и реализации продукции растениеводства» – на 5,3 млрд рублей (или на 12,5%); по подпрограмме «Развитие подотрасли животноводства, переработки и реализации продукции животноводства» – на 8,9 млрд рублей (на 14,9%); по ФЦП «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года» – на 5,0 млрд рублей, в 2016 году – 7,6 млрд рублей, в 2017 году – 8,3 млрд рублей.

Однако быстрых результатов пока ждать не приходится. При этом мы не разделяем точку зрения некоторых аналитиков, считающих, что это может произойти достаточно быстро. При современном уровне развития аграрного производства, проблемах сельского хозяйства (средний показатель рен-

табельности сельскохозяйственных предприятий по стране составляет около 9% (с учетом мер государственной поддержки), без средств государственной поддержки – 2,7%), на это потребуется, по нашим расчетам, не менее 15 лет, при условии значительного увеличения уровня государственной поддержки отрасли со стороны государства [3].

Сегодня государственная помощь сельхозтоваропроизводителей в России находится на уровне развивающихся стран. Даже в нынешних сложных экономических условиях, в которые поставлена Россия, российское село не получает максимального уровня поддержки, разрешенного ВТО, не говоря уже о том, что и этот уровень гораздо более низкий по сравнению с развитыми странами Запада. К моменту вступления России в ВТО был заявлен уровень АПП в 9 млрд долл., тем не менее бюджетные расходы на эти цели не выходят за 2,27 млрд долл. США [9].

Несмотря на продекларированную еще в 2006 г. приоритетность аграрной сферы экономики, ситуация практически не изменилась в лучшую сторону. Сегодня можно констатировать лишь некоторую стабилизацию ситуации в аграрном секторе экономики (да и то не во всех отраслях), но о значительном прогрессе в его развитии речь не идет.

Современная аграрная политика имеет ряд принципиальных недостатков: во-первых, это отсутствие четких и верных приоритетов в ее разработке и реализации, в стране до сих пор не удалось сформировать позитивного отношения к сельской местности и сельскому образу жизни; во-вторых, бессистемность государственной поддержки; в-третьих, низкий уровень ее финансирования и эффективности использования бюджетных средств; в-четвертых, основное внимание в ней уделено поддержке крупных и средних сельскохозяйственных организаций, что противоречит их вкладу в производство сельскохозяйственной продукции; в-пятых, неоправданно сужен набор инструментов государственной поддержки, основным по-прежнему остается субсидирование процентной ставки по кредитам. Наконец, считаем, что важнейшим недостатком современной аграрной политики России является недооценка государством человеческого фактора на селе и это основное препятствие на пути устойчивого аграрного роста. Все программы сельского развития разрабатываются на федеральном уровне практически без учета интересов сельского сообщества.

Сегодня в Российской Федерации не только не обеспечивается приоритет отрасли, но, наоборот, с позиций воспроизводства происходит дальнейший перелив капитала из сельского хозяйства в другие отрасли экономики страны.

В этой ситуации, как представляется, необходимы не просто поправки в современную систему государственного воздействия на аграрное производство, а ее глубокие изменения. Причем следует выработать такие направления аграрной политики, которые, с одной стороны, позволяли бы максимально учитывать устремления сельского сообщества, с другой, способствовали обеспечению продовольственной безопасности страны посредством эффективной бюджетной поддержки в рамках правового поля требований ВТО. Необходимо выстроить систему взаимодействия между властью, бизнесом и крестьянством на основе максимального согласования механизмов государственного регулирования развития аграрной сферы с мотивационной структурой сельских жителей с точки зрения адаптации сельхозтоваропроизводителей к методам и инструментам воздействия. Российское государство сегодня обязано обратить пристальное внимание на развитие сельского хозяйства, открывая тем самым новые окна возможностей для его развития.

Предлагаем алгоритм разработанной эффективной системы государственного регулирования в условиях новых глобальных вызовов и угроз.

Первое: в РФ следует разработать крестьянскую концепцию, в которой должно быть четко определено уважение к крестьянскому труду через приоритет аграрной отрасли с целью обеспечения продовольственной безопасности страны. Аграрный сектор должен стать, наконец, приоритетным и стратегическим направлением государственной политики, а протекционизм должен восприниматься обществом как необходимое условие обеспечения продовольственной, а следовательно, и национальной безопасности страны. Производство достаточного количества продовольствия (в соответствии с рациональными нормами потребления) следует рассматривать в качестве важнейшего критерия эффективной деятельности государства.

Второе: следует выяснить то, что необходимо и что может делать государство по отношению к аграрной отрасли как к сложной системе, развивающейся по законам самоорганизации в их специфическом проявлении в данный период в новых экономических условиях, в том числе, согласно правилам ВТО.



Следующим шагом становится определение того, к каким мерам воздействия государства будут более восприимчивы экономические агенты, исходя из оценки современной ситуации. Далее определяется необходимый и достаточный уровень бюджетной поддержки с выбором конкретных мер государственного влияния. При этом следует максимально использовать меры государственной поддержки, разрешенной правилами ВТО. Следует провести «ревизию» действующих ныне мер государственной поддержки аграрного сектора экономики и найти новые решения, позволяющие, согласно правилам ВТО, и формировать «корзины» государственной поддержки, и открывать новые перспективы в развитии отечественного сельского хозяйства. Более того, при неблагоприятном варианте развития международной ситуации России вправе рассмотреть вопрос о возможности изменения обязательств перед ВТО в целом по сельскому хозяйству или провести корректировку таможенно-тарифного регулирования на особо чувствительные товарные позиции.

Нельзя рассматривать ограничения по линии ВТО в качестве непреодолимой преграды и аргумента для снижения средств бюджетной поддержки аграрной сферы экономики. И в этом смысле, имеет смысл поучиться у стран Европейского Союза, как маневрировать среди «корзин» поддержки, когда огромные суммы субсидий (прежде всего «зеленых») стимулируют рост и модернизацию производства.

Четвертое: с учетом характера существующих устойчивых функциональных связей возможно нахождение «резонансных зон» воздействия, через которые можно «запускать» механизмы самоорганизации, получая значительный эффект от возникающего коллективного действия независимых элементов системы с целью модернизации отрасли. Посредством воздействия государства на подобные зоны в России можно избежать варианта «догоняющего развития», что представляется весьма важным.

Согласно правилам ВТО у РФ сегодня существует значительный резерв не только в несокращении государственной поддержки сельского хозяйства, но и в ее увеличении за счет таких направлений, как поддержка развития и внедрения научных исследований, образования, информационно-консультационного обслуживания, ветеринарных и фитосанитарных мероприятий, распространения рыночной информации, совершенствования инфраструктуры, содержания стратегических продовольственных запасов, реализации программ реги-

онального развития, страхования урожая и компенсации ущерба от стихийных бедствий, содействия структурной перестройке сельскохозяйственного производства, развития сельского консалтинга, улучшения пенсионного обеспечения и пр.

Большое значение в решении проблемы импортозамещения в продовольственном обеспечении страны имеет повышение качества жизни сельского населения с целью сбережения на селе наиболее активных и деятельных и повышения его мотивационной направленности на успех. Это предложение обосновывается проведенным исследованием по эффективности реализации федеральных целевых программ прямо или косвенно касающихся сельского развития. В основу политики сельского развития должны быть положены принципы равного доступа сельского населения к социальным услугам в соответствии с социальными стандартами для различных типов населенных пунктов; полного учета природного, демографического, социального, производственного, экологического и финансового потенциала села и возможностей его саморазвития; обязательного массового участия сельского сообщества в разработке и реализации программ устойчивого развития сельских территорий; ответственности органов государственного и муниципального управления за положительные изменения основных индикаторов сельского развития и сокращение дифференциации сельских поселений по ключевым показателям устойчивого развития сельских территорий.

*Статья опубликована при финансовой поддержке гранта РГНФ № 14-12-13025 «Инструменты преодоления угроз развития сельского хозяйства региона в условиях членства России в ВТО».*

#### Список литературы

1. Госдума недовольна плохим питанием россиян: Режим доступа: <http://agroobzor.ru/anc/a-225.html>.
2. Глобальный стратегический механизм в области продовольственной безопасности и питания. Комитет по всемирной продовольственной безопасности ФАО. 38-я сессия. Рим. 17–22 окт. 2011. – С. 11.
3. Крылатых Э.Ю. Обеспечение продовольственной безопасности России и мира: возможности, риски, угрозы. – М: Изд-во ФГБНУ ВИАПИ Им. А.А. Никонова, 2011. – С. 3–5.
4. Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по содействию импортозамещению в сельском хозяйстве на 2014–2015 годы : Распоряжение Правительства РФ от 02.10.2014 № 1948-р // Собрание законодательства РФ. 2014. № 41. Ст. 866.
5. Расходы россиян на питание в 2015 году покажут рост до 55 проц. – эксперты: Зерновой портал Центрального Нечерноземья: Режим доступа: <http://zerno.avs.ru/news/57815.html>.

6. Ревенко Л. Продовольственная безопасность: решение возможно. – Режим доступа: [http://www.mgimo.ru/files/226753/2012-09\\_interaffairs\\_Revenko.pdf](http://www.mgimo.ru/files/226753/2012-09_interaffairs_Revenko.pdf).

7. Серова Е.В. К вопросу о продовольственной безопасности // Круглый стол по вопросам продовольственной и аграрной политики – М.: Московское представительство Citizensnetwork, 1996. – № 1. – С. 15–19.

8. Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. N 120 «Об Утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации»: Режим доступа: <http://www.rg.ru/2010/02/03/prod-dok.html>.

9. Ушачев И.Г. Продовольственная безопасность России в рамках глобального партнерства. – М.: Издательство ИП Насирддинова В.В., 2013. – С. 321.

10. ФАО, МФРСХ и ВПП. 2014 год. Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире – 2014. Улучшение благоприятной среды для продовольственной безопасности и питания. Рим, ФАО.

### References

1. Gosduma nedovolna plohim pitaniem rossijan: Rezhim dostupa: <http://agroobzor.ru/anc/a-225.html>.

2. Globalnyj strategicheskij mehanizm v oblasti prodovolstvennoj bezopasnosti i pitaniya. Komitet po vsemirnoj prodovolstvennoj bezopasnosti FAO. 38-ja sessija. Rim. 17–22 okt. 2011. pp. 11.

3. Krylatyh Je.Ju. Obespechenie prodovolstvennoj bezopasnosti Rossii i mira: vozmozhnosti, riski, ugrozy. M: Izd-vo FGBNU VIAPi Im. A.A. Nikonova, 2011. pp. 3–5.

4. Ob utverzhdenii plana meroprijatij («dorozhnoj karty») po sodejstviju importo-zameshheniju v selskom hozjajstve na 2014–2015 gody : Rasporjazhenie Pravitelstva RF ot 02.10.2014 no. 1948-r // Sобрание zakonodatelstva RF. 2014. no. 41. St. 866.

5. Rashody rossijan na pitanie v 2015 godu pokazhut rost do 55 proc. jeksperty: Zernovoj portal Centralnogo Nechernozemja: Rezhim dostupa: <http://zerno.avs.ru/news/57815.html>.

6. Revenko L. Prodovolstvennaja bezopasnost: reshene vozmozhno. Rezhim dostupa: [http://www.mgimo.ru/files/226753/2012-09\\_interaffairs\\_Revenko.pdf](http://www.mgimo.ru/files/226753/2012-09_interaffairs_Revenko.pdf).

7. Serova E.V. K voprosu o prodovolstvennoj bezopasnosti // Kруглый стол по во-просам продовольственной и аграрной политики М.: Московское представительство Cit-izensnetwork, 1996. no. 1. pp. 15–19.

8. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 30 janvarja 2010 g. N 120 «Ob Utverzhde-nii Doktriny prodovolstvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii»: Rezhim dostupa: <http://www.rg.ru/2010/02/03/prod-dok.html>.

9. Ushachev I.G. Prodovolstvennaja bezopasnost Rossii v ramkah globalnogo partnerstva. M.: Izdatelstvo IP Nasirddinova V.V., 2013. pp. 321.

10. FAO, MFRSH i VPP. 2014 god. Polozhenie del v svyazi s otsutstviem prodovol-stvennoj bezopasnosti v mire 2014. Uluchshenie blagoprijatnoj sredy dlja prodovol-stvennoj bezopasnosti i pitaniya. Rim, FAO.

### Рецензенты:

Якимова О.Ю., д.э.н., профессор кафедры мировой экономики и менеджмента АНОО ВО Центросоюза РФ «Российский университет кооперации», г. Москва;

Зинина Л.И., д.э.н., профессор кафедры статистики, эконометрики и информационных технологий в управлении, ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск.

УДК 330.342.3/4

## ПОЗИЦИИ РОССИИ И КАЗАХСТАНА В РЕЙТИНГЕ ИНДЕКСА ГЛОБАЛЬНОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

**Родионова И.А., Мухамеджанов А.М.**

*ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, e-mail: iarodionova@mail.ru, ammukhamejanov@gmail.com*

Статья посвящена анализу позиций России и Казахстана в рейтинговых таблицах по международным интегральным индексам, характеризующим готовность стран к переходу на инновационный путь развития. Анализируются позиции России и Казахстана в рейтингах Индекса экономики знаний (The Knowledge Economy Index), Индекса инновационного развития (The Global Innovation Index), Индекса готовности стран к сетевой экономике (Networked Readiness Index). Отмечается, что в рейтинге Индекса глобальной конкурентоспособности (2014–2015) Россия поднялась на 53-е место. Среди республик бывшего СССР Россия пропустила вперед Эстонию (32 место), Литву (48), Азербайджан (46), Казахстан (50) и Латвию (52). Проведено сопоставление изменения позиций России и Казахстана по всем 12-ти составляющим Индекса глобальной конкурентоспособности, характеризующим базовые условия развития экономики, факторы эффективности и инноваций, на две даты: рейтинг 2011–2012 гг. и 2014–2015 гг. Основная цель анализа рейтинговых таблиц международных индексов состоит в выявлении сильных и слабых сторон конкурентоспособности стран, что позволит выделить приоритетные области для формирования политики экономического развития и проведения ключевых реформ в России и Казахстане.

**Ключевые слова:** Россия, Казахстан, рейтинг, индекс, конкурентоспособность, экономика, стадии развития, факторы эффективности, факторы инноваций

## GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX: POSITIONS OF RUSSIA AND KAZAKHSTAN

**Rodionova I.A., Muhamedzhanov A.M.**

*Russian Peoples' Friendship University, Moscow, e-mail: iarodionova@mail.ru, ammukhamejanov@gmail.com*

The article is devoted to the analysis of the positions of Russia and Kazakhstan in the rankings of international integral indexes. They characterize the country's readiness for the transition to innovative development. The article analyzes the position of Russia and Kazakhstan in the rankings of Knowledge Economy Index, The Global Innovation Index, Networked Readiness Index. It is noted that in the ranking of The Global Competitiveness Index (2014–2015) Russia climbed to 53rd place. Among the former Soviet republics Russian forward missed Estonia (32th), Lithuania (48), Azerbaijan (46), Kazakhstan (50) and Latvia (52). A comparison of changes in the positions of Russia and Kazakhstan was done. The analysis was performed at all 12 components of The Global Competitiveness Index which characterizes the basic conditions for economic development, factors of efficiency and innovation, on two dates: in the rating of 2011–2012 and 2014–2015. The main purpose of the analysis of rating tables international indices is to identify the strengths and weaknesses of the positions in the competitiveness of countries. This will highlight the priority areas for the formulation of directions of economic development and implementation of key reforms in Russia and Kazakhstan.

**Keywords:** Russia, Kazakhstan, rating, index, competitiveness, economic, stage of development, efficiency factors, factors of innovation

### Постановка проблемы

В данной статье сопоставляются позиции России и Казахстана в международных рейтингах. Следует напомнить, какие сложные процессы происходили в последние два с половиной десятилетия на постсоветском пространстве. В экономике стран СНГ происходила перестройка хозяйства при переходе «от плана к рынку» и до сих пор еще не закончились трансформационные процессы. Россия и Казахстан проводят структурные преобразования экономики в сторону развития наукоемких отраслей и информационных технологий, но пока не слишком успешно. Процесс оказался длительным и сложным. Не раз уже отмечалось, что сырьевая ориентация экспорта России и Казахстана эффективна в обеспечении высоких

показателей макроэкономической среды в среднесрочной перспективе (и только при высоких ценах на энергоносители), но в современной ситуации и в долгосрочной перспективе – высокая доля сырья в структуре экспорта губительна для экономики наших стран. Важно понять, почему не растет конкурентоспособность продукции наших стран. Почему до сих пор не изменилась структура экспорта? Почему Россия и Казахстан в большинстве международных рейтингов занимают позиции ниже 50-й? Может ли измениться ситуация в лучшую сторону? По каким позициям наши страны отстают не только от лидеров мировой экономики, но и от многих развивающихся стран (судя по соседям в рейтинговых таблицах)?

Поэтому по-прежнему весьма актуальными являются вопросы о внедрении инновационных технологий в промышленное и сельскохозяйственное производство, о государственной поддержке высокотехнологического сектора экономики, о развитии малого и среднего бизнеса, о развитии человеческого капитала, о широком внедрении информационно-коммуникационных технологий и логистических систем, о привлечении финансовых ресурсов в реальный сектор экономики, в том числе иностранных инвестиций, о повышении инновационной активности организаций, а также о продвижении конкурентоспособной продукции России и Казахстана на мировые рынки.

Цель исследования – проанализировать позиции России и Казахстана в международных рейтингах инновационного развития и в Индексе глобальной конкурентоспособности. Данная статья является частью серии статей, в которых авторы характеризовали позиции России в международных рейтингах в сравнении со странами СНГ [10], а также в сравнении с государствами Центрально-Восточной Европы [9].

Именно выявление сильных и слабых сторон конкурентоспособности стран (в том числе согласно авторитетному рейтингу «Индекса глобальной конкурентоспособности») может помочь при формулировании политики экономического развития и в проведении необходимых реформ в России и Казахстане.

**Позиции России и Казахстана в международных рейтингах инновационного развития.** Во многих странах мира происходит техническое перевооружение и модернизация производственной и инфраструктурной базы хозяйства. Растут объемы вложений и доля расходов на НИОКР относительно размеров ВВП стран. Но по расходам на НИОКР в пересчете на душу населения Россия и Казахстан еще очень значительно отстают от стран-лидеров мировой экономики [1]. А именно эти и многие другие показатели интегральных индексов характеризуют уровень развития экономики, основанной на знаниях. Но ведь именно в этом направлении стараются развиваться наши государства. Поэтому следует обратить внимание на выявление позиций, где проигрывают Россия и Казахстан, на те показатели, которые стали даже несколько ухудшаться даже по сравнению с периодом развития наших стран в составе бывшего СССР.

Так, например, The Knowledge Economy Index – «Индекс экономики знаний» оценивает данные по 145 странам мира по 109 показателям, согласно методике Всемирного

банка [8]. Первый из 4 блоков показателей характеризует условия, в которых развивается экономика и общество в целом. Это показатели экономического и институционального режима (The Economic Incentive and Institutional Regime). Второй блок критериев характеризует уровень образования населения и качество человеческого потенциала (Education and Human Resources). Третий блок оценивает степень развития национальной инновационной системы (The Innovation System). Четвертый блок показателей отражает уровень развития информационной и коммуникационной инфраструктуры (Information and Communication Technology).

Лидирующие позиции в данном рейтинге занимают небольшие страны Западной Европы (Швеция, Финляндия, Дания, Нидерланды, Норвегия). У России – 55-е место из 145 (ее опережают из республик бывшего СССР Эстония, Латвия и Литва); у Казахстана – 73-е место (в 2011–2012 гг.) из 145 соответственно. Это очень даже низкие позиции, учитывая общий высокий уровень образования и человеческого капитала в России и Казахстане еще со времен их развития в рамках СССР.

The Global Innovation Index – «Индекс инновационного развития» оценивает уровень создания и внедрения инноваций по 81 показателю и по 143 странам мира, в которых проживает 95% населения нашей планеты, и на которые приходится 99,5% мирового ВВП (2014 г.) [7]. Сопоставляются показатели инновационных затрат (ресурсы и условия для проведения инноваций – Innovation Input) и результаты осуществления инноваций (Innovation Output). Первый блок оценивает элементы национальной экономики: институты, уровень развития человеческого капитала и научных исследований, инфраструктура, развитость рынка, развитость бизнеса. Второй блок показателей характеризует результаты в области знаний, инноваций и технологий, в области творчества. Иными словами, Индекс иллюстрирует эффективность усилий по внедрению инноваций в той или иной стране.

Лидируют в данном рейтинге Швейцария, Великобритания, Швеция, Финляндия, Нидерланды, США, Сингапур, Дания, Люксембург (список лидеров практически не менялся в последние годы). В рейтинговой таблице Россия в 2013 г. была на 62-м месте (среди 142 стран и территорий), а в 2014 г. поднялась вверх на 13 позиций, и заняла 49-е место в списке из 143 стран. Как и в Индексе экономики знаний, отмечается, что сильные стороны России свя-

заны с качеством человеческого капитала (30-е место), уровнем развития знаний и технологий (34-е), уровнем развития бизнеса (43-е). Но далее позиции России по разным показателям ниже 50-го места. По уровню развития инфраструктуры – 51-е. В значительной степени мешают развитию в нашей стране инноваций несовершенные институты (88-е место) – это в целом понятно. Но, что удивительно, мешает и слабый уровень развития внутреннего рынка (111-е место), а также низкие показатели результатов творческой деятельности (72-е место), и это при общеизвестных во всем мире креативных способностях населения России. В рейтинговой таблице Россию опережают Эстония, Латвия, Литва и Молдова. Позиция Казахстана в рейтинге 2014 г. – 79-е место [3]. Фактически же проблемы в России и Казахстане аналогичные.

Networked Readiness Index – «Индекс готовности стран к сетевой экономике» оценивает общество по показателям, характеризующим: 1) наличие сетевой инфраструктуры в разных сферах экономики и общества; 2) готовность к использованию сетевой инфраструктуры (в деловой среде и государственных структурах, среди населения); 3) реальный уровень использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [12]. С 2001 г. ежегодно страны ранжируются по данному Индексу. Анализируемыми критериями являются: уровень использования сетевых технологий и сопутствующие этому процессу факторы (уровень доступа к сетевым технологиям, политика в области сетевых технологий, уровень развития сетевого общества: обучение с использованием сетевых технологий, возможности ИКТ, социальный капитал; уровень развития сетевой экономики: электронная торговля, электронное правительство, общая инфраструктура).

Первые места в рейтинговой таблице 2014 г. занимали Финляндия, Сингапур, Швеция, Нидерланды, Норвегия. Казахстан занимает в рейтинге 38-ю позицию из 148 стран (в 2013 г. страна занимала 43-ю позицию из 144 анализируемых стран). Россия в рейтинговой таблице 2014 г. находится на 50-м месте (годом ранее страна была в рейтинге на 54-й позиции). Можно отметить, что страны с каждым годом поднимаются в рейтинге на более высокие позиции. Так, в рейтинге 2008–2009 гг. Казахстан занимал 73-е место, а Россия – 74-е [12]. Однако позиции наших стран в рейтинговых таблицах явно невысокие. Нельзя забывать о том, что в эпоху перехода к постиндустриальной стадии развития именно ИКТ играют основную роль в повышении производи-

тельности труда, и, как главный результат, в росте конкурентоспособности стран мира.

Все вышеназванные и многочисленные другие международные рейтинги сравнивают страны мира с точки зрения характеристики условий, в которых развивается экономика и общество в целом. При этом именно наука и инновации, знания и высокая квалификация персонала, высокий уровень развития человеческого капитала играют важнейшую роль в формировании постиндустриальной модели развития. Чтобы быть первыми, надо обладать мощным научно-техническим потенциалом и высоким уровнем образования населения, включающим обучение с использованием сетевых технологий, обладать развитой финансовой и банковской системой, развитым рынком и конкурентоспособной продукцией, востребованной не только на внутреннем, но и на мировом рынке. ВЭФ определяет конкурентоспособность как набор институтов, политических мер и факторов, обуславливающих уровень производительности страны. Отмечают при этом, что наиболее конкурентоспособные страны способны обеспечивать более высокий уровень дохода для своих граждан [2].

**Индекс глобальной конкурентоспособности.** ВЭФ проводятся ежегодные с 2004 г. исследования – рассчитываются два индекса, на основе которых составляются рейтинги стран: «Индекс глобальной конкурентоспособности» (Global Competitiveness Index, GCI) и «Индекс конкурентоспособности бизнеса» (Business Competitiveness Index) [11].

Рассмотрим позиции, которые занимают Россия и Казахстан непосредственно в рейтинговых таблицах за 2011–2012 и 2014–2015 гг.) Интегральный индекс GCI рассчитывается по 113 показателям, сгруппированным по трем основным позициям: а) базовые условия (Basic requirements); б) факторы эффективности (Efficiency enhancers); в) факторы инноваций (Innovation and sophistication factors). Для каждой из 148 стран мира (на 2014–2015 гг.) отчет ВЭФ содержит детальные описания национальных экономик с подробными итогами по общей позиции в рейтинге и по составляющим Индекса, в том числе отмечаются наиболее выдающиеся конкурентные преимущества государств мира и их недостатки. Конкурентоспособность стран мира, находящихся на разных уровнях экономического развития, характеризуется по 12 слагаемым (суммарно это 113 показателей). К базовым условиям развития отнесены: «Качество институтов», «Инфраструктура», «Макроэкономическая сре-

да», «Здоровье и начальное образование». Они являются ключевыми для экономики, движимой факторами. В качестве *факторов эффективности* выделяют такие, как: «Высшее образование и профессиональная подготовка», «Эффективность рынка товаров и услуг», «Эффективность рынка труда», «Развитость финансового рынка», «Технологический уровень», «Размер внутреннего рынка». Эти факторы являются ключевыми для экономики, движимой эффективностью. В качестве *факторов инноваций* выделяют: «Конкурентоспособность компаний» и «Инновационный потенциал». Именно эти показатели названы ключевыми для экономики, движимой инновациями. Даже простое перечисление 12 слагаемых конкурентоспособности уже свидетельствует о широчайшем охвате исследованием разных сторон и сфер экономики государств (таблица).

В самом начале рейтинговой таблицы разместились самые конкурентоспособные (согласно данной совокупности индикаторов) экономики мира: Швейцария, Сингапур, США, Финляндия, Германия, Япония, Гонконг, Нидерланды, Великобритания, Швеция и другие развитые страны.

В рейтинговой таблице 2010–2011 гг. и 2011–2012 гг. Россия занимала 63-ю позицию, рейтинге 2013–2014 гг. – 64-ю позицию, а в рейтинге 2014–2015 – уже 53-ю позицию [11]. Положение России в этом

международном рейтинге улучшилось во многом за счет макроэкономических факторов и благодаря низкому уровню государственного долга. К наиболее значимым конкурентным преимуществам российской экономики следует отнести высокую распространенность высшего образования, состояние инфраструктуры и значительный объем внутреннего рынка. Но при этом возможности эффективно воспользоваться своими конкурентными преимуществами России мешают следующие недостатки: невысокий инновационный потенциал (78-е место), неэффективная антимонопольная политика (116-е), низкая эффективность работы государственных институтов (118-е место), неразвитость финансового рынка (121-е место), дефицит доверия инвесторов к финансовой системе (132-е место), низкий уровень конкуренции на рынках товаров и услуг (135-е место). В качестве ключевых проблем для экономического развития России, тормозящих рост конкурентоспособности, авторы доклада ВЭФ называют коррупцию, неэффективность работы государственного аппарата, высокие налоговые ставки и др. [6].

Среди стран бывшего СССР в рейтинговой таблице Индекса глобальной конкурентоспособности (за 2014–2015 гг.) Россию опережают Эстония (32-е место), Литва (48-е), Азербайджан (46-е), Казахстан (50-е) и Латвия (52-е).

Позиции России и Казахстана: составляющие Индекса глобальной конкурентоспособности

Составляющие Индекса глобальной конкурентоспособности	Россия		Казахстан	
	Место в рейтинге, 2011–2012	Место в рейтинге, 2014–2015	Место в рейтинге, 2011–2012	Место в рейтинге, 2014–2015
Индекс глобальной конкурентоспособности	63	53	72	50
Базовые условия	63	44	62	51
1-е слагаемое: институты	128	97	94	57
2-е слагаемое: инфраструктура	48	39	82	62
3-е слагаемое: макроэкономическая среда	44	31	18	27
4-е слагаемое: здоровье и начальное образование	68	56	85	96
Факторы эффективности	55	41	76	48
5-е слагаемое: высшее образование и профессиональная подготовка	52	39	65	62
6-е слагаемое: эффективность рынка товаров и услуг	128	99	87	54
7-е слагаемое: эффективность рынка труда	65	45	21	15
8-е слагаемое: развитость финансового рынка	127	110	121	98
9-е слагаемое: технологический уровень	68	59	87	61
10-е слагаемое: размер рынка	8	7	55	52
Факторы инноваций	97	75	114	89
11-е слагаемое: конкурентоспособность компаний	114	86	109	91
12-е слагаемое: инновационный потенциал	71	65	116	85

Примечание. Составлено по: The Global Competitiveness Report 2011–2012; The Global Competitiveness Report 2014–2015.

Тем не менее, Россия поднялась на 53-е место. Проведем сопоставление – как изменились позиции России и Казахстана по всем 12-ти составляющим Индекса глобальной конкурентоспособности, характеризующим базовые условия развития экономики, факторы эффективности и факторы инноваций на две даты: рейтинг 2011–2012 гг. и 2014–2015 гг. (таблица).

Несмотря на то, что позиции в рейтинговых таблицах улучшаются, экономики России и Казахстана по-прежнему сталкиваются с многочисленными проблемами, которые необходимо решать для укрепления конкурентоспособности. Так, по-прежнему низки позиции по показателям институциональной сферы (97-я у России и 57-я у Казахстана). Уровень коррупции и фаворитизма по-прежнему высок в обеих странах. И напротив невысоко доверие к независимости судебной власти. Низки в экономике позиции сектора малого и среднего бизнеса, что просто необходимо для диверсификации экономики.

Среди довольно крепких позиций России – хорошо образованное население (39-е место), довольно высокий уровень информационных технологий (47-е место). Но не слишком велик потенциал для инновационного развития (65-е место). Причем ожидается, что санкции против России со стороны США и ЕС в связи событиями на Украине – будут прямой угрозой конкурентоспособности, так как возможно сократится государственное финансирование образования и инновационных секторов экономики страны. Кроме того, санкции ограничат доступ к зарубежным технологиям, снижается также объем поступления иностранных инвестиций [6].

Позиции Казахстана в рейтинге выше, чем у России (общее 50-е место) [5]. В Индексе глобальной конкурентоспособности 2014–2015 года Казахстан расположился в группе стран переходной от 2-й стадии (стадия эффективного развития) к 3-й стадии (стадия инновационного развития) [4]. Согласно оценке экспертов ВЭФ важными конкурентными преимуществами Казахстана, причем с улучшающимися показателями остаются в 2014–2015 гг. эффективность рынка труда (15-е место, а в 2011 г. – 21-е) и макроэкономическая среда (27-е место, в 2011 г. – 18-е). Наиболее слабые позиции Казахстана фиксируются по таким составляющим рейтинга конкурентоспособности, как здоровье (здравоохранение) и начальное образование (96-е место – произошло ухудшение ситуации!), развитие финансового рынка (98-е место), конкурентоспособность компаний (91-е) и инновационный

потенциал (85-е). [5]. На среднем уровне Казахстан находится в рейтинге по таким позициям, как: размер рынка – 52-е место (в 2011 г. – 55-е); эффективность рынка товаров – 54-е место (в 2011 г. – 87-е), институты – 57-е место (в рейтинге 2011 г. было 94-е место), технологическая готовность – 61-е место (в 2011 г. – 87-е) инфраструктура – 62-е (в 2011 г. – 82-е), высшее образование и профессиональная подготовка – 62-е (в 2011 г. – 65-е) (таблица).

Анализ показал, что по сравнению с рейтингом 2011–2012 гг. позиции России и Казахстана улучшились практически по всем составляющим Индекса. Но следует помнить, что пути продвижения стран СНГ (в т.ч. России и Казахстана) к формированию «экономики знаний» разные. Хотя страны в своих национальных Стратегиях развития ставят перед собой серьезные планы по совершенствованию структуры экономики и переходу на инновационный путь развития. Оба государства в силах улучшить эффективность рынка. Пока рост выглядит не слишком убедительно. И еще встает вопрос. Где же наше форсированное индустриально-инновационное развитие?

#### Заключение

В условиях глобализации и усиления конкурентной борьбы на мировых рынках товаров и услуг государствам необходимо сосредоточить усилия на политике создания конкурентоспособной продукции. Анализ составляющих Индекса глобальной конкурентоспособности показал, что ни Россия, ни Казахстан не входят в группу лидеров, хотя по отдельным показателям были показаны неплохие результаты. Но вопросов больше, чем ответов.

Так, нельзя считать конкурентным преимуществом экономики России и Казахстана обеспеченность разнообразными природными ресурсами. А ориентированность на экспорт минерального сырья – является уже явным тормозом развития и модернизации. Как показал анализ, среди задач, которые требуется решать на пути роста конкурентоспособности, особое место занимает проблема развития институциональной среды. Отстают от уровня стран ОЭСР и финансовые рынки стран СНГ, как в плане эффективности, так и в плане надежности. Не являются особо эффективными и рынки товаров и услуг, и рынки труда. По-прежнему эксперты ВЭФ ключевыми проблемами ведения бизнеса для России и Казахстана определяют коррупцию, трудности доступа к финансированию, налоговое законодательство, неэффективность деятельности госаппарата, уровень налогов, неадекватность инфраструктуры и т.д.

В целом же необходимо глубокое и детальное изучение всех составляющих Индекса глобальной конкурентоспособности для того, чтобы выделить приоритетные области для формулирования политики экономического развития и проведения реформ в наших странах. Реализация инновационно-инвестиционной (или индустриально-инновационной) политики на деле, а не только в текстах принимаемых документов и разрабатываемых Стратегий позволит России и Казахстану занять более достойное место в глобальной экономике, и соответственно, в международных рейтингах.

### Список литературы

1. Антипова Е.А., Родионова И.А. География научной сферы в условиях глобализации мировой экономики // Вестник БГУ. Серия 2: Химия, Биология, География. – 2014. – № 1. – С. 71–77.
2. Доклад о конкурентоспособности России, 2011. Закладываем фундамент устойчивого процветания. Евразийский институт конкурентоспособности. World Economic Forum. Committed To Improving The State Of The World. 2011.
3. Исследование INSEAD: Глобальный индекс инноваций 2014 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurosvita.net/index.php/?category=1&id=3407> (дата обращения: 20.06.2015).
4. Казахстан в Индексе глобальной конкурентоспособности ВЭФ 2012–2013. Астана, 2012. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.economy.kz/analytics/971/9729/> (дата обращения: 23.06.2015).
5. Почему не растет конкурентоспособность Казахстана. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://forbes.kz/process/expertise/pochemu\\_ne\\_rastet\\_konkurentosposobnost\\_kazahstana](http://forbes.kz/process/expertise/pochemu_ne_rastet_konkurentosposobnost_kazahstana) (дата обращения: 23.06.2015).
6. РФ поднялась в рейтинге конкурентоспособности стран. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vestifinance.ru/articles/46483> (дата обращения: 23.06.2015).
7. Global Innovation Index 2014. The Human Factor in Innovation. INSEAD (The Business School for the World) and the World Intellectual Property Organization (WIPO). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.wipo.int/econ\\_stat/en/economics/gii](http://www.wipo.int/econ_stat/en/economics/gii) (дата обращения: 20.06.2015).
8. Knowledge Economy Index. The World Bank Group, 2012 – Knowledge for Development. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM\\_page5.asp](http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM_page5.asp) (дата обращения: 10.06.2014).
9. Rodionova I., 2013. Competitiveness of countries in the world innovation economy: East-Central Europe and Russia // *Quaestiones Geographicae* 32(2): 15–24, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.degruyter.com/view/j/quageo.2013.32.issue-2/quageo-2013-0010/quageo-2013-0010.xml?format> (дата обращения: 10.06.2015).
10. Rodionova I., Gordeeva A., 2010. Human development index and informatisation of society in CIS // *Bulletin of Geography Socio-economic Series* no. 13/2010, pp. 79–87. ISSN: 17324254. DOI: 10.2478/v10089-010-0006-1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.bulletinofgeography.umk.pl/13\\_2010/06\\_rodionowa.html](http://www.bulletinofgeography.umk.pl/13_2010/06_rodionowa.html) (дата обращения: 10.06.2015).
11. The Global Competitiveness Report, 2014–2015. World Economic Forum, 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2014-2015> (дата обращения: 20.06.2015).
12. The Global Information Technology Report 2014. Rewards and Risks of Big Data (Networked Readiness Index). World Economic Forum and INSEAD. Geneva, 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2014/> (дата обращения: 20.06.2015).

### References

1. Antipova E.A., Rodionova I.A. Geografija nauchnoj sfery v uslovijah globalizacii mirovoj jekonomiki // *Vestnik BGU. Serija 2: Himija, Biologija, Geografija*. 2014. no. 1. pp. 71–77.
2. Doklad o konkurentosposobnosti Rossii, 2011. Zakladyvaja fundament ustojchivogo procvetaniya. Evrazijskij institut konkurentosposobnosti. World Economic Forum. Committed To Improving The State Of The World. 2011.
3. Issledovanie INSEAD: Globalnyj indeks innovacij 2014 goda. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.eurosvita.net/index.php/?category=1&id=3407> (data obrashhenija: 20.06.2015).
4. Kazahstan v Indekse globalnoj konkurentosposobnosti VJeF 2012–2013. Astana, 2012. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.economy.kz/analytics/971/9729/> (data obrashhenija: 23.06.2015).
5. Pochemu ne rastet konkurentosposobnost Kazahstana. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://forbes.kz/process/expertise/pochemu\\_ne\\_rastet\\_konkurentosposobnost\\_kazahstana](http://forbes.kz/process/expertise/pochemu_ne_rastet_konkurentosposobnost_kazahstana) (data obrashhenija: 23.06.2015).
6. RF podnjalas v rejtinge konkurentosposobnosti stran. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.vestifinance.ru/articles/46483> (data obrashhenija: 23.06.2015).
7. Global Innovation Index 2014. The Human Factor in Innovation. INSEAD (The Business School for the World) and the World Intellectual Property Organization (WIPO). [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://www.wipo.int/econ\\_stat/en/economics/gii](http://www.wipo.int/econ_stat/en/economics/gii) (data obrashhenija: 20.06.2015).
8. Knowledge Economy Index. The World Bank Group, 2012 Knowledge for Development. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM\\_page5.asp](http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM_page5.asp) (data obrashhenija: 10.06.2014).
9. Rodionova I., 2013. Competitiveness of countries in the world innovation economy: East-Central Europe and Russia // *Quaestiones Geographicae* 32(2): 15–24, [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.degruyter.com/view/j/quageo.2013.32.issue-2/quageo-2013-0010/quageo-2013-0010.xml?format> (data obrashhenija: 10.06.2015).
10. Rodionova I., Gordeeva A., 2010. Human development index and informatisation of society in CIS // *Bulletin of Geography Socio-economic Series* no. 13/2010, pp. 79–87. ISSN: 17324254. DOI: 10.2478/v10089-010-0006-1. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://www.bulletinofgeography.umk.pl/13\\_2010/06\\_rodionowa.html](http://www.bulletinofgeography.umk.pl/13_2010/06_rodionowa.html) (data obrashhenija: 10.06.2015).
11. The Global Competitiveness Report, 2014–2015. World Economic Forum, 2014. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2014-2015> (data obrashhenija: 20.06.2015).
12. The Global Information Technology Report 2014. Rewards and Risks of Big Data (Networked Readiness Index). World Economic Forum and INSEAD. Geneva, 2014. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2014/> (data obrashhenija: 20.06.2015).

### Рецензенты:

Шкваря Л.В., д.э.н., профессор, кафедра политической экономики, экономический факультет, Российский университет дружбы народов, г. Москва;

Воронин В.П., д.э.н., профессор, кафедра теории экономики, товароведения и торговли. Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж.



УДК 339.138:638.16(470.325)

## МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКУПАТЕЛЬСКОГО ПРЕДПОЧТЕНИЯ НА МЕД НА ПРИМЕРЕ РЫНКА МЕДА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Роздольская И.В., Гришкова Н.С., Яковлева Л.Р.**

*АНО Высшего Профессионального Образования «Белгородский университет кооперации, экономики и права», Белгород, e-mail: KAF-MM@buket.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию покупательского предпочтения на мед на примере рынка меда Белгородской области. В статье рассмотрены состояние пчеловодства в России и в Белгородской области, основные задачи, стоящие в изучении покупательского предпочтения на мед, и на его продукцию, исследованы основные производители меда в Белгородской области, основные каналы сбыта, выявлены факторы, влияющие на поведение потребителя, представлены результаты проведенного маркетингового исследования с использованием количественного метода исследования на примере рынка меда Белгородской области. По результатам проведенного исследования выявлено, что основными потребителями меда являются женщины, которые соответственно покупают его для потребления всей семьи. Средний уровень дохода основного потребителя от 10 до 20 тыс. руб., что соответствует среднему доходу по Белгородской области, потребитель проживает в городе, его средний возраст от 40 до 55 лет. Потребители меда в основном предпочитают натуральный мед, без добавок, однако для расширения ассортимента можно предложить использовать мед с различными натуральными добавками. Такие виды меда наиболее будут привлекательны для рыночного сегмента потребителей, которые используют мед для медицинских целей.

**Ключевые слова:** маркетинговые исследования, количественные методы исследования, рынок меда, анкетный опрос, изучение потребителей, покупательские предпочтения, поведение потребителей в процессе совершения покупки

## MARKETING STUDY OF HONEY BUYERS' PREFERENCES (THE BELGOROD OBLAST HONEY MARKET AS A CASE STUDY)

**Rozdolskaya I.V., Grishkova N.S., Yakovleva L.R.**

*Autonomous Non-Profit Organization of Higher Professional Education «Belgorod University of Cooperation, Economics and Law», Belgorod, e-mail: KAF-MM@buket.r*

The given article is dedicated to the study of honey buyers' preferences with the Belgorod Oblast honey market taken as a case study. The paper dwells on the situation in beekeeping in Russia and the Belgorod Oblast, main challenges connected with the study of honey buyers' preferences and its products, the main distribution channels; reveals the factors, which influence consumer behavior, provides the results of the marketing study with the application of quantitative method on the Belgorod Oblast honey market. According to the results of the study the paper reveals that the main honey consumers are women who correspondingly buy it for consumption in their families. The average income of the main buyer is from 10,000 to 20,000 Rubles, which corresponds to the average income in the Belgorod Oblast; she lives in town and her average age is from 40 to 55. In the main, the honey consumers prefer natural honey without any additives but in order to expand the assortment it is possible to offer honey with different natural additives. Such kinds of honey would be most attractive for the market segment of the buyers who use honey with treatment purposes.

**Keywords:** marketing study, quantitative research methods, honey market, questionnaire survey, consumers' study, buyers' preferences, consumer behavior during purchasing process

Рассматривая индустрию пчеловодства, следует подчеркнуть что Россия в качестве производителя мёда обеспечивает около 4% от общемирового объема производства мёда.

В современных условиях произошли как количественные, так и принципиальные качественные сдвиги в российской отрасли пчеловодства. Согласно статистическим данным, производство меда выросло на 10–20%, вместе с тем количество семей пчел при этом сократилось примерно на треть. Следует отметить, что лидирующие позиции в производстве мёда занял частный сектор. В настоящее время на рынок выходят частные компании, которые ориентированы на оптовые закупки, переработку, фасовку

и торговлю медом; производство специализированного инвентаря, специальных препаратов для борьбы с болезнями пчел; терапевтические и косметические средства и другую продукцию.

Увеличение числа частных компаний на российском рынке мёда способствует усилению конкуренции между производителями мёда. Во многом ситуацию усложнило увеличение объемов импорта дешевого мёда из стран «ближнего» и «дальнего» зарубежья. В результате для многих отечественных пчеловодов актуальной стала проблема сбыта произведенной продукции мёда. По мнению экспертов, развитие российской отрасли производства мёда в перспективе будет зависеть от эффективных методов

продвижения и продаж собственной продукции. Это подчеркивает несомненную практическую значимость заявленных нами исследований.

Российские производители мёда находятся сегодня в сложных условиях. Одним из факторов выступает значительный объём импортных поставок мёда по демпинговым ценам.

Отрасль пчеловодства поддерживается со стороны государства – выделяются ассигнования и дотации из федерального бюджета и оказывается помощь со стороны органов местных властей. Рынок мёда, как и рынки других продовольственных товаров, защищен тарифными барьерами – импортными пошлинами. Несмотря на всякие преграды за последние несколько лет в отрасли пчеловодства наметилась положительная динамика развития основных показателей. Так, с 2009 года на 20% выросло количество разводимых пчелосемей, достигнув к 2014 году 120 тысяч.

В Белгородской области пчеловодство – древнейший промысел и излюбленное занятие людей, доходное и увлекательное дело. Пчеловодство как отрасль необходимо в сельском хозяйстве области, так как оно производит важные для человека мёд, прополис, воск, мумие, пчелиный яд, маточное молочко.

Губернатор и правительство Белгородской области большое внимание уделяют развитию пчеловодства, так как мёд ценится как натуральный чистый продукт и является ценным продуктом питания. В качестве повышения конкурентоспособности производства мёда губернатором и правительством области разработана программа «Увеличение потребления мёда населением Белгородской области к 2018 году до 10 килограммов в год на 1 человека.

На территории области более 7400 человек занимаются производством мёда, из которых 70% пчеловодов находятся в возрастной категории от 45 до 60 лет.

Согласно базовому сценарию развития рынка мёда, динамика в ближайшие годы останется положительной. За последние 5 лет валовое производство мёда увеличилось с 1181 тонны до прогнозных 3700 тонн в 2014 году. Средняя продуктивность пчелосемьи на протяжении ряда лет составляет около 30–33 кг. Кроме мёда, в области производятся и другие продукты пчеловодства: прополис, воск, пыльца и другое.

Белгородский медовый рынок во многом сохраняет признаки развития рынка, однако в рамках принятой программы увеличения потребления мёда жителями Белгородской области, возникла необходимость проведе-

ния маркетинговых исследований, которые могли бы прояснить ситуацию на этом рынке [10, 11, 13].

Маркетинговое исследование представляет собой систематическое и объективное выявление, сбор, анализ, распространение и использование информации для повышения эффективности и идентификации и решения маркетинговых проблем [1, 2, 3, 4]. На территории каждого муниципального образования ведётся развитие пчелопарков по производству мёда и частичной его переработке, продукции пчеловодства.

Основными производителями мёда в Белгородской области являются Ровеньский район, Старооскольский городской округ, Ивнянский, Новооскольский и Алексеевский районы. Существенный потенциал по развитию отрасли не используется Белгородским, Ракитянским и Грайворонским районами.

Производимый на территории области мёд реализуется по 4 основным каналам: учреждения образования, общественного питания, через проводимые на территории региона ярмарки и выставки, учреждения здравоохранения и социальной защиты населения. А также через розничные сети.

Производителю (пчеловоду) необходимо научиться влиять на покупательское поведение конечных потребителей, то есть физических лиц или семей, которые приобретают товары и услуги для личного потребления.

Изучение потребителей мёда – один из наиболее востребованных видов исследований, ведь именно потребители, покупают мёд у различных производителей, предпочитая различные сорта, определенного объема, в разной упаковке. Неудивительно, что потребитель находится в центре внимания любого маркетингового исследования. Изучая потребителей мёда, их желания, предпочтения, продавцы могут предложить им именно то, в чем они нуждаются. При этом продавцы смогут удовлетворить потребности своих потребителей лучше, чем конкуренты [5, 14, 17].

Основной задачей в процессе изучения потребителей мёда является выявление факторов, влияющих на поведение потребителя. Однако для того, чтобы успешно развиваться и конкурировать на рынке, имеет смысл своевременно предвидеть различного рода изменения в предпочтениях потребителей, чтобы вовремя внести изменения в сам продукт, оптимизировать каналы продвижения и рекламную стратегию, то есть скорректировать все компоненты комплекса маркетинга. В этих целях следу-

ет иметь определенную информацию: кто, когда, где, как, что и почему приобретает, степень важности различных критериев товара на различных этапах процесса принятия решения о покупке, а также намерения потребителей [6].

Для того, чтобы правильно интерпретировать сведения о продажах и делать оценку результатов позиционирования меда, необходима своевременная объемная информация о поведении потребителей в процессе совершения покупки и после них.

Чтобы получить лучшее понимание того, как потребители воспринимают мед, а также то, как они используют его, были проведены маркетинговые исследования потребительских предпочтений. В этих целях был использован количественный метод исследования – анкетный опрос. Для этого была разработана анкета. В опросе приняли участие 90 человек. Это были мужчины и женщины в возрасте от 18 и старше 55 лет.

Опрашивались респонденты разных видов деятельности: студенты, служащие, рабочие, домохозяйки, пенсионеры.

По данным исследования рынка меда, можно сделать вывод, что большинство опрошенных респондентов потребляют продукцию пчеловодства, в основном мед – 61,36%, прополис – 22,72%, маточное молочко – 6,81%, воск – 6,81%, пергу – 2,27% (рис. 1).

В ходе исследования сортовых предпочтений меда потребителями выяснилось, что потребители предпочитают различные сорта меда, такие как цветочный – 68,96%, гречишный – 31,03%, липовый – 27,58%, луговой – 10,3%, подсолнечный – 6,89%, акациевый – 3,45%, другие сорта – 3,45%.

При исследовании предпочтения потребителями места приобретения меда, выявлено, что 47,8% приобретают мед у пчеловодов-любителей, 25% потребителей приобретают мед на рынке, 13,6% – у частных пчеловодческих хозяйств, 6,8% – на специализированных ярмарках и только 4,54% – в торговых сетях. Никто из опрошиваемых не знает, что имеется магазин «Пчелка», где можно приобрести качественный мед. Большинство респондентов, которые отвечали на наши вопросы, старается приобрести мед у пчеловодов-любителей, а если нет такой возможности, то покупают на специализированной ярмарке. Такие предпочтения, к сожалению, связаны с тем, что многие потребители считают, что мед, поставляемый на прилавки магазина не достаточно качественный, поэтому он не пользуется должной популярностью у потребителей. В этой связи необходимо формировать доброжелательное мнение у потребителей, что именно Белгородский мед является наиболее качественным, при этом необходимо расширять рекламу и формировать положительное общественное мнение у потребителей.

В результате исследования, выяснилось, что потребители в большей степени употребляют мед во время болезни – 38,7%, 9,7% из опрошенных потребляют мед 1 раз в неделю, и только 12,9% – 1 раз в день, большая часть респондентов, а это 32,25%, ответили, что потребляют мед иногда без всяких причин и очень редко – 6,45% (рис. 2).

При выявлении мнения со стороны потребителей о критериальных показателях качества, были получены результаты, представленные в табл. 1.

### Продукция пчеловодства

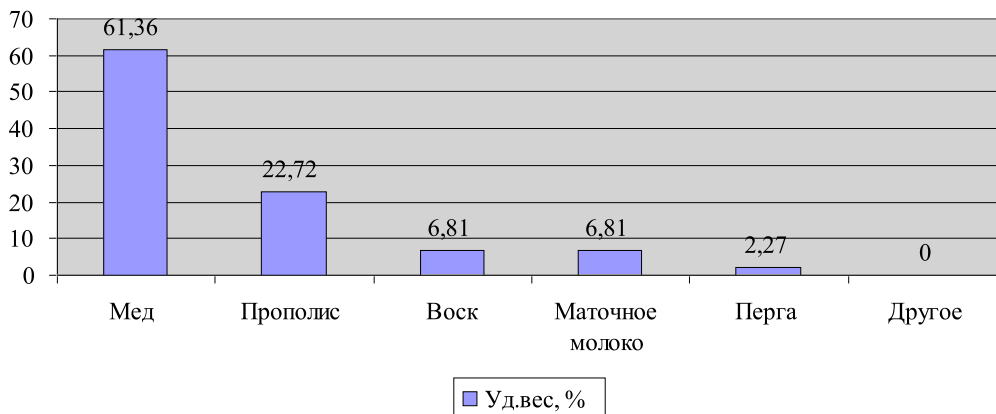


Рис. 1. Вид используемой продукции пчеловодства потребителями Белгородской области

### Частота потребления меда

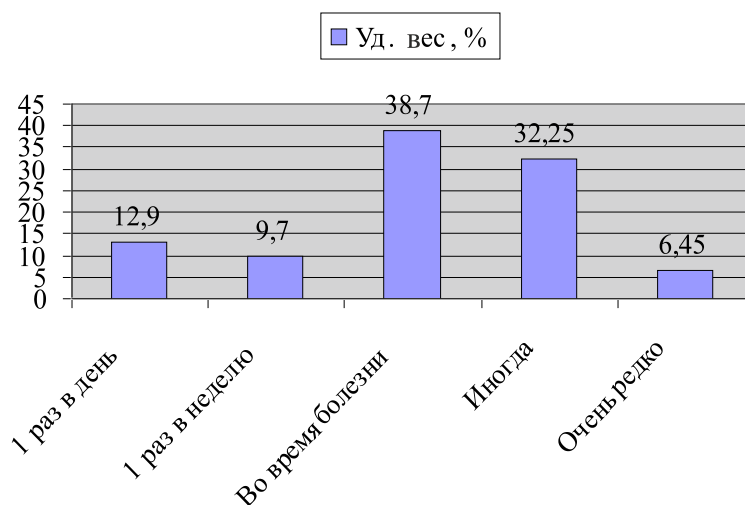


Рис. 2. Частота потребления меда потребителями Белгородской области

Таблица 1

Критерии качества, на которые обращает внимание покупатель при покупке меда

Варианты ответов	Цена	Качество меда (запах, вкус, консистенция)	Вид меда	Регион сбора меда	Упаковка	Производитель
Уд. вес, %	41,7	32,5	14,3	6,5	3,1	1,9

Более 41% опрошенных потребителей при выборе меда приоритет отдали цене, 32,5% отдали предпочтения качеству меда, а именно вкусу, запаху, консистенции, третьим по значимости фактором является вид меда – 14,3%, и только на пятое место потребители поставили упаковку – 3,1% опрошенных.

Таким образом, цена и качество меда выступают самым значимым требованием, влияющим на поведение потребителей. Факторами средней значимости оказались вид меда и регион сбора меда.

При исследовании видов упаковки, которые предпочитают потребители, выявлено, что наибольшее предпочтение потребители отдают более экологически чистой упаковке – это стеклянной (43,4%) и деревянной (31,3%) и только 18,8% респондентов отдают предпочтения пластмассовой упаковке (рис. 3).

Наиболее предпочитаемые объемы упаковки меда у потребителей – это 500 г., 32,25% опрошенных отдали предпочтения именно этому объему, 19,35% – 1000 г, 16,2% предпочли упаковку 250–350 г, упаковку объемом 100 г предпочли 9,7% (рис. 4).

Совершенно очевидно, что ценовой диапазон на продукцию пчеловодства зна-

чительно зависит от степени насыщенности рынка. И как результат, именно цена зачастую оказывает решающее воздействие на конечный результат.

При исследовании ценового фактора, в процессе опроса выявлено, что наибольшее предпочтение потребители отдают цене в пределах 160–200 рублей за 1 кг. 60,71% потребителей считают, что именно эта цена является наиболее приемлемой, хотя 14,21% потребителей согласны с ценой в пределах от 250–300 рублей, утверждая, что высокая цена оправдывает высокое качество товара (рис. 5).

Мед используется потребителями в основном для пищевых целей. 58,13% опрошенных потребителей отдали этому предпочтения. Около четверти потребителей – 23,25% сказали, что будут использовать мед для косметических целей, 18,6% потребителей будут использовать мед для медицинских целей (рис. 6).

В процессе исследования выявлено, что 96,8% потребителей предпочитают натуральный мед без всяких добавок, и только 3,2% – с наполнителями. В связи с этим в целях расширения ассортимента продукции меда необходимо сформировать спрос на продукцию с различными добавками к меду (рис. 7).



Рис. 3. Виды упаковки меда, предпочитаемые потребителями Белгородской области

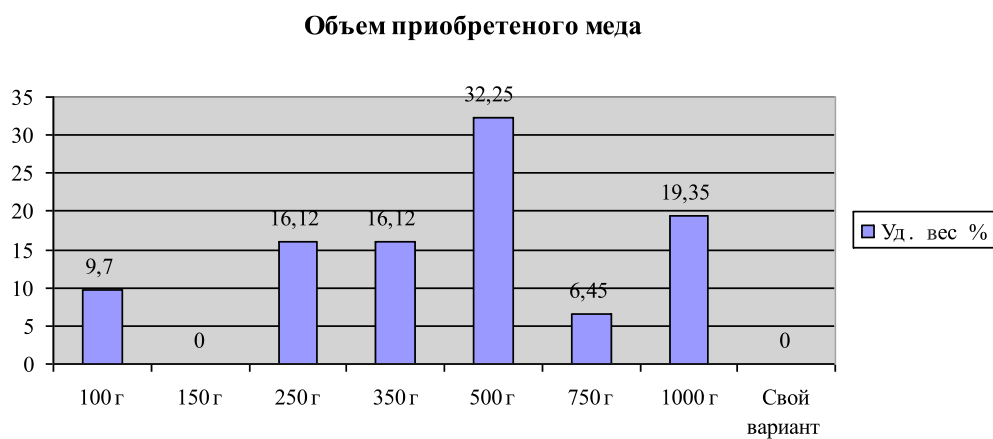


Рис. 4. Объемы упаковки меда, предпочитаемые потребителями Белгородской области

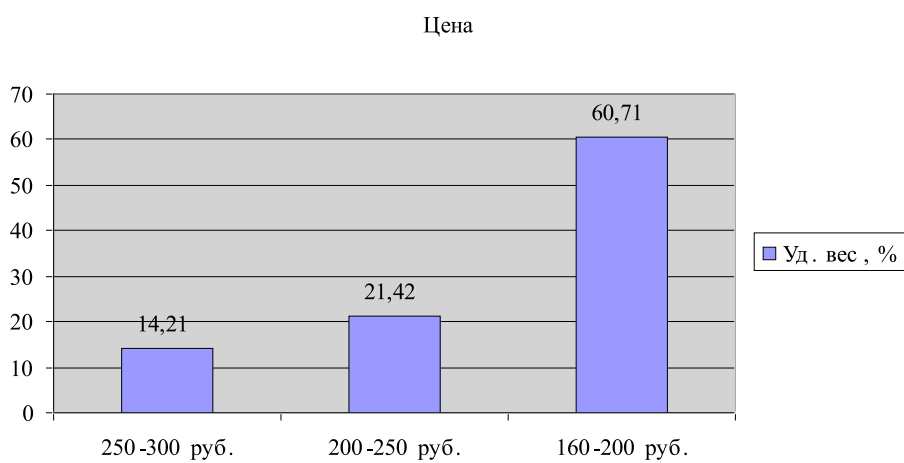


Рис. 5. Цена потребления меда, выбранная потребителями Белгородской области

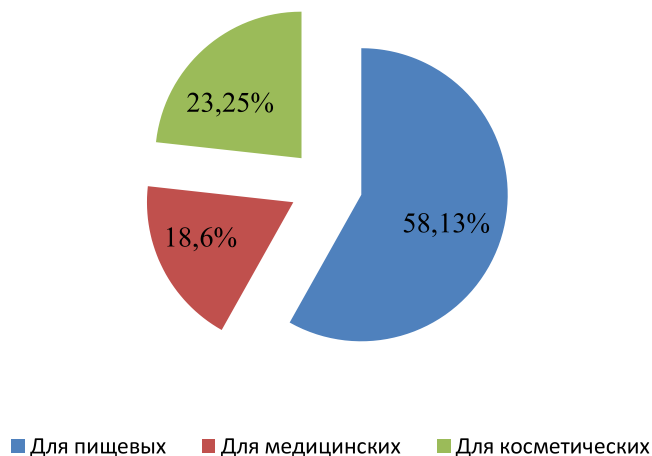


Рис. 6. Формы потребления меда потребителями Белгородской области

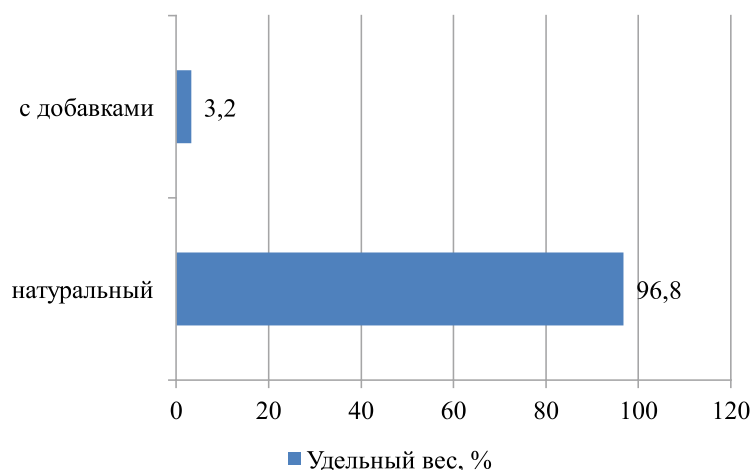


Рис. 7. Виды меда, предпочитаемые потребителями Белгородской области

Регион сбора меда является важным фактором при потреблении меда. Так, в процессе исследования выявлено, что 71,4% потребителей Белгородской области предпочитают потреблять местный Белгородский мед, 14,3% – Башкирский, 5,7% – Удмуртский, и 8,6% респондентов отдали предпочтение меду из различных районов сбора, а именно, Крымскому (рис. 8).

Потребности и предпочтения, а также интенсивность потребления тесно связаны с уровнем дохода, полом, возрастом, родом занятий потребителя. Эти критерии, как показывают исследования, могут быть объединены, образуя тем самым комбинированные параметры сегмента, что, в конечном итоге, позволяет более точно определить группы потребителей, а также характер их потребностей.

Мы убеждены, что основу сегментации составляет покупатель, который направлен не на поиск товара, а на решение проблемы, которое приобретаемый товар может дать.

Проводя сегментацию потребителей, выявлено, что 82,7% опрошенных – женщины.

Обращаясь к возрастному распределению потребителей, более 34% опрошенных представляют возрастную группу в диапазоне 40–55 лет, 30,5% составляют свыше 55 лет, 27,3% – в возрасте 18–25 лет, 20,1% – от 25 до 40 лет.

Исходя из представленных результатов нетрудно убедиться, что представителей двух крайних возрастных групп – самых молодых и самых пожилых – вряд ли можно отнести к постоянным потребителям меда (рис. 9).

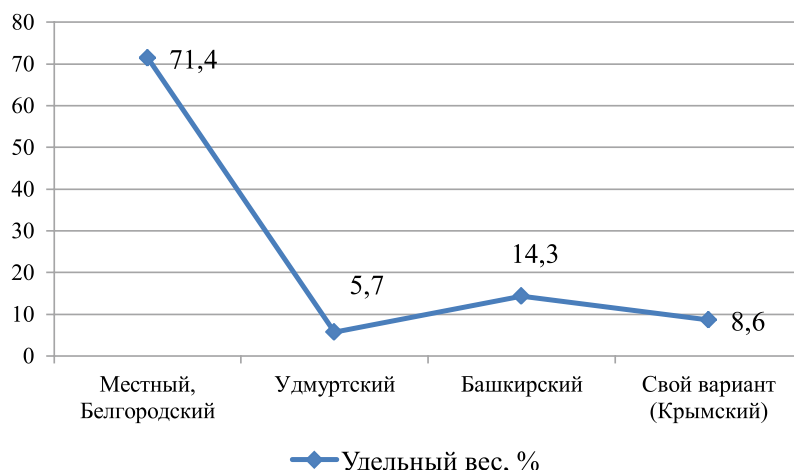


Рис. 8. Разновидности меда по району сбора, предпочитаемые потребителями Белгородской области

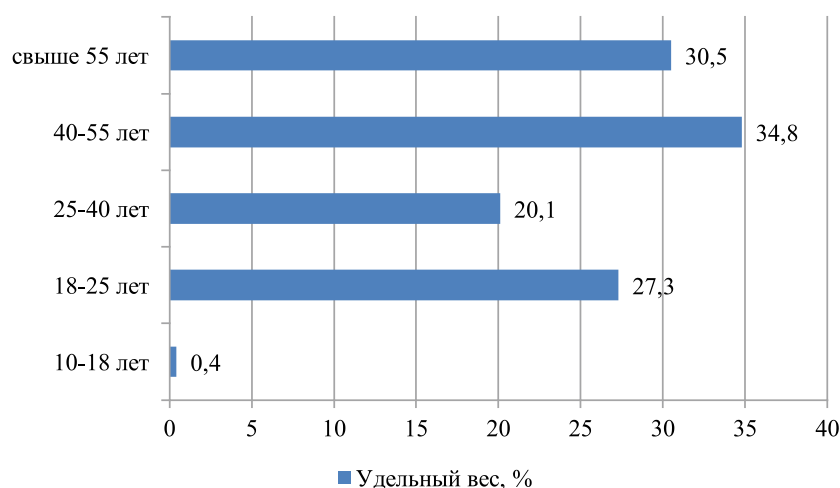


Рис. 9. Сегментация рынка потребителя меда по возрастному составу

Таблица 2

Средний уровень дохода потребителей

Варианты ответов	До 5 тыс. руб.	10–15 тыс. руб.	15–20 тыс. руб.	Свыше 20 тыс. руб.
уд. вес, %	10,7	39,2	32,1	17,8

Доход также является достаточно важным критерием, по которому можно проследить предпочтения потребителей при покупке меда.

Доходы основной массы респондентов (39,2%) колеблются от 10 до 15 тыс. руб. Респонденты с наибольшим доходом, свыше 20 тыс. руб. на человека, составили 17,8%, 32,1% опрошенных имели доходы от 15 до

20 тыс. руб. На долю покупателей со среднемесячным доходом до 5 тыс. руб. пришлось 10,7% потребителей меда (табл. 2).

Таким образом, в качестве вывода следует отметить, что большая часть потребителей меда имеет среднемесячные доходы от 10 до 20 тыс. руб., т.е., несмотря на невысокие доходы население Белгородской области потребляет мед.

Основными потребителями меда являются потребители, проживающие в городе – 65,5%, 31,1% – это жители поселков городского типа и только 3,4% – это жители села (рис. 10).

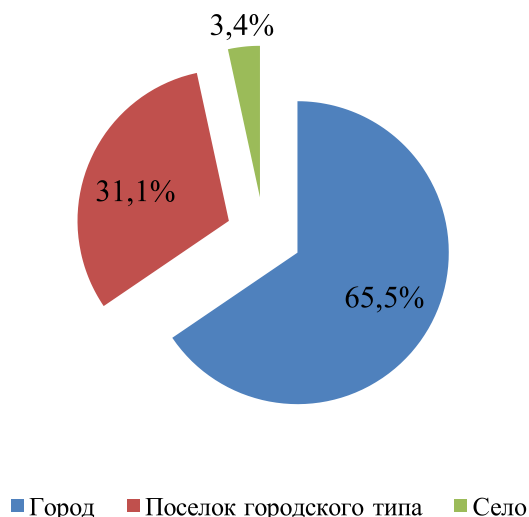


Рис. 10. Сегментация рынка потребителя меда по месту проживания

Таким образом, с учетом проведенного исследования, важно отметить, что на сегодняшний день для усиления конкурентной устойчивости в производстве пчеловодческой продукции Белгородской области необходима активная позиция в повышении качества меда, снижении его себестоимости, повышении инвестиционной привлекательности региона для иностранных инвесторов, а также повышение эффективности в переработке продукции пчеловодства. Рынок меда представлен, в основном, владельцами частных пасек.

Большинство респондентов предпочитает покупать мед непосредственно у продавца. В этой связи важной чертой динамики Белгородского рынка меда должно быть изменение форматов продаж меда. Мед постепенно должен переходить в магазины с ярмарочных и рыночных прилавков.

Важно также обратить внимание на разработку сбытовой стратегии, которая ориентирована на частичную реализацию меда непосредственно после перекачки и организацию хранения оставшегося объема с целью дальнейшей продажи по более выгодным ценам.

По результатам проведенного исследования выявлено, что основными потребителями меда являются женщины, которые соответственно покупают его для потребления всей семьи. Средний уровень дохода основного потребителя – от 10 до 20 тыс. руб.,

что соответствует среднему доходу по Белгородской области, он проживает в городе, его средний возраст – от 40 до 55 лет. Потребители меда в основном предпочитают натуральный мед, без добавок, однако для расширения ассортимента можно предложить мед с различными натуральными добавками. Такие виды меда будут наиболее привлекательны для рыночного сегмента потребителей, которые используют мед для медицинских целей.

При покупке меда потребители обращают внимание на следующие критерии: цена и качество меда. Потребители предпочитают мед Белгородский, в основном цветочный в экологической упаковке – стеклянной, объемом 0,5 кг. Средний ценовой диапазон потребления составляет в пределах 160–220 руб. за 1 кг.

Для преодоления ценовых рыночных скачков на мед и на продукцию пчеловодства необходимо создать систему сбыта продукции многоканальной направленности, позволяющую решить эту проблему. В этих целях необходимо расширить сотрудничество с розничными сетями Белгородской области.

#### Список литературы

1. Агаева А.Н. Анализ тенденций развития маркетинговых исследований регионального рынка розничной торговли [Текст] / А.Н. Агаева, Т.З. Васильченко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – С. 970–974.
2. Анурин В., Муромкина И., Евтушенко Е. Маркетинговые исследования потребительского рынка. – СПб. Питер, 2004. – 270 с.
3. Голубков Е.Г. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2008. – 464 с.
4. Гришкова Н.С. Разработка мультиатрибутивной модели товарной услуги как составляющей стратегии маркетинга [Текст] / Н.С. Гришкова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2010. – № 4. – С. 99–103.
5. Гришкова Н.С. Основы торгового менеджмента [Текст]: учебное пособие. – Белгород, Кооперативное образование, 2002. – 224 с.
6. Гришкова Н.С. Развитие торгового маркетинга в организациях потребительской кооперации: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Белгородский университет кооперации, экономики и права. – Белгород, 2006. – С. 54–55.
7. Дьячкова Е.Н. Использование интегрированных маркетинговых коммуникаций как основа продвижения товаров и услуг [Текст] / Е.Н. Дьячкова // Белгородский экономический вестник. – 2015. – № 1(77). – С. 63–73.
8. Ледовская М.Е. Факторы маркетинговой микросреды организаций потребительской кооперации [Текст] / М.Е. Ледовская // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2006. – № 5. – С. 269–271.
9. Немыкин Д.Н. Маркетинговые аспекты стратегического анализа товарной политики организации [Текст] / Д.Н. Немыкин // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2012. – № 1. – С. 241–244.
10. Роздольская И.В. Маркетинговые исследования на рынке услуг: особенности, методы и практика организа-



ции [Текст]: монография / И.В. Роздольская, Ю.А. Беседина. – Белгород: Издательство Белгородского университета потребительской кооперации, 2010. – 127 с.

11. Роздольская И.В. Маркетинг инноваций как основополагающее направление обеспечения конкурентоспособности хозяйствующих субъектов в условиях инновационно ориентированной экономики [Текст] / И.В. Роздольская, К.В. Лихонин // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2010. – № 4. – С. 5–12.

12. Роздольская И.В. Перспективы реализации экспортного потенциала российской федерации на мировом рынке меда [Текст] / И.В. Роздольская, О.П. Матвеева, И.И. Лысова // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 5.

13. Скрипченко Т.Л. Разработка сбалансированной системы показателей развития розничной торговли потребительской кооперации [Текст] / Т.Л. Скрипченко // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2009. – № 1. – С. 235–238.

14. Тарасова Е.Е. Применение метода интернет-опроса при проведении маркетинговых исследований в предприятиях общественного питания [Текст] / Е.Е. Тарасова, Ю.Б. Тимошенко // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2009. – № 4–1. – С. 3–8.

15. Тарасова Е.Е. Оценка качества услуг предприятий общественного питания на основе маркетинговых исследований [Текст] / Е.Е. Тарасова, Ю.Б. Тимошенко // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2011. – № 1. – С. 13–19.

16. Тенденции и перспективы развития маркетинга в современных условиях [Текст]: монография / Кол. авторов под общей ред. Е.В. Ромата. – Киев – Харьков: ХНАДУ, 2013. – 436 с.

17. Теплов В.И. Использование маркетинговых стратегий и менеджмента категорий для обеспечения конкурентоспособности в розничной торговле [Текст] / В.И. Теплов, Е.Е. Тарасова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2005. – № 5.

18. Яковлева Л.Р. Поведение потребителей [Текст]: учебное пособие / Л.Р. Яковлева, С.Н. Панкратова. – Белгород: Кооперативное образование, 2006. – 250 с.

### References

1. Agaeva A.N. Analiz tendencij razvitiya marketingovyh issledovanij regionalnogo rynka roznichnoj trgovli [Текст] / A.N. Agaeva, T.Z. Vasilchenko // Fundamentalnye issledovaniya. 2013. no. 11. pp. 970–974.

2. Anurin V., Muromkina I., Evtushenko E. Marketingovyе issledovaniya potrebitel'skogo rynka. SPb. Piter, 2004. 270 p.

3. Golubkov E.G. Marketingovyе issledovaniya: teoriya, metodologiya i praktika. 2-e izd., pererab. i dop. M., 2008. 464 p.

4. Grishkova N.S. Razrabotka multiatributivnoj modeli tovarnoj uslugi kak sostavljajushhej strategii marketinga [Текст] / N.S. Grishkova // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2010. no. 4. pp. 99–103.

5. Grishkova N.S. Osnovy torgovogo menedzhmenta [Текст]: uchebnoe posobie. Belgorod, Kooperativnoe obrazovanie, 2002. 224 p.

6. Grishkova N.S. Razvitie torgovogo marketinga v organizacijah potrebitel'skoj kooperacii: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata jekonomicheskikh nauk / Belgorodskij universitet kooperacii, ekonomiki i prava. Belgorod, 2006. pp. 54–55.

7. Djachkova E.N. Ispolzovanie integrirovannyh marketin-govyh kommunikacij kak osnova prodvizhenija tovarov i uslug [Текст] / E.N. Djachkova // Belgorodskij jekonomicheskij vestnik. 2015. no. 1(77). pp. 63–73.

8. Ledovskaja M.E. Faktory marketingovoj mikrosredy organizacij potrebitel'skoj kooperacii [Текст] / M.E. Ledovskaja // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2006. no. 5. pp. 269–271.

9. Nemykin D.N. Marketingovyе aspekty strategicheskogo analiza tovarnoj politiki organizacii [Текст] / D.N. Nemykin // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2012. no. 1. pp. 241–244.

10. Rozdolskaja I.V. Marketingovyе issledovaniya na rynke uslug: osobennosti, metody i praktika organizacii [Текст]: monografija / I.V. Rozdolskaja, Ju.A. Besedina. Belgorod: Izdatel'stvo Belgorodskogo universiteta potrebitel'skoj kooperacii, 2010. 127 p.

11. Rozdolskaja I.V. Marketing innovacij kak osnovopologajushhee napravlenie obespechenija konkurentosposobnosti hozjajstvujushhix subektov v uslovijah innovacionno orientirovannoj jekonomiki [Текст] / I.V. Rozdolskaja, K.V. Lihonin // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2010. no. 4. pp. 5–12.

12. Rozdolskaja I.V. Perspektivy realizacii jeksportnogo potenciala rossijskoj federacii na mirovom rynke meda [Текст] / I.V. Rozdolskaja, O.P. Matveeva, I.I. Lysova // Jekonomika i predprinimatel'stvo. 2015. no. 5.

13. Skripchenko T.L. Razrabotka sbalansirovannoj sistemy pokazatelej razvitiya roznichnoj trgovli potrebitel'skoj kooperacii [Текст] / T.L. Skripchenko // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2009. no. 1. pp. 235–238.

14. Tarasova E.E. Primenenie metoda internet-oprosa pri provedenii marketingovyh issledovanij v predpriyatijah obshhestvennogo pitaniya [Текст] / E.E. Tarasova, Ju.B. Timoshenko // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2009. no. 4–1. pp. 3–8.

15. Tarasova E.E. Ocenka kachestva uslug predpriyatij obshhestvennogo pitaniya na osnove marketingovyh issledovanij [Текст] / E.E. Tarasova, Ju.B. Timoshenko // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2011. no. 1. pp. 13–19.

16. Tendencii i perspektivy razvitiya marketinga v sovremennyh uslovijah [Текст]: monografija / Kol. avtorov pod obshhej red. E.V. Romata. Kiev Harkov: HNADU, 2013. 436 p.

17. Teplov V.I. Ispolzovanie marketingovyh strategij i menedzhmenta kategorij dlja obespechenija konkurentosposobnosti v roznichnoj trgovle [Текст] / V.I. Teplov, E.E. Tarasova // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2005. no. 5.

18. Jakovleva L.R. Povedenie potrebitelej [Текст]: uchebnoe posobie / L.R. Jakovleva, S.N. Pankratova. Belgorod: Kooperativnoe obrazovanie, 2006. 250 p.

### Рецензенты:

Снитко Л.Т., д.э.н., профессор, зав. кафедрой экономики Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Белгород;

Макиринова Е.И., д.э.н., профессор, зав. кафедрой сервиса и туризма Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Белгород.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СВИНИНЫ В РОССИИ

Салов А.Н., Салова Л.В.

*ФГБОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»,  
Владивосток, e-mail: andrey.salov@vvsu.ru*

Статья посвящена изучению проблем и особенностей работы региональных сельскохозяйственных товаропроизводителей свинины в России. Несмотря на стабилизацию и рост производства, Россия продолжает оставаться крупным импортером мяса и мясной продукции, что наносит ущерб ее экономике и ориентирует государство на реализацию мер по созданию устойчивого и конкурентоспособного роста производства свинины в режиме импортозамещения. Проанализирована структура мирового рынка мяса, рассмотрены результаты работы отечественных производителей свинины. Проанализирована структура производства свинины в разрезе территорий России, что позволило оценить уровень обеспечения потребителей продукцией местных производств по федеральным округам. Рассмотренные тенденции развития отрасли позволили определить перспективы импортозамещения свинины. Проведенное исследование системных, отраслевых, производственных и финансовых рисков позволило оценить их критичность и возможности их нивелирования. Рассмотренные основные механизмы государственной поддержки отечественных сельскохозяйственных товаропроизводителей позволили оценить эффективность бюджетных расходов и выделить возможности ее совершенствования.

**Ключевые слова:** производство свинины, риски сельхозпроизводства

## THE REGIONAL CHARACTERISTICS OF THE WORK OF AGRICULTURAL COMMODITY PRODUCERS OF PORK IN RUSSIA

Salov A.N., Salova L.V.

*Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: andrey.salov@vvsu.ru*

This article is dedicated to the study of the problems and features of the work of the regional agricultural commodity producers of pork in Russia. Despite stabilization and increase in production, Russia continues to remain a major importer of meat and meat production, which causes damage to its economy and guides the country to actualize the ways of creating a steady and competitive growth of pork production in an import-replacing manner. The structure of the world market of meat has been analyzed, the results of work of the local national pork producers have been observed. The structure of work in pork production's world market from the point of the specialty of its work on Russian territories has been analyzed, which allowed to estimate the level of consumer's provision with local productions in different federal states of the country. The reviewed developmental trends of the industry allow us to define prospects of import substitution of pork. The conducted research of the systematic, industrial and financial risks made it possible to estimate their criticality and the possibility of their leveling. The considered main mechanisms of state support for domestic agricultural producers made an opportunity to estimate the efficiency of budget spending and highlight the opportunities of improving its effectiveness.

**Keywords:** pork production, risks of agricultural production

Целью статьи является изучение проблем и особенностей работы региональных сельскохозяйственных товаропроизводителей свинины в России, оценке эффективности методов государственной поддержки агропромышленного комплекса.

Мировой рынок мяса – это рынок «трех китов»: говядины, свинины и птицы. В последнее время к этому добавляются субпродукты, которые находят все более широкое применение в производстве продуктов питания. По своей структуре мировой рынок мяса – это 40% свинины, 30% птицы, 25% говядины и 5% прочих видов мяса (баранина, конина, оленина и пр.). По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), общий объем мирового производства мяса по итогам 2014 года составил более 310 млн тонн, в т.ч. свинины – 114,6 млн тонн. Прогно-

зируется, что к 2020 году объем производства мяса достигнет 330 млн тонн, а к 2025 году – 375 млн тонн.

По классификации Всемирной продовольственной организации (FAO), свинина относится к числу незаменимых продуктов питания и входит в состав наиболее ценных видов мяса благодаря содержанию полного и сбалансированного набора незаменимых аминокислот, жизненно важных жирных кислот, витаминов и микроэлементов.

В число крупнейших стран по производству свинины входят Китай (на который приходится почти половина мирового производства), страны Евросоюза, США, Бразилия, Россия, Вьетнам, Канада, Япония, Филиппины, Мексика и Южная Корея. За последние 5 лет производство свинины выросло на 10%, среди стран-лидеров наибольшие показатели роста продемонстри-

ровали: Россия (+ 20%), Китай (+ 15%), Бразилия (+ 8%) и Вьетнам (+ 7%). При этом производство свинины сократилось в Южной Корее (– 20%), в странах Евросоюза (– 1%).

По итогам 2014 года в России было произведено порядка 2,8 млн тонн свинины (в убойной массе) [1] (табл. 1).

оптовых поставщиков и других расходов. Дефицит объемов свинины покрывается также и за счет импорта, а также нелегальных поставок, объем которых, по открытым данным Россельхознадзора и экспертным мнениям [6], оценивается от 10 до 50% от всего импорта, что также негативным образом действует на конъюнктуру цен

**Таблица 1**

Производство и потребление свинины в России в 2014 году

Территория	Производство свинины (в убойном весе)		Население		Производство свинины, кг/чел в год
	млн тонн	%	млн чел.	%	
Центральный ФО	1,260	44,59	38,95	26,63	32,35
Приволжский ФО	0,529	18,72	29,72	20,32	17,80
Сибирский ФО	0,440	15,57	19,31	13,20	22,78
Уральский ФО	0,183	6,48	12,28	8,39	14,91
Южный ФО	0,175	6,19	14,00	9,57	12,50
Северо-Западный ФО	0,132	4,67	13,84	9,46	9,54
Северо-Кавказский ФО	0,056	1,98	9,66	6,60	5,80
Дальневосточный ФО	0,037	1,31	6,21	4,25	5,96
Крымский ФО	0,0135	0,48	2,29	1,57	5,88
ВСЕГО	2,8255	100,00	146,27	100,00	

К 2020 году прогнозируется увеличение производства свинины до 3,3 млн тонн, что позволяет в среднесрочной тенденции говорить о возможном сокращении импорта свинины. Объем ввоза свинины в Россию за последние годы составлял 0,96–1,1 млн тонн в год, а по итогам 2014 года сократился на 42%.

При этом потребность населения России в мясных продуктах за счет собственного производства обеспечивается немногим выше 70%. По данным Минсельхоза, среднедушевое потребление свинины в 2014 году составило 24 кг/человека, а доля свинины в общем объеме производства мяса составила 33%.

Несмотря на стабилизацию и рост производства, Россия продолжает оставаться крупным импортером мяса и мясной продукции, что наносит ущерб ее экономике и ориентирует государство [9] на реализацию мер [3, 4] по созданию устойчивого и конкурентоспособного роста производства свинины в режиме импортозамещения.

Дисбаланс структуры производства свинины в России в разрезе территорий оказывает влияние на логистику объемов свинины для покрытия потребности перерабатывающих производств на территориях с низкими объемами собственного производства, что влечет удорожание конечной продукции на стоимость перевозок, маржи

и ухудшает положение местных сельхозпроизводителей.

Необходимо дальнейшее интенсивное развитие свиноводства путем улучшения качественных показателей, а также роста производства в тех регионах, где показатель самообеспеченности ниже среднероссийского уровня, а также имеются достаточные ресурсы для производства кормов.

В настоящее время рынок мяса (в т.ч. свинины) в России находился под определяющим влиянием ряда макроэкономических и политических факторов, а также региональных факторов, которые являются предпосылками отраслевых системных, производственных и финансовых рисков:

1. Введение в 2014 году ограничений на поставку мяса из-за АЧС в крупных странах-производителях, а затем и эмбарго на импорт мяса, в т.ч. свинину как реакция на введенные в отношении России санкции, что привело к товарному дефициту и росту спроса на продукцию отечественных производителей, что существенно изменило логистику импорта и ценообразование. При этом, в начале 2015 года, введен ряд послаблений для импорта отдельных групп мясопродукции в отношении стран-производителей, не являющихся крупными участниками рынка.

2. Изменение условий кредитования вследствие увеличения ключевой ставки ЦБ

России, что повлекло существенный рост кредитных ставок, и, по мнению экспертов, отразится в снижении инвестиционной активности в отрасли. При этом в начале 2015 года Правительством РФ были приняты решения [2] по увеличению объемов государственной поддержки сельхозпроизводителей за счет изменения методики расчета субсидии на компенсацию расходов по уплате процентов по кредитным ресурсам, привлекаемым на корма и для осуществления инвестиции.

Например, крупному сельхозпроизводителю свинины Хабаровского края по новому методу расчета, за счет средств бюджета (субсидия) будет компенсировано (план) 79,5% от суммы расходов по уплате процентов при росте расходов на оплату процентов на 22,9% от уровня 2014 года вследствие роста процентных ставок при сопоставимом объеме кредитования. Всего в 2014 году за счет средств бюджета объем субсидий на компенсацию расходов по уплате процентов по краткосрочным и инвестиционным кредитам составил 50,8 млрд рублей. Эффективность данных бюджетных расходов при росте процентных ставок, а также другие альтернативы на уровне экспертов и в открытых источниках не оценивались.

3. Рост издержек производства. Отмечено существенное удорожание производства мяса вследствие роста издержек из-за увеличения стоимости зерновых, импортных ветеринарных препаратов, роста тарифов и цен. При этом в 2014 году вследствие паводковой ситуации в Дальневосточном регионе за счет средств бюджета хозяйствам частично компенсировались ж/д тарифы на перевозку зерновых, что несколько снизило темп роста затрат местных сельхозпроизводителей на корма. Резкое падение курса рубля во второй половине 2014 года кардинально изменило экономическую ситуацию в стране. Произошел существенный рост продуктовой инфляции, в т.ч., по данным Росстата, рост цен по мясу составил более 20%, что в совокупности с уменьшением реальных доходов населения отразилось в снижении покупательной способности, рациональном потреблении и сокращении спроса (в 2015 году прогнозируется снижение спроса на 5–6%).

Результаты от изменения политики государственного регулирования выявили и обострили ряд проблем, ранее совсем или недостаточно оцененных и проанализированных. Например, проблема баланса продовольствия в различных географических зонах: Дальний Восток и Сибирь заметно пострадали от ограничений импортных продуктов, поскольку их аналоги там или

не производятся вообще или производятся (кроме рыбы) в минимальных количествах, а доставка (в том числе и кормов) с центральных регионов значительно влияет на удорожание их продукции.

4. Существенный уровень расходов на управление рисками [7], в т.ч. при реализации мер сельскохозяйственного страхования. Вследствие принятых Правительством РФ решений федеральным бюджетом сельхозпроизводителям компенсируются расходы (до 50%) по уплате страховой премии [10].

По данным статистики ЦБ РФ и Национального союза агостраховщиков, в 2014 году рынок агострахования России продемонстрировал темпы роста, почти в два раза превысившие темпы развития всего страхового рынка. Страховая премия по договорам сельскохозяйственного страхования за 2014 год составила 16,7 млрд руб. По сравнению с аналогичным периодом прошлого года объем рынка увеличился на 17% (годом ранее он составлял 14,3 млрд руб.). Рост рынка произошел за счет увеличения премии по страхованию с господдержкой на 21,1%: с 12,1 млрд руб. в 2013 году до 14,6 млрд руб. в 2014 году.

Объем субсидий, перечисленных в 2014 году по договорам страхования с господдержкой, составил более 5,0 млрд руб., что на 21,0% превышает аналогичный показатель прошлого года (почти 4,2 млрд руб.). Таким образом, объем оплаченного субсидирования на конец года вырос пропорционально объему начисленной премии по договорам субсидируемого страхования. Доля оплаченного за счет субсидии страхового взноса составила 34,5% (при нормативе 50%).

Тем не менее, недостаточная согласованность действий в государственном регулировании приводит к возникновению неэффективных бюджетных расходов. Например, размер страховой премии по страхованию сельскохозяйственных животных (свиней) напрямую зависит от соответствия хозяйства уровню зооветеринарного статуса (компаратмент) [5].

При низком уровне компартмента (I и II уровни) животные на страхование с господдержкой вообще принимаются крайне ограниченно, либо расходы по уплате страховой премии могут отличаться в 1–3 раза в отличие от хозяйств с высоким уровнем (III–IV) компартмента. Но при этом Россельхознадзор не проводит в должной мере работу с хозяйствами по компарментализации, что, в свою очередь, могло бы повысить эффективность бюджетных расходов. На сегодняшний день по показателю компартмента в России (выборочно) [11] можно выделить следующую статистику (табл. 2):

Таблица 2

Компартментализация по хозяйствам России (выборка)

Показатель	Компартменты				Хозяйства, всего ед.
	I.	II.	III.	IV.	
Всего, в т.ч.	11 341	451	492	639	12 923
Дальневосточный регион, в т.ч.	1 404	9	2	0	1 415
Хабаровский край	1 094	–	–	–	1 094

Как видно из проведенной выборки, хозяйства Дальневосточного региона практически не проходили процедуру компартментализации. При этом данный факт не означает, что эти хозяйства действительно имеют низкий уровень компартмента, а лишь свидетельствует о том, что хозяйства на отдаленных территориях не в полной мере вовлечены в процесс проведения данных процедур.

5. Недостаточная технологическая эффективность, что связано с ограниченными возможностями осуществления инвестиций. В отрасли свиноводства можно выделить ряд системных проблем, которые каждое хозяйство решает для себя собственными силами, в отсутствие рабочих инструментов регулирования. Это и генетика, когда большая часть животноводства основана на импортной генетической базе, селекция, обновление стада, которое в силу ограниченности ресурсов хозяйств и контроля издержек производства происходит с задержкой, что снижает продуктивность и экономическую эффективность воспроизведения. Например, продуктивность свиноматок повышается до 3–5 опоросов и снижается после 6–7 опоросов. Продолжительность продуктивного использования животных в среднем составляет 2–2,5 года. Так, в 2014 году в среднем по России среднесуточный привес по группе откорма составил 541 г, в то время как в ведущих странах-производителях свинины этот показатель составляет 700–900 г. Лучший опыт по России: агропромышленный холдинг «МИРАТОРГ» (Белгородская область) имеет показатель среднесуточного привеса по группе откорма 800 г при конверсии кормов 2,94 кг. Объем инвестиций составил 57,7 млрд руб. В исследуемом хозяйстве (Хабаровский край) данный показатель в 2014 году составил 610 г при конверсии кормов 4,4 кг.

Остро стоят вопросы с совершенствованием технологий содержания и кормления, с обновлением производств по хранению зерновых и загрузкой мощностей, технологий производства кормов и переработки биоотходов. Накопленный за последние

периоды пласт производственных проблем и дефицит собственных средств, отражается в высоком объеме кредитного портфеля по сельхозпроизводителям, что ограничивает привлечение ими новых кредитов для инвестиций, собственные источники инвестиций, как правило, не обеспечены в полной мере денежным потоком.

Фактор повышения цен на мясопродукцию, как источник развития, также является важным, но на сегодняшний момент в силу снижения покупательской способности и рационального поведения потребителей уже достиг психологического максимума. Залогом успеха региональных сельхозпроизводителей свинины является продолжение работы по совершенствованию производственных процессов, введению новых технологий, что позволяет сокращать издержки производства. Реализация данных мероприятий повысит инвестиционную привлекательность [8] сельхозпроизводителей.

Список литературы

1. Национальный союз свиноводов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nssrf.ru/files/file/TOPsvin.pdf> (дата обращения 15.03.15).
2. Постановление Правительства от 27 января 2015 г. N 53 «О внесении изменений в Правила предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам».
3. Приказ Минсельхоза России от 10 августа 2011 г. N 267 «Об утверждении Стратегии развития мясного животноводства в Российской Федерации на период до 2020 года».
4. Приказ Минсельхоза России от 6 марта 2013 г. N 128 «Об утверждении отраслевой программы «Развитие свиноводства в Российской Федерации на 2013–2015 годы».
5. Приказ Минсельхоза России от 23.07.2010 N 258 (в редакции от 15.10.2013) «Об утверждении Правил определения зоосанитарного статуса свиноводческих хозяйств, а также организаций, осуществляющих убой свиней, переработку и хранение продукции свиноводства».
6. Рейтинг: «20 главных тем и событий 2014 года в мясном бизнесе». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.myaso-portal.ru/news/events/20-glavnykh-tem-i-sobytyi-2014-goda-v-myasnom-biznese> (дата обращения 20.04.15).
7. Салов А.Н. Управление рисками на основе эффективной страховой защиты бизнеса // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1. – С. 49–52.
8. Салова Л.В., Дегтеренко К.Н. Управление факторами инвестиционной привлекательности компаний // Российское предпринимательство. – 2013. – № 1 (223). – С. 110–114.

9. Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. N 120 «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации».

10. Федеральный закон N 260-ФЗ «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования и о внесении изменений в федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 25 июля 2011 года.

11. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fsvps.ru/fsvps/usefulinf/compartiment.html> (дата обращения 01.06.15).

### References

1. Nacionalnyj sojuz svinovodov. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.nssrf.ru/files/file/TOPsvin.pdf> (data obrashhenija 15.03.15).

2. Postanovlenie Pravitelstva ot 27 janvarja 2015 g. N 53 «O vnesenii izmenenij v Pravila predostavlenija i raspredelenija subsidij iz federalnogo bjudzheta bjudzhetam subektov Rossijskoj Federacii na vozmeshhenie chasti zatrat na uplatu procentov po kreditam».

3. Prikaz Minselhoza Rossii ot 10 avgusta 2011 g. N 267 «Ob utverzhdenii Strategii razvitija mjasnogo zhivotnovodstva v Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda».

4. Prikaz Minselhoza Rossii ot 6 marta 2013 g. N 128 «Ob utverzhdenii otraslevoj programmy «Razvitie svinovodstva v Rossijskoj Federacii na 2013–2015 gody».

5. Prikaz Minselhoza Rossii ot 23.07.2010 N 258 (v redakcii ot 15.10.2013) «Ob utverzhdenii Pravil opredelenija zoosaniarnogo statusa svinovodcheskih hozjajstv, a takzhe organizacij, osushhestvljajushhij uboj svinej, pererabotku i hranenie produkcii svinovodstva».

6. Rejting: «20 glavnyh tem i sobytij 2014 goda v mjasnom biznese». [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.myaso-portal.ru/news/events/20-glavnykh-tem-i-sobytiy-2014-goda-v-myasnom-biznese> (data obrashhenija 20.04.15).

7. Salov A.N. Upravlenie riskami na osnove jeffektivnoj strahovoj zashhity biznesa // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2015. no. 1. pp. 49–52.

8. Salova L.V., Degterenko K.N. Upravlenie faktorami investicionnoj privlekatelnosti kompanij // Rossijskoe predprinimatelstvo. 2013. no. 1 (223). pp. 110–114.

9. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 30 janvarja 2010 g. N 120 «Doktrina prodovolstvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii».

10. Federalnyj zakon N 260-FZ «O gosudarstvennoj podderzhke v sfere sel'skohozjajstvennogo strahovanija i o vnesenii izmenenij v federalnyj zakon «O razvitii sel'skogo hozjajstva» ot 25 ijulja 2011 goda.

11. Federalnaja sluzhba po veterinarnomu i fitosanitarnomu nadzoru. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.fsvps.ru/fsvps/usefulinf/compartiment.html> (data obrashhenija 01.06.15).

### Рецензенты:

Черная И.П., д.э.н., профессор, проректор по учебно-воспитательной работе Тихоокеанского государственного медицинского университета, г. Владивосток;

Исаев А.А., д.э.н., профессор кафедры экономической теории Морского государственного университета им. Г.И. Невельского, г. Владивосток.

УДК 332.025.13

## СИСТЕМА ГОСУДАРСТВЕННОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ФИНАНСОВОГО КОНТРОЛЯ КАК ФАКТОР УКРЕПЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РФ

**Селюков М.В., Могилевская В.А., Могилевский А.С.**

*ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,  
Белгород, e-mail: maxisel@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы, связанные с необходимостью совершенствования системы государственного и муниципального финансового контроля и ее ролью в формировании эффективного механизма управления государством и обеспечении национальной безопасности. Описывается природа государственного аудита и государственного финансового контроля, рассматриваются особенности внешнего и внутреннего государственного и муниципального финансового контроля, а также специфика деятельности системы органов, осуществляющих финансовый контроль, как на уровне государства, региональном уровне, так и на уровне муниципальных образований. Особое внимание уделяется деятельности Счетной палаты как высшего органа государственной власти по осуществлению внешнего государственного контроля, системе источников права, регулирующих отношения по государственному финансовому контролю на всех уровнях, рассмотрению проблем обеспечения единства системы финансово-бюджетного контроля, взаимосвязи и взаимодействия органов государственного и муниципального внешнего контроля в РФ.

**Ключевые слова:** государственный финансовый контроль, государственный аудит, муниципальный финансовый контроль, национальная безопасность

## THE SYSTEM OF STATE AND MUNICIPAL FINANCIAL CONTROL AS A FACTOR STRENGTHENING THE NATIONAL SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Selyukov M.V., Mogilevskaya V.A., Mogilevskiy A.S.**

*Belgorod state national research university, Belgorod, e-mail: maxisel@mail.ru*

In the article the questions connected with necessity of perfection of system of state and municipal financial control and its role in the formation of an effective mechanism of governance and national security. Describes the nature of the state audit and state financial control, discusses the features of the internal and external state and municipal financial control, as well as SPE-the distinguished activities of the system of bodies implementing financial control, at the state level, regional level and at the municipal level. Special attention is paid to the activities of the accounts chamber as the highest organ of state authority for the implementation of the external state control, the sources of law regulating the relations for state financial control at all levels, dealing with issues of ensuring the unity of the system of financial and budgetary control, the relationship and interaction of bodies of state and municipal foreign control in the Russian Federation.

**Keywords:** state financial control, the state audit, the municipal financial control, national security

Современной России, находящейся в экономической и политической блокаде со стороны международных партнеров, в условиях санкций и нестабильности внешне-экономических связей, требуется модернизация внутренних экономических ресурсов и факторов для обеспечения стабильного социально-экономического развития, сохранения и укрепления национальной безопасности государства. Одним из приоритетных внутренних факторов стабильности и укрепления отечественной рыночной экономики выступает формирование эффективной системы государственного и муниципального финансового контроля.

Эффективное, ответственное и прозрачное управление ответственными финансами является важнейшим условием для повышения уровня и качества жизни населения, устойчивого экономического роста, модернизации экономики и социальной сферы и достижения других стратегических целей социально-экономического развития стра-

ны. Недостаточность ориентации системы государственного и муниципального финансового контроля на оценку эффективности бюджетных расходов, отсутствие современной системы внутреннего финансового контроля и внешнего финансового аудита, разрозненность и фрагментарность информационных систем, используемых для целей государственного и муниципального управления, а также ряд других недостатков требуют разработки более совершенного подхода к управлению государственными и муниципальными финансами [8].

Функционирование эффективного механизма управления государством посредством централизованной аккумуляции финансовых ресурсов и организации процесса их перераспределения предполагает разработку четкой системы финансового контроля, который будет способен обеспечить законность финансовой деятельности государства и дать оценку ее целесообразности и эффективности. Следует отметить,

что проблемы обеспечения единства системы государственного и муниципального контроля в современной действительности занимают ключевое место [9].

Государственный контроль имеет более широкое значение, его можно сформулировать как особую комплексную систему мер и инструментов государственной политики страны, направленных на регулирование и эффективное взаимодействие всех хозяйствующих структур, независимо от форм собственности с целью увеличения и сохранения финансовых и иных ресурсов страны. Сущностью государственного контроля является их рациональное и добросовестное использование.

Концепция государственного контроля опирается на то, что он осуществляется непрерывно в процессе движения бюджетных средств, проводится высококвалифицированными специалистами, влияет на обеспечение сохранности и эффективности использования государственных ресурсов, способствует обнаружению и предотвращению финансовых нарушений. Таким образом, целью системы государственного и муниципального финансового контроля является обеспечение эффективности финансовой деятельности государства и муниципальных образований. С помощью финансового контроля государство следит за тем, чтобы все запланированные средства своевременно поступали по назначению, а также за целевым использованием выделенных государственных средств. В широком понимании целью государственного и муниципального финансового контроля, является создание научно обоснованной финансовой политики, создание эффективно финансового механизма страны.

Государственный и муниципальный финансовый контроль сегодня весьма многообразен. Он осуществляется целой системой органов, функционирующих как на уровне РФ, субъектов РФ, так и на уровне муниципальных образований.

Акцентируя внимание на важности обеспечения единой методологии государственного и муниципального контроля, нельзя не отметить приоритетность правовых аспектов в процессе формирования эффективной системы государственного и муниципального финансового контроля. В настоящее время основополагающим федеральным законом о совместной работе государственных и муниципальных контрольно-счетных органов является закон № 6-ФЗ «Об общих принципах организации и деятельности контрольно-счетных органов субъектов РФ и муниципальных образований» [5].

Введение данного закона свидетельствует о том, что именно внешний государ-

ственный и муниципальный финансовый контроль признан одной из фундаментальных сфер общественной жизни, и позволяет говорить о новом этапе его развития. После завершения процесса становления контрольно-счетных органов в регионах и образования контрольно-счетных органов во многих крупных муниципалитетах, после осмысления пятнадцатилетнего опыта деятельности контрольно-счетных органов наступило время законодательного закрепления этого опыта [10].

До принятия данного закона правовое положение контрольно-счетных органов регулировалось самостоятельно каждым субъектом РФ. Отсутствие единого правового регулирования порождало различные противоположные подходы к определению их места в системе регионального управления. В законе определены положения, которые необходимы для эффективной деятельности контрольно-счетных органов, как государственных, так и муниципальных. Данный закон закрепил термин «внешний финансовый контроль» в отношении деятельности контрольно-счетных органов, понятийно отделив их от органов контроля в системе исполнительной власти. В положениях закона последовательно проводится принцип организационной и функциональной независимости контрольно-счетных органов субъектов РФ и контрольно-счетных органов муниципальных образований.

Федеральный закон наделил контрольно-счетные органы субъектов РФ необходимой компетенцией для осуществления системного внешнего финансового контроля, включая полномочия по анализу эффективности использования бюджетных средств, эффективности принимаемых исполнительной властью бюджетных решений. Также закон определил основы взаимодействия контрольно-счетных органов на всех уровнях публичной власти.

В настоящее время высшим органом государственной власти по осуществлению внешнего государственного аудита (контроля) является Счетная палата РФ, как самостоятельный орган, образуемый при Федеральном собрании РФ. Согласно федеральному закону № 41-ФЗ «О Счетной палате РФ» [4], Счетная палата РФ осуществляет внешний государственный аудит (контроль) в отношении федеральных государственных органов (в том числе и их аппаратов), органов государственных внебюджетных фондов, Центрального банка РФ, федеральных государственных организациях – учреждений, унитарных предприятий, корпораций и компаний, хозяйственных товариществ и обществ с участием РФ в их уставных ка-



питалах. При этом Счетная палата РФ осуществляет внешний государственный аудит (контроль) в отношении государственных органов субъектов РФ и органов местного самоуправления только в пределах компетенции, установленной Бюджетным кодексом РФ и данным федеральным законом.

формироваться четкая система источников права, регулирующих отношения по государственному финансовому контролю, на федеральном и региональном уровнях, что, несомненно, должно отразиться на эффективности взаимодействия органов государственного и муниципального,



*Взаимодействие контрольно-счетных органов государственного и муниципального внешнего финансового контроля*

Значение финансового контроля для публичных финансов и государственного хозяйства делает высший орган финансового контроля – Счетную палату РФ одним из институтов конституционного финансового права. В Конституции РФ [2] вопросами организации и деятельности Счетной палаты РФ отражены положения, содержащиеся в ст. 101, 102, 103. Другим базовым источником права, регулирующим организацию и осуществление государственного финансового контроля, является Бюджетный кодекс РФ [1].

В развитии положений Конституции РФ и Бюджетного кодекса РФ должна

в частности, внешнего финансового контроля (рисунок).

Счетной палатой РФ в целях повышения качества контрольной и экспертно-аналитической деятельности, эффективности внешнего государственного и муниципального финансового аудита (контроля) образован Совет контрольно-счетных органов при Счетной палате РФ (далее – Совет). Совет действует на основе добровольности вхождения и равноправия членов Совета в процессе его деятельности и работы. Положение о Совете контрольно-счетных органов при Счетной палате РФ [6] определяет равные права на вхождение и участие в работе,

как контрольно-счетного органа субъекта РФ, так и любого контрольно-счетного органа муниципального образования. Законодательство РФ четко разделяет государственный и муниципальный контроль, но при этом проводит между ними параллель и подчеркивает важность и необходимость обоих. В своей работе, как контрольно-счетный орган субъекта региона РФ, так и муниципального образования могут применять и использовать различные методики проведения аудита и экспертного анализа, опираясь на опыт аудиторов, формировать отчеты по своим разработанным стандартам, при этом однородные экономические нарушения и степень нанесения ущерба трактуются субъективно и оцениваются по разным критериям.

На муниципальном уровне данный контроль нуждается в большем совершенствовании. Прежде всего, должна быть сформирована соответствующая законодательная, нормативная, правовая, методическая база, созданы единые стандарты контрольных мероприятий.

Счетная палата РФ и контрольно-счетный орган субъекта РФ вправе разрабатывать и принимать нормативно-правовые акты и стандарты по проведению аудита (контроля), но данные документы носят рекомендательный характер и являются базовыми. На местах отдано право самостоятельно решать, чем пользоваться в работе, своими нормативными документами или опираться на опыт вышестоящего «партнера». Данный подход не всегда является рациональным, на деле однородные правовые и экономические нарушения отражаются по разным показателям экспертного заключения, что в итоге приводит к дисбалансу оценки экономико-правовых нарушений и преступлений, сказывается на рейтинге общеэкономических показателей, как в одном регионе, так и в стране в целом. Для построения эффективной системы государственного финансового контроля считаем целесообразным руководствоваться едиными правовыми стандартами аудита (контроля), едиными классификаторами нарушений, едиными формами экспертного отчета и заключения, составлять их по унифицированным формам и по установленным отчетным периодам. Формировать единый реестр проверок контрольно-надзорными органами, с целью исключения дублирования проверок, или наоборот недоохвата проверяемых субъектов, с обязательным размещением унифицированной и согласованной информации о деятельности и итогах работы в интернет-сети на официальных порталах и сайтах, с целью

систематизации и обобщения информации и исключения субъективизма на местах.

Создание единой методологии государственного и муниципального финансового контроля в РФ позволит всем субъектам и объектам контроля получить четкие ориентиры в процессе определения и реализации своих задач, функций, полномочий, а также определить цели, задачи, принципы, этические нормы финансового контроля [3]. Отсутствие общих подходов к классификации государственного и муниципального финансового контроля, стандартизации контрольных процедур, единой терминологии создает трудности в разработке и применении нормативно-правовых актов, методических документов контролирующих органов, способствует возникновению ряда спорных ситуаций.

Данные проблемы также нашли отражение в программе Правительства РФ по повышению эффективности бюджетных расходов на период до 2012 г. [7]. В программе дается определение государственного и муниципального финансового контроля, и впервые на таком уровне регламентации официально вводятся понятия внешнего и внутреннего финансового контроля. При этом понятия внешнего финансового контроля и аудита отождествляются. В главе 9 данной Программы определена проблема необходимости реформирования государственного и муниципального финансового контроля, поставлена необходимость более четкого разграничения полномочий органов финансового контроля по горизонтали (т.е. между органами государственного (муниципального) финансового контроля публично-правового образования) и по вертикали (т.е. между органами государственного (муниципального) финансового контроля разных публично-правовых образований), в том числе в части контроля за соблюдением субъектами РФ (муниципальными образованиями) целей и условий получения межбюджетных трансфертов.

Важным направлением повышения эффективности государственного и муниципального финансового контроля является использование новых информационных технологий. Необходимым условием эффективной деятельности государственных и муниципальных контрольно-счетных органов является создание систем электронного документооборота. Информатизация деятельности органов государственного и муниципального финансового контроля на основе передовых технологий с использованием оперативной информации открывает перспективы повышения эффективности использования государственных средств.

Таким образом, в сложившихся условиях хозяйствования следует признать важность и приоритетное значение формирования эффективных механизмов финансового контроля (аудита) в системе управления государством. При этом, как показывает практика, взаимодействие органов государственного и муниципального финансового контроля играет одну из ключевых ролей в реализации конституционного права каждого гражданина на общественный контроль за публичными финансами страны, в борьбе противодействия коррупции, в обеспечении эффективной системы национальной экономической безопасности государства в целом.

### Список литературы

1. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31 июля 1998 г. № 145-ФЗ [Электронный ресурс]: Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/budget/>.
2. Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 г. [Электронный ресурс]: Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. Мысляева И.Н. Государственные и муниципальные финансы [Текст] / И.Н. Мысляева. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 393 с.
4. О Счетной палате Российской Федерации: Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. № 41-ФЗ [Электронный ресурс]: Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_170581/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_170581/).
5. Об общих принципах организации и деятельности контрольно-счетных органов субъектов Российской Федерации и муниципальных образований: Федеральный закон от 7 февраля 2011 г. № 6-ФЗ [Электронный ресурс]: Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_159780/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159780/).
6. Положение о Совете контрольно-счетных органов при Счетной палате Российской Федерации [Электронный ресурс]: Официальный сайт Счетной палаты Российской Федерации. – Режим доступа: [http://www.ach.gov.ru/activities/interaction-with-csr/Polog\\_Sovet\\_CSO.pdf](http://www.ach.gov.ru/activities/interaction-with-csr/Polog_Sovet_CSO.pdf).
7. Программа по повышению эффективности бюджетных расходов на период до 2012 г. [Электронный ресурс]: Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_123215/?frame=1/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_123215/?frame=1/).
8. Программа повышения эффективности управления общественными (государственными и муниципальными) финансами на период до 2018 г. [Электронный ресурс]: Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156759](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156759).

9. Селюков М.В. Система финансово-бюджетного контроля и его роль в обеспечении финансовой безопасности региона [Электронный ресурс] / М.В. Селюков, Н.П. Шалыгина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13117>.

10. Цуциев М.А. Внешний финконтроль: новый этап развития [Электронный ресурс] / М.А. Цуциев. – Режим доступа: <http://fz-83.ru>.

### References

1. Bjudzhetnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 31 ijulja 1998 g. no. 145-FZ [Jelektronnyj resurs]: Spravochno-pravovaja sistema «KonsultantPljus». Rezhim do-stupa: <http://www.consultant.ru/popular/budget/>.
2. Konstitucija Rossijskoj Federacii ot 12 dekabrja 1993 g. [Jelektronnyj resurs]: Spravochno-pravovaja sistema «KonsultantPljus». Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru>.
3. Mysljaeva I.N. Gosudarstvennye i municipalnye finansy [Tekst] / I.N. Mysljaeva. M: INFRA-M, 2012. 393 p.
4. O Schetnoj palate Rossijskoj Federacii: Federalnyj zakon ot 5 aprelja 2013 g. no. 41-FZ [Jelektronnyj resurs]: Spravochno-pravovaja sistema «KonsultantPljus». Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_170581/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_170581/).
5. Ob obshhix principah organizacii i dejatelnosti kontrolno-schetnyh organov subektov Rossijskoj Federacii i municipalnyh obrazovanij: Federalnyj zakon ot 7 fevralja 2011 g. no. 6-FZ [Jelektronnyj resurs]: Spravochno-pravovaja sistema «Konsultant-Pljus». Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_159780/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159780/).
6. Polozhenie o Sovete kontrolno-schetnyh organov pri Schetnoj palate Rossijskoj Federacii [Jelektronnyj resurs]: Oficialnyj sayt Schetnoj palaty Rossijskoj Federacii. Rezhim dostupa: [http://www.ach.gov.ru/activities/interaction-with-csr/Polog\\_Sovet\\_CSO.pdf](http://www.ach.gov.ru/activities/interaction-with-csr/Polog_Sovet_CSO.pdf).
7. Programma po povysheniju jeffektivnosti bjudzhetnyh rashodov na period do 2012 g. [Jelektronnyj resurs]: Spravochno-pravovaja sistema «KonsultantPljus». Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_123215/?frame=1/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_123215/?frame=1/).
8. Programma povyshenija jeffektivnosti upravlenija obshhestvennymi (gosudarstvennymi i municipalnymi) finansami na period do 2018 g. [Jelektronnyj resurs]: Spravochno-pravovaja sistema «KonsultantPljus». Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156759](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156759).
9. Seljukov M.V. Sistema finansovo-bjudzhetnogo kontrolja i ego rol v obespechenii finansovoj bezopasnosti regiona [Jelektronnyj resurs] / M.V. Seljukov, N.P. Shalygina // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13117>.
10. Cuciev M.A. Vneshnij finkontrol: novyj jetap razvitija [Jelektronnyj resurs] / M.A. Cuciev. Rezhim dostupa: <http://fz-83.ru>.

### Рецензенты:

Растворцева С.Н., д.э.н., профессор кафедры мировой экономики, НИУ «БелГУ», г. Белгород;

Зимакова Л.А., д.э.н., профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита, НИУ «БелГУ», г. Белгород.

УДК 005.591.6:338.436.32

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КАК УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРАРНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

Федонина О.В., Ерошкина Н.В.

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Саранск,  
e-mail: oks\_fedon@mail.ru

В данной статье исследуются аспекты устойчивого развития аграрного сектора экономики, способствующего повышению его конкурентоспособности на основе динамично сбалансированного использования факторов производства. Произведенный анализ состояния аграрного сектора Российской Федерации за последние три года позволил выявить положительные тенденции в его развитии и существующие в нем проблемы. Так, на данный момент производственный потенциал аграрного сектора страны не восстановлен до уровня, обеспечивающего его устойчивое развитие. В этой связи определены направления совершенствования управления инновационной деятельностью в аграрном секторе страны, основанные на программно-целевом регулировании, что в современных социально-экономических условиях будет способствовать устойчивому развитию отечественного аграрного сектора.

**Ключевые слова:** аграрный сектор экономики, производственный потенциал, управление, устойчивое развитие, инвестиции, программно-целевое регулирование, инновационная деятельность

## IMPROVE INNOVATION GOVERNANCE AS A CONDITION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AGRICULTURAL SECTOR

Fedonina O.V., Erochkina N.V.

Mordovia State University n.a. N.P. Ogarev, Saransk, e-mail: oks\_fedon@mail.ru

This article examines aspects of sustainable development of the agricultural sector, enhance its competitiveness on the basis of a dynamic balanced use of factors of production. Produced by analysis of the agricultural sector of the Russian Federation for the past three years, revealed positive trends in its development and existing problems in it. So, at the moment the productive capacity of the agricultural sector is not restored to a level that ensures its sustainable development. In this context, identified areas for improvement of innovation management in the agricultural sector, based on the program-oriented regulation that in modern social and economic conditions will contribute to the sustainable development of the domestic agricultural sector.

**Keywords:** agricultural sector, production capacity, governance, sustainable development, investments, program-targeted regulation, innovation

Развитие экономики страны, ее продовольственная безопасность и конкурентоспособность во многом зависят от устойчивости развития ее аграрного сектора.

Устойчивое развитие представляет собой гармоничное (правильное, равномерное, сбалансированное) развитие, в котором эксплуатация природных ресурсов, направления инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений [5].

В этой связи устойчивое развитие можно представить как процесс взаимодействия таких компонентов, как: «население – природа – хозяйство» или «социальная сфера – экология – экономика» [2]. В концепции устойчивого развития приобретает новые приоритеты триада: цель – благополучие живущих и будущих поколений, основа – природно-экологические системы жизнеобеспечения, а экономика – двигатель развития [1].

Вместе с тем, в настоящее время аграрный сектор экономики Российской Федерации развивается не достаточно устойчиво, что серьезно угрожает продовольственной безопасности страны, так как большая часть сельскохозяйственной продукции импортируется из-за рубежа.

В частности, импорт мяса и мясopодуктов в Российской Федерации в 2014 году составил 1,9 млн т, что от общего объема данного ресурса в стране составляет 16,3%, молока и молочных продуктов – около 9,0 млн т (соответственно – 21,7%), зерна (без продуктов переработки) – 1,0 млн т (соответственно – 0,6%).

Целью исследования является определение путей совершенствования управления инновационной деятельностью и эффективного использования имеющегося экономического потенциала в целях устойчивого развития аграрного сектора экономики.

### Материалы и методы исследования

Материалы и публикации по сущности и структуре экономического потенциала, данные статотчетности

о динамике развития регионов АПК. В процессе исследования использовались методы: анализа и синтеза, научной абстракции, структурно-логический.

### Результаты исследования и их обсуждение

В последние три года (2012–2014 гг.) в сельском хозяйстве страны наблюдаются положительные тенденции. Объем валовой продукции сельского хозяйства во всех категориях хозяйств увеличился с 3339,2 млрд руб. до 4225,6 млрд руб. (на 26,5%). Уровень рентабельности проданных товаров, продукции (работ, услуг) отрасли возрос до 18,4%. Однако следует отметить, что коренного перелома в деятельности аграрной сферы экономики не произошло, число прибыльных организаций сократилось с 4,5 до 3,8 тыс., при этом, 19,3% сельскохозяйственных организаций закончили 2014 год с убытками [4].

На протяжении многих лет в хозяйствах всех категорий Российской Федерации наблюдалась тенденция сокращения посевных площадей. Несмотря на это по некоторым видам сельскохозяйственных культур прослеживается положительная динамика, в частности, наблюдается увеличение урожайности зерновых и зернобобовых культур (в весе после доработки) с 1,83 до 2,41 т с га и валового сбора зерна соответственно с 70,9 до 105,3 млн т (на 48,5%). Вместе с тем, урожайность такой культуры, как сахарная свекла, сократилась с 40,9 до 37,0 т с га, а ее валовой сбор сократился с 45,1 до 33,5 млн т (на 25,7%) (2012–2014 гг.).

Следует отметить, что уровень развития растениеводства определяет в значительной степени и состояние животноводства. За период с 2012 по 2014 годы производство основных видов продукции животноводства характеризуется тем, что наблюдается увеличение скота и птицы на убой (в живом весе) до 12,9 млн т (на 11,0%), но вместе с тем наблюдается сокращение производства молока до 30,8 млн т (на 3,1%) и яиц до 41,8 млрд шт. (на 0,5%) [4].

Нестабильная ситуация в сельском хозяйстве во многом вызвана состоянием материально-технической базы отрасли. Сложное финансовое положение хозяйствующих субъектов аграрной сферы, дисбаланс цен на технику, горюче-смазочные материалы, запасные части и производимую ими сельскохозяйственную продукцию не позволяют на должном уровне приобретать новую технику и эффективно эксплуатировать имеющуюся в наличии. Только за период с 2012 года по 2014 годы количество тракторов в сельскохозяйственных организациях сократилось на 10,5%, зерноубо-

рочных комбайнов – на 10,7%. [4]. В сложившейся ситуации сельскохозяйственным товаропроизводителям сложно проводить в срок все предусмотренные технологические процессы.

На состояние посевных площадей и общий объем производства существенное влияние оказывает внесение удобрений. Несмотря на то, что, за исследуемый период наблюдается увеличение объемов их внесения в расчете на 1 га посевной площади сельскохозяйственных культур (на 5,3%), сама доза внесения 40 кг удобрений в действующем веществе свидетельствует о довольно низком уровне. В связи с этим продолжается снижение почвенного плодородия.

Решающим фактором устойчивого развития аграрного сектора является его обеспеченность трудовыми ресурсами. После резкого сокращения в 90-е годы, численность работников сельского хозяйства так и не стабилизировалась. За последние три года данный показатель сократился на 4,1% – с 6467 до 6199 тыс. чел. [4].

Несмотря на то, что происходит увеличение среднемесячной оплаты труда работников сельского хозяйства, ее уровень ниже, чем в других отраслях материального производства. В 2014 году он составил только 52,0% от уровня заработной платы работников, занятых в экономике страны, что ослабляет мотивацию трудовой деятельности работников аграрной сферы.

Все это определяет актуальность задач по восстановлению производственного потенциала аграрного сектора экономики страны для достижения необходимых параметров его устойчивого развития.

В условиях ограниченных ресурсных возможностей выполнение задачи по стабилизации и росту объемов производства сельскохозяйственной продукции может быть осуществлено только на инновационной основе. Именно широкое внедрение инноваций, использование ресурсосберегающих технологий, повсеместное осуществление инновационной деятельности позволят обеспечить устойчивое развитие аграрного сектора страны. Это особенно актуально в связи с Указом Президента «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации», ограничивающим импорт ряда товаров из стран, применивших санкции в отношении Российской Федерации.

Для внедрения инновационных технологий в аграрный сектор экономики крайне необходимо формирование надежных источников инвестиционных ресурсов, при

этом следует отметить, что на сельское хозяйство в 2014 году пришлось только 3,7% инвестируемых в основной капитал отраслей экономики ресурсов. В этой связи особенно актуальным является создание благоприятных условий для повышения инвестиционной привлекательности аграрного сектора экономики, что, в свою очередь, возможно только в условиях его перевода на инновационный путь развития.

Инновационное развитие аграрного сектора в сложившихся условиях напрямую связано с реализацией перспективных инвестиционных проектов, что сложно осуществить без государственной поддержки. Важная роль в данном направлении должна отводиться государственной поддержке именно инвестиционных и инновационных процессов, развитию национальных технопарков и технопарков, снижению налогов и инфляционной составляющей затрат с учетом антикризисных мер по оздоровлению ситуации в агропромышленном комплексе страны в целом.

При этом для повышения эффективности системы государственной поддержки необходимо консолидировать как финансовые, так и управленческие ресурсы. Поддержка государственных органов всех уровней управления должна заключаться в их активном участии в процессе разработки программ финансового оздоровления и модернизации аграрного сектора страны.

В данных условиях деятельность работников аппарата управления аграрной сферы должна заключаться не столько в распределении бюджетных средств, сколько в разработке программ, направленных на развитие сельскохозяйственного производства. В соответствии с тем, что государство выделяет средства, оно становится соучастником производственного процесса. Такая система способствует сосредоточению усилий хозяйствующих субъектов аграрной сферы и органов управления на выявлении внутренних резервов и мобилизации внешних источников финансирования. В этой связи квалифицированное управление приобретает все большее значение.

При этом важнейшей составляющей механизма управления процессами обеспечения устойчивости развития аграрного сектора является программно-целевой метод, а с усложнением задач в данном направлении его роль существенно возрастает.

Программы являются одними из наиболее действенных инструментов последовательного проведения экономической, социальной, инвестиционной, инновационной и экологической политик. В отличие от

других инструментов программы нацелены на решение не столько текущих, сколько стратегических задач по реформированию экономики, ее структурной перестройки на основе инвестиционных процессов.

Так, важным импульсом к обеспечению устойчивости аграрного сектора экономики послужила реализация приоритетного национального проекта «Развитие АПК». Целевые установки проекта вошли в Государственную программу «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы». Результаты их реализации позволяют констатировать то, что на данном этапе отечественный аграрный сектор не может быть конкурентоспособным и привлекательным для бизнеса без соответствующего уровня государственной поддержки и широкого использования инноваций.

На современном этапе в стране реализуется Государственная программа «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы». В результате ее реализации предполагается повысить удельный вес российских продовольственных товаров в общем объеме продовольственных ресурсов (зерна – до 99,7%, свекловичного сахара – до 93,2%, растительного масла – до 87,7%, картофеля – до 98,7%, мяса и мясопродуктов – до 88,3%, молока и молокопродуктов – до 90,2%); обеспечить среднегодовой темп прироста объема инвестиций в основной капитал отрасли в размере 4,5%, средний уровень рентабельности сельскохозяйственных организаций не ниже 10–15% (с учетом субсидий), соотношение уровней заработной платы в сельском хозяйстве и в среднем по экономике страны до 55% [3].

Для успешного осуществления программно-целевого регулирования необходимо создание определенных условий, так как может произойти невыполнение заложенных в соответствующие программы показателей, что может возникнуть по таким причинам, как: включение заведомо невыполнимых из-за нехватки ресурсов заданий; допущение ежегодной корректировки величины денежных расходов, в зависимости от возможностей бюджета, приводящее к финансированию аграрных программ по остаточному принципу; отсутствие сочетания и взаимодействия программ между собой; недостаточное обоснование альтернативных путей решения и т.д.

В этой связи важнейшим условием для реализации программ развития аграрного сектора экономики является привлечение

достаточного объема финансовых ресурсов. Для этого, как уже было отмечено, следует создать благоприятные условия для повышения инвестиционной привлекательности. Разработка и реализация целевых программ требует привлечения достаточных финансовых ресурсов за счет создания условий для привлечения инвесторов в аграрную сферу, через обоснованную государственную инновационную политику, направленную на использование достижений научно-технического прогресса.

Важным элементом инновационной деятельности является организация менеджмента инновационного цикла. В Российской Федерации многие полезные для аграрного сектора изобретения оказываются невостребованными во многом именно из-за того, что их потенциал не был раскрыт и представлен. В современных условиях без профессиональных команд менеджеров, консультантов, ориентированных на конечный рыночный результат, нельзя достигнуть успеха на рынке инновационных товаров, технологий и услуг.

В связи с этим, обязательным условием обеспечения эффективности модернизации, является расширение сферы деятельности консультационного обслуживания по вопросам направления, выбора путей и методов модернизации, применения новых технологий, наиболее эффективных технических решений в аграрном секторе экономики.

Кроме того, необходимо признание науки в качестве общенационального приоритета. При этом важно сконцентрировать ресурсы государства и бизнеса на прорывных научных направлениях и инновационных технологиях, способствующих обеспечению конкурентоспособности отечественного аграрного сектора, а также ускорению темпов экономического роста и освоению перспективных рыночных ниш.

На основе создания и внедрения новой отечественной техники и оборудования, в том числе и с участием иностранного капитала, при соответствующей государственной поддержке модернизации возможно повысить эффективность использования ресурсного потенциала и улучшить финансово-экономическое состояние товаропроизводителей аграрной сферы.

### Выводы

Безусловно, инновационное развитие аграрного сектора требует не только ускоренного формирования рынка новаций и услуг биологического и технологического плана, но и восприимчивости к их освоению. Только комплексный подход позволит

создать условия, для повышения конкурентоспособности отечественного сельскохозяйственного производства и привлекательности его для инвестиций, что приведет к положительным сдвигам в решении продовольственной проблемы в стране и экспортной ориентированности отечественного сельскохозяйственного производства.

В связи с этим совершенствование управления инновационной деятельностью в аграрной сфере экономики следует осуществлять на основе:

- развития отраслевой инновационной системы на уровне регионов и страны в целом;
  - активизации деятельности научных учреждений, занимающихся проблемами аграрного сектора экономики;
  - обеспечения нормативно-правовой защиты инновационной деятельности;
  - ускорения применения в аграрном секторе достижений науки и передового опыта;
  - развития деятельности информационно-консультативных служб в аграрной сфере;
  - создания условий, направленных на улучшение финансово-экономического состояния хозяйствующих субъектов аграрной сферы, для возможности осуществления инновационной деятельности;
  - подготовки кадров высокой квалификации для осуществления инновационной деятельности;
  - развития межрегионального и международного сотрудничества в области инновационной деятельности, привлечения иностранных инвестиций для финансирования наиболее значимых и наукоемких инновационных проектов в аграрной сфере.
- Таким образом, восстановить нарушившиеся воспроизводственные процессы, преодолеть отставание от развитых индустриальных стран, возможно только переориентировав аграрный сектор страны на инновационный путь развития, который позволит снизить зависимость страны от импорта продовольствия, обеспечить конкурентоспособность и устойчивость отечественного аграрного сектора экономики.

### Список литературы

1. Доклад о ситуации в экономике, финансово-банковской и социальной сферах регионов в январе-марте 2014 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа [fedpress.ru/tags\\_news/45348](http://fedpress.ru/tags_news/45348) (дата обращения: 29.01.2015).
2. Ерошкина Н.В., Федонина О.В. Приоритетные направления устойчивого развития аграрной сферы региона // Контентус. – 2014. – № 10 (27). – С. 1–7.
3. Мартынов К.П. Проблемы устойчивого развития сельских территорий Республики Мордовия // Казанская наука. – 2013. – № 7. – С. 102–104.
4. Послание Главы Республики Мордовия Государственному Собранию РМ. [Электронный ресурс.] – Режим доступа: <http://e-mordovia.ru/content/view/2531> (дата обращения: 29.01.2015).

5. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа – <http://www.mcx.ru> (дата обращения: 14.05.2015).

6. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа – <http://www.gks.ru> (дата обращения: 19.05.2015).

7. Федонина О.В., Ненюкова Е.В., Ерошкина Н.В. Устойчивое развитие сельских территорий как условие стабильного функционирования АПК Республики Мордовия // Среднерусский вестник общественных наук. – 2013. – № 4. – С. 219–224.

### References

1. Doklad o situacii v jekonomike, finansovo-bankovskoj i socialnoj sferah regionov v janvare-marte 2014 goda. [Jelektronnyj resurs] Rezhim dostupa [fedpress.ru/tags\\_news/45348](http://fedpress.ru/tags_news/45348) (data obrashhenija: 29.01.2015).

2. Erochkina N.V., Fedonina O.V. Prioritetnye napravlenija ustojchivogo razvitija agrarnoj sfery regiona // Kontentus. 2014. no. 10 (27). pp. 1–7.

3. Martynov K.P. Problemy ustojchivogo razvitija selskih territorij Respubliki Mordovija // Kazanskaja nauka. 2013. no. 7. pp. 102–104.

4. Poslanie Glavy Respubliki Mordovija Gosudarstvennomu Sobraniju RM. [Jelektronnyj resurs.] Rezhim

dostupa:<http://e-mordovia.ru/content/view/2531> (data obrashhenija: 29.01.2015).

5. Oficialnyj sajt Ministerstva selskogo hozjajstva Rossijskoj Federacii [Jelektronnyj resurs] Rezhim dostupa <http://www.mcx.ru> (data obrashhenija: 14.05.2015).

6. Federalnaja sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Jelektronnyj resurs] Rezhim dostupa <http://www.gks.ru> (data obrashhenija: 19.05.2015).

7. Fedonina O.V., Nenjukova E.V., Erochkina N.V. Ustojchivoe razvitie selskih territorij kak uslovie stabilnogo funkcionirovanija APK Respubliki Mordovija // Srednerusskij vestnik obshhestvennyh nauk. 2013. no. 4. pp. 219–224.

### Рецензенты:

Горина А.П., д.э.н., профессор кафедры экономики и организации производства, ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск;

Кормишкин Е.Д., д.э.н., профессор кафедры экономической теории, ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск.



УДК 519.2

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО АПК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕД НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

**Шатырко Д.В., Токарев К.Е., Кузьмин В.А.**

*ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград,  
e-mail: tke.vgsha@mail.ru*

Инструментарий, реализующий нечеткую оценку индикаторов развития регионального АПК, производится средствами Fuzzy Logic Toolbox среды MatLab. Для общего анализа адекватности нечеткой модели были построены поверхности нечеткого вывода, что позволило оценить и скорректировать влияние изменения входных данных на значения выходных нечетких переменных. Модуль Fuzzy позволяет строить нечеткие системы типа Мамдани. Это наиболее распространенный способ логического вывода в нечетких системах. В нем используется минимаксная композиция нечетких множеств, наиболее подходящих для анализа, оценки и прогнозирования характеристик развития регионального АПК. Разработка таких моделей требует создания, адаптации и использования адекватных экономико-математических методов, позволяющих учитывать неточность, неполноту и трудности формализации исходных данных и специфического взаимодействия рассматриваемых показателей с позиций устойчивого развития регионального АПК. Таким образом, рассмотренные в статье модели сценарного анализа развития АПК, на основе нечетко-логического вывода, позволяют добиться качественно новых результатов в управлении с.-х. производством.

**Ключевые слова:** моделирование экономического развития, АПК, нечеткий логический вывод, алгоритм Мамдами, функции принадлежности, база правил, MatLab

## MODELING REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT APK USING TOOLS OF FUZZY LOGIC CONCLUSION

**Shatyрко D.V., Tokarev K.E., Kuzmin V.A.**

*FGBOU HPE «Volgograd State Agricultural University», Volgograd, e-mail: tke.vgsha@mail.ru*

Tools, implements fuzzy assessment of indicators of regional agriculture, produced by means of Fuzzy Logic Toolbox environment MatLab. For a general analysis of the adequacy of fuzzy models were built surface of fuzzy inference, which allowed to evaluate and correct the impact of changes in the input data to output values of fuzzy variables. The module allows to build fuzzy systems of two types – Mamdani and Sugeno. In the simulation of regional agrarian and industrial complex used Mamdani type fuzzy systems. This is the most common method of inference in the fuzzy systems. It uses a minimax formulation of fuzzy sets, the most suitable for the analysis, evaluation and forecasting performance of regional agriculture. The development of such models requires the creation, adaptation and use appropriate economic and mathematical methods to take into account the inaccuracy, incompleteness and difficulty of formalizing the initial data and the specific interaction of the considered parameters from a sustainable development of regional agriculture. Thus considered, to become a model scenario analysis of agribusiness development, based on fuzzy logic inference, allow to achieve a qualitatively new results in the management of agricultural production.

**Keywords:** modeling economic development, agriculture, fuzzy logic inference algorithm by Mamdami, membership functions, rule base, MatLab

Рост и развитие сельскохозяйственного производства, повышение эффективности управления региональным агропромышленным комплексом требуют разработки адекватных процедур анализа и прогнозирования их экономического развития с использованием инструментальных сред нечеткого логического вывода. Агропромышленный комплекс является одним из самых крупных производственных кластеров экономики страны.

Анализ первого года членства России в ВТО показывает, что импорт продуктов увеличился на 7%, а экспорт сократился на 13%. При этом, продовольственная инфляция уже выросла на 13,6%. Для сохранения конкурентоспособности субъектов

РФ, государству необходимо наращивать долю компенсаций аграриям, которая сегодня в конечном продукте составляет всего 7%, в то время как в США – 30%, Японии – 70%, в некоторых европейских государствах – более 80%. В противном случае велика вероятность снижения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на внутреннем рынке и международном рынках.

Создание моделей сценарного анализа развития АПК, на основе нечетко-логического вывода, позволит добиться качественно новых результатов в управлении с.-х. производством. Таким образом, исследования в области моделирования экономического развития ре-

гионального АПК приобретают особую актуальность.

В связи с этим все более широкое распространение получают модели прогнозирования развития систем, базирующиеся на нечётком подходе.

Основными их преимуществами являются:

– нечеткая формализации критериев оценки и сравнения: «большинство», «возможно», «преимущественно» и т.д.;

– проведения качественных оценок как входных данных, так и выходных результатов;

– возможность проведения быстрого моделирования сложных динамических систем и их сравнительный анализ с заданной степенью точности [2].

В качестве алгоритма нечеткого логического вывода используется алгоритм Мамдани, который одним из первых был применен в системах нечеткого вывода [3]. Для решения поставленной задачи нечеткого моделирования использована система нечеткого вывода типа Мамдани. Это наиболее распространенный способ логического вывода в нечетких системах. В нем используется минимаксная композиция нечетких множеств. Данный механизм включает в себя следующую последовательность действий (рис. 1).

Выбор концептов нечеткой модели осуществлялся на взаимодействии с экспертной группой, где  $Y_1$  – конкурентоспо-

собности АПК,  $Y_2$  – продовольственная безопасность,  $Y_3$  – ВВП,  $X_1$  – объем государственной поддержки,  $X_2$  – импорт,  $X_3$  – импортные пошлины и квоты,  $X_4$  – инвестиции в АПК,  $X_5$  – инновации в АПК.

На рис. 2 в качестве примера показаны три функция принадлежности треугольной формы  $\mu_i(x)$ , определяющие терм  $X_1$ . В данном случае она принимает значения «низкий» [0: 3,6], «средний» [3,6:8,1] и «высокий» [9: 12,6].

Аналогичным образом строятся функции принадлежности для остальных элементов множества факторов. Заметим, что процедура построения функций принадлежности представляет собой этап фаззификации множества предпосылок, конкретизированные значения которых определяют значения следствий, выводимых в процедуре нечеткого логического вывода.

Была сформирована база правил системы нечеткого вывода (таблица), которая проверялась на избыточность, т.е. с одинаковыми предпосылками и разными заключениями, их оптимизацию проводят на основе экспертной информации. Максимально количество правил в базе определялось следующим соотношением:

$$N = N_{x1} * N_{x2} * \dots * N_{xm} * N_y,$$

где  $N_{x1} * N_{x2} * \dots * N_{xm} * N_y$  – число функций принадлежности для задания входных и выходных переменных.

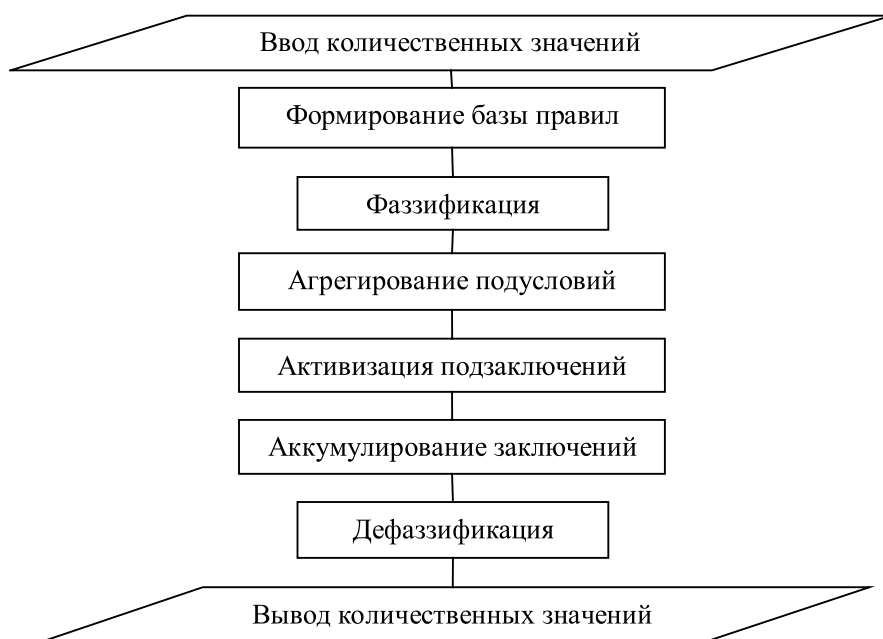


Рис. 1. Алгоритм нечеткого логического вывода

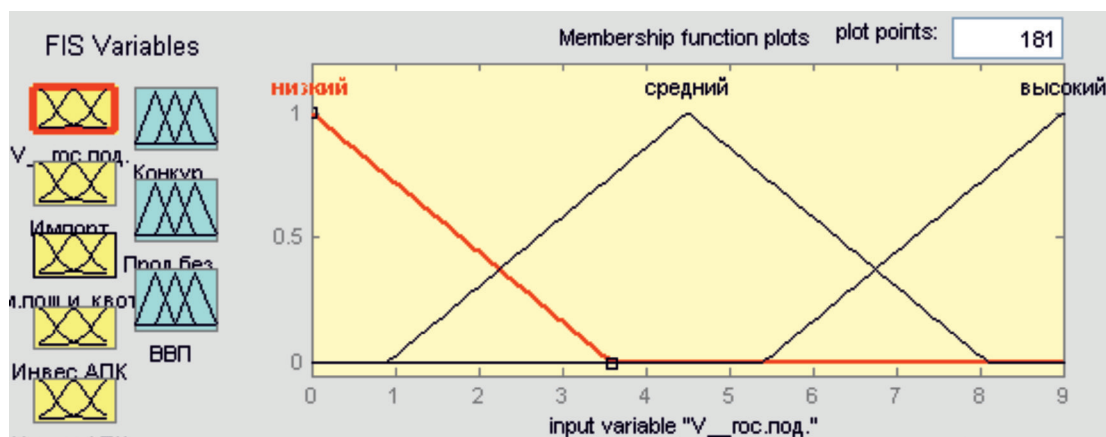


Рис. 2. Построенные функции принадлежности для лингвистической переменной «Объем государственной поддержки»

Нечеткая база правил

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
Низкий	Высокий	Низкие	Низкие	Низкие	Низкая	Низкая	Низкий
Высокий	Средний	Средние	Высокие	Высокие	Средняя	Средняя	Средний
–	Высокий	–	–	Низкие	Низкая	–	Низкий
Средний	–	–	Высокие	Высокие	Высокая	–	–
–	Высокий	Низкие	–	–	Высокая	–	–
Средний	–	–	Высокие	Высокие	Средняя	Средняя	–
–	–	–	Низкие	Низкие	Низкая	–	–

Проанализируем сформулированную базу правил. Правила 1 и 2 построены с помощью оператора И.

Поскольку правило 3 имеет коэффициент достоверности 0,7, то его активизация приводит к нечеткому множеству по x<sub>1</sub>, ограничение которого сверху определяется произведением F<sub>3</sub> = 0,7 на степень принадлежности 0,9, получим функцию принадлежности μ', ограниченную сверху значением 0,63.

В качестве терм-множеств для входных лингвистических переменных X<sub>1</sub>, ..., X<sub>5</sub> и Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> используются соответственно множества T<sub>1</sub> = {«низкий», «средний», «высокий»}.

Моделирование значений конкурентоспособности АПК проводилась по инвестициям и инновациям. Для проведения анализа полученных результатов по принятым критериям нечеткой модели поверхность нечеткого вывода визуализируется в координатах x – конкуренто-

способность, y – инновации, z – инвестиции.

При низком уровне инвестиций и инноваций показатель конкурентоспособности оказывается существенно низким. При умеренных инновациях конкурентоспособность существенно возрастет, а при существенном увеличении инвестиций наблюдается существенное увеличение инноваций, а значит, и конкурентоспособности АПК.

Программная реализация модели развития регионального АПК осуществлена с использованием расширения Fuzzy Logic Toolbox среды MATLAB, в которой реализованы десятки функций математического аппарата нечетко-логического моделирования.

С помощью построенной модели были проанализированы зависимости влияния изменения входных факторов на уровень конкурентоспособности и изменение ВПП (рис. 3).

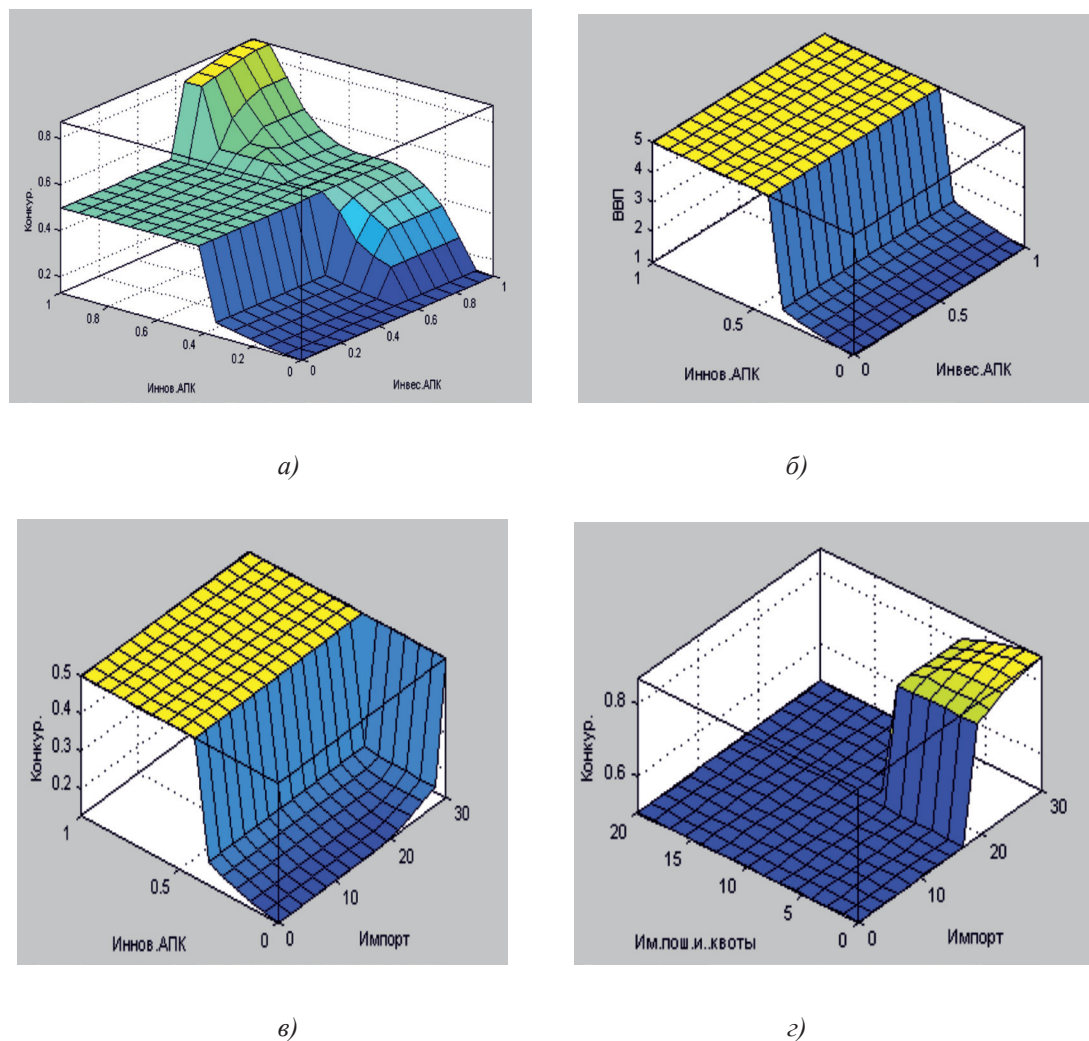


Рис. 3. Визуализация поверхностей нечеткого вывода модели экономического развития регионального АПК

Градации уровней экономического развития регионального АПК представлена нами в следующем виде:

■ – высокий уровень экономического развития регионального АПК;

■ – нормальный уровень экономического развития регионального АПК;

■ – низкий уровень (критический) экономического развития регионального АПК.

Разработанная модель прогнозирования экономического развития регионального АПК позволяет с достаточной достоверностью прогнозировать динамику при известных статистических и экспертных значениях входных параметров. В частности, выявлены тенденции повышения уровня конкурентоспособности региональных кластеров сельскохозяйственного производства за счет увеличения инвестиционной при-

влекательности сельхозтоваропроизводителей, ввода дополнительных пошлин и квот на импорт продукции, а также внедрения инновационных технологий производства с.-х. продукции.

Таким образом, разработанная нечеткая модель позволяет прогнозировать уровень конкурентоспособности АПК и управлять данным показателем с помощью исследованных концептов инвестиций и инноваций. Применение нечеткого моделирования для развития регионального АПК позволит повысить качество управленческих решений, тем самым увеличить конкурентоспособность АПК региона, в процессе проведения сценарного анализа.

#### Список литературы

1. Гагарин А.Г. Экспертное оценивание экстремальных значений параметров экономических систем / Гагарин А.Г.,

Рогачев А.Ф. // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2006. – № 5. – С. 222–225.

2. Кузьмин В.А., Токарев К.Е. Оценка угроз экономической безопасности методом иерархического синтеза // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: [www.science-education.ru/108-8787](http://www.science-education.ru/108-8787).

3. Кузьмин В.А., Токарев К.Е. Реализация алгоритма обеспечения экономической безопасности на основе нечетко-множественного подхода в среде MatLab // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – № 7 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/07/15773>.

4. Рогачев А.Ф. Математическое обеспечение системы поддержки принятия решений на основе ГИС-технологий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 2. – С. 144–151.

5. Рогачев А.Ф. Оптимизация инновационных проектных решений в продовольственной сфере // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1 (37). – С. 223–228.

6. Рогачев А.Ф. Нечеткое моделирование эколого-экономических систем / Рогачев А.Ф., Федорова Я.В. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 317.

7. Терелянский П.В. Математические и инструментальные средства поддержки принятия решений в экономике / П.В. Терелянский // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – № 6. – С. 461–471.

8. Токарев К.Е., Рогачев А.Ф. Информационное обеспечение принятия решений при многокритериальной оценке качества оказания услуг // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2; URL: [www.science-education.ru/102-5578](http://www.science-education.ru/102-5578).

9. Токарев К.Е., Шатырко Д.В., Процюк М.П. Когнитивное моделирование продовольственной безопасности регионального АПК // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 10 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/10/38352>.

10. Natalia Skiter, Aleksey F. Rogachev, Tamara I. Mazaeva. Modeling Ecological Security of a State // Mediterian Journal of Social Science. Vol. 6 No. 3 S. 6 June 2015. P. 185–192.

### References

1. Gagarin A.G. Jekspertnoe ocenivanie jekstremalnyh znachenij parametrov jekonomicheskikh sistem / Gagarin A.G.,

Rogachev A.F. // Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2006. no. 5. pp. 222–225.

2. Kuzmin V.A., Tokarev K.E. Ocenka ugroz jekonomicheskoy bezopasnosti metodom ierarhicheskogo sinteza // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 2; URL: [www.science-education.ru/108-8787](http://www.science-education.ru/108-8787).

3. Kuzmin V.A., Tokarev K.E. Realizacija algoritma obespečenija jekonomicheskoy bezopasnosti na osnove nechetko-mnozhestvennogo podhoda v srede MatLab // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2012. no. 7 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/07/15773>.

4. Rogachev A.F. Matematicheskoe obespečenje sistemy podderzhki prinjatija reshenij na osnove GIS-tehnologij // Izvestija Nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2009. no. 2. pp. 144–151.

5. Rogachev A.F. Optimizacija innovacionnyh proektnykh reshenij v prodovolstvennoj sfere // Izvestija Nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2015. no. 1 (37). pp. 223–228.

6. Rogachev A.F. Nечetкое моделирование jekologo-jekonomicheskikh sistem / Rogachev A.F., Fedorova Ja.V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 5. pp. 317.

7. Tereljanskij P.V. Matematicheskie i instrumentalnye sredstva podderzhki prinjatija reshenij v jekonomike / P.V. Tereljanskij // Audit i finansovyj analiz. 2008. no. 6. pp. 461–471.

8. Tokarev K.E., Rogachev A.F. Informacionnoe obespečenje prinjatija reshenij pri mnogokriterialnoj ocenke kachestva okazanija uslug // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. no. 2; URL: [www.science-education.ru/102-5578](http://www.science-education.ru/102-5578).

9. Tokarev K.E., Shatyрко D.V., Procyuk M.P. Kognitivnoe modelirovanie prodovolstvennoj bezopasnosti regionalnogo APK // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2014. no. 10 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/10/38352>.

10. Natalia Skiter, Aleksey F. Rogachev, Tamara I. Mazaeva. Modeling Ecological Security of a State // Mediterian Journal of Social Science. Vol. 6 No. 3 S. 6 June 2015. pp. 185–192.

### Рецензенты:

Скитер Н.Н., д.э.н., профессор кафедры «Страхование и финансово-экономический анализ», ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ», г. Волгоград;

Рогачев А.Ф., д.т.н., профессор, зав. каф. «ММИИ», ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ», г. Волгоград.

УДК 332.1 (470.6)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАЦИЙ И РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

<sup>1</sup>Шогенов Б.А., <sup>2</sup>Кушков А.П.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»,  
Нальчик, e-mail: A.Nagoev@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»,  
Нальчик

В статье на материалах Северо-Кавказского федерального округа, исходя из предложенной методики, анализируются закономерности социально-экономических трансформаций соответствующих регионов, осуществляется оценка устойчивого, сбалансированного развития с прогнозированием валового регионального продукта изучаемых субъектов Федерации на ближайшие годы. Исследование закономерностей развития социально-экономических систем определяется поиском объективно существующих существенных и формализованных количественными аргументами связей или явлений в общественной жизни, на основе изучения совокупности экономических характеристик. Современные условия развития экономики российских регионов трансформируются под комплексным воздействием и взаимовлиянием специфических процессов регионализации, обусловивших, в том числе, формирование специфических сред протекания кризисных процессов в каждом отдельном регионе. Предложенная методика в режиме информационной технологии с помощью Excel и корреляционно-регрессионного анализа может использоваться для комплексного исследования социально-экономического состояния и развития региональной экономики в последующие годы.

**Ключевые слова:** регион, региональная экономика, валовой региональный продукт, индексы, физические объёмы, развитие, трансформации, ценовой фактор

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF LAWS OF TRANSFORMATION REGION NORTH CAUCASUS FEDERAL DISTRICT

<sup>1</sup>Shogenov B.A., <sup>2</sup>Kushkov A.P.

<sup>1</sup>Kabardino-Balkarian state agrarian university of V.M. Kokov, Nalchik, e-mail: A.Nagoev@yandex.ru;

<sup>2</sup>FGBOU VPO «The Kabardino-Balkarian university of H.M. Berbekova», Nalchik

In article on materials of North Caucasus federal district, proceeding from the offered technique, regularities of social and economic transformations of the respective regions are analyzed, the assessment of the sustainable, balanced development with forecasting of a gross regional product of the studied subjects of Federation for the next years is carried out. Research of regularities of development of social and economic systems is defined by search of the essential and formalized by quantitative arguments communications or the phenomena which are objectively existing in public life, on the basis of studying of set of economic characteristics. Modern conditions of development of economy of the Russian regions are transformed under complex influence and interference of the specific processes of regionalization which caused including, formation of specific environments of course of crisis processes in each certain region. The offered Is offered a technique, in the mode of information technology, by means of Excel and the correlation and regression analysis, can be used for complex research of a social and economic state and development of regional economy in the next years.

**Keywords:** state, regional economy, gross regional product, indexes, volumes, development, transformation, the price factor

Региональная экономика, как хозяйственная деятельность территориального сообщества в рамках отношений, складывающихся в системе производства, распределения, обмена и потребления, характеризуется значительной размерностью, наличием и взаимосвязью различных подсистем, особенностями специализации производства, иерархичностью структуры и многоконтурностью управления.

Современные условия развития экономики российских регионов трансформируются под комплексным воздействием и взаимовлиянием специфических процессов регионализации (обусловивших, в том числе, формирование специфических сред

протекания кризисных процессов в каждом отдельном регионе), управленческих воздействий органов государственной власти федерального и регионального уровней, различных моделей поведения хозяйствующих субъектов в региональной экономической среде [2, 8].

Общими для всех подходов является то, что к числу основных принципов формирования и реализации стратегии устойчивого развития региона относятся: фокусировка на наиболее существенных вызовах и проблемах в социально-экономической сфере, адекватность организационно-производственных и обеспечивающих структур осуществляемым на территории региона биз-

нес-процессам (в том числе инновационной направленности), активизация инвестиционной деятельности, интеграция региона в национальное и мировое экономическое пространство, обеспечение сбалансированности развития системообразующих элементов регионального хозяйства [1, 4].

Важнейшей экономической характеристикой деятельности субъектов Российской Федерации является валовой региональный продукт в системе его абсолютных и относительных показателей, существенно различающихся в динамике: объёмов в текущих ценах; факторов их трансформаций (физических темпов роста и индекса цен); расчётных, сопоставимых объёмов в постоянных ценах.

Для анализа устойчивости функционирования региональных социально-экономических систем используется метод вариационного анализа [1], позволяющий выявить отклонения фактических характеристик валового регионального продукта от его тренда, рассчитать необходимые значения (без учёта знака) средних линейных отклонений и ошибок аппроксимации.

Поэтому совокупность индексного и вариационного анализа даёт возможность осуществить по регионам в динамике оценку характеристик темпов роста физических объёмов валового регионального продукта, ошибок аппроксимации и индексов цен.

На этой основе, исходя из данных Росстата [3, 5, 7], по регионам Северо-Кавказского федерального округа в среднем за 2007–2013 гг. проведены необходимые расчёты, позволяющие выявить специфику каждого из анализируемых субъектов Федерации.

Исследование развития региональной экономики должно базироваться, с позиций изучения валового регионального продукта, на учёте темпов роста его физических объёмов, а также цен и колеблемости в динамике этого главного экономического показателя субъектов Федерации.

Разработанная для решения этой проблемы на региональном уровне по субъектам Российской Федерации соответствующая методика [2], апробированная на материалах Северо-Кавказского федерального округа, включает ряд этапов исследования и расчётов.

На первом этапе по регионам, с учетом индексов физического объёма ВРП, начиная от последнего до первого года динамики, рассчитываются сопоставимые (в постоянных ценах последнего года) характеристики валового регионального продукта.

Логика второго этапа определяется индексным анализом ВРП регионов, с позиций влияния индексов физических объёмов

и цен на совокупный индекс общих объёмов валового регионального продукта в текущих ценах.

Сущность третьего этапа заключается в расчётах регрессионных моделей по каждому субъекту Федерации, которые характеризуют зависимости объёмов сопоставимого валового регионального продукта от фактора времени.

На четвёртом этапе расчётов по каждому региону определяются размеры случайных отклонений сопоставимых уровней валового регионального продукта от соответствующих регрессионных характеристик по годам.

На базе случайных отклонений, в рамках пятого этапа расчётов, находятся коэффициенты устойчивости, характеризующие уровни стабильности социально-экономического развития конкретных регионов, с позиций валового регионального продукта.

Сущность шестого этапа заключается в оценке сбалансированности экономического развития по регионам, с учётом индексов физических объёмов ВРП, характеристик устойчивости и ценового фактора.

На седьмом этапе расчётов, исходя из сопоставимых объёмов ВРП, осуществляется прогнозирование важнейшего экономического показателя по регионам на перспективу.

Проведенные в рамках данной методики, на основе соответствующей информационной технологии, расчёты дают возможность осуществить комплексное изучение социально-экономического развития субъектов РФ, в данном случае регионов Северо-Кавказского федерального округа.

Судя по отчётным данным [3], валовой региональный продукт в текущих ценах за 2007–2013 гг. (в сопоставлении 2013 г. с 2006 г.), как в абсолютных, так и относительных характеристиках, увеличивался, при непрерывном росте по всем регионам, за исключением Чечни и Ингушетии, где наблюдалось снижение в 2011 г.

Как видно, за анализируемый период самые высокие темпы роста валового регионального продукта в текущих ценах (то есть, при влиянии и физических объёмов, и ценового фактора) наблюдаются по Чеченской Республике, при самых низких – по Кабардино-Балкарии.

Наряду со значительными различиями по регионам объёмов и темпов роста валового регионального продукта в текущих ценах в целом за 2007–2013 гг., существенные трансформации наблюдаются по годам анализируемой динамики с позиций индексов совокупных и физических объёмов ВРП, а также цен.

Расчёты соответствующих цепных совокупных индексов валового регионального продукта в текущих ценах свидетельствуют о том, что они по ранжированным регионам существенно колеблются (соответственно, от 124 до 100,8%, от 137,8 до 106,4%, от 126,8 до 112,9%, от 148,6 до 97%, от 139 до 109,3%, от 139,1 до 108%, от 147,3 до 103,2%), при большей вариации по Чеченской и Ингушской республикам, меньшей – по КБР.

Индексы физического объема валового регионального продукта (в постоянных ценах, в процентах к предыдущему году) по годам анализируемой динамики в ранжированных регионах соответственно изменяются: от 108,3 до 97,7%, от 117 до 103,6%, от 107,9 до 104,1%, от 126,4 до 90,3%, от 112,4 до 100,4%, от 113,5 до 101%, от 126,3 до 87,9%. Лучшие характеристики, как правило, наблюдаются до 2010 г., – худшие позже – в кризисные годы развития.

Высокие параметры колеблемости в динамике характерны также для индексов цен, во всех случаях превышающих 100%-ый уровень, максимальные и минимальные значения которых по ранжированным регионам, соответственно, составляют: 168,9 и 103,2%, 122,3 и 102,7%, 117,6 и 107,8%, 126,2 и 107,5%, 123,7 и 108,3%, 120,6 и 107%, 147,3 и 103,2%.

Расчёты по регионам СКФО показали наличие зависимости индексов физических объемов ВРП от ценового фактора с позиций как индекса цен, в рамках его изучения в системе индексов валового регионального продукта, так и индекса потребительских цен (табл. 1).

со 110,9 до 111,2%), индексы физических объемов ВРП снижаются на 2,1 процентных пункта.

Аналогичные исследования, проведенные как в целом по стране, так и по различным субъектам Федерации [1, 5, 6 и др.], приводят к важным выводам о негативном влиянии непрерывно продолжающегося роста внутренних цен и тарифов на реальные объемы производства продукции и увеличение инфляции.

Иными словами, такой рост цен не только не приводит к росту реальных объемов производства товаров и услуг, но, наоборот, обуславливает их уменьшение. Когда этот процесс идет из года в год, что характерно для российской экономики, рано или поздно начинается стабилизация (что и наблюдается в стране в настоящее время), далее возможно снижение экономического роста.

С учётом выявленных взаимосвязей отдельных характеристик (рост индексов физических объемов свидетельствует об увеличении ВРП; снижение вариации характеризует большую устойчивость экономики; повышение цен негативно сказывается на реальных объемах деятельности), осуществляется оценка сбалансированности экономического развития.

Расчеты, исходя из объема ВРП последнего года и индексов физических объемов по годам анализируемой динамики, позволяют определить в постоянных ценах 2013 г. объемы сопоставимого валового регионального продукта по изучаемым субъектам Федерации.

По Ставропольскому краю сопоставимые объемы ВРП возросли с 300,9 млрд руб.

**Таблица 1**

Взаимосвязь по регионам СКФО индекса физических объемов ВРП с индексами цен (в среднем за 2005–2011 гг.)

Группы регионов	Инд. физ. объёмов ВРП, %	Индексы цен ВРП, %	Соотн. инд. физ. объёмов и цен	Индексы потребит. цен, %
1 группа	107,5	105,6	0,982	110,9
2 группа	105,4	118,6	1,125	111,2

В первую группу регионов входят республики Ингушетия, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия-Алания и Чеченская с большими индексами цен ВРП (колеблющихся от 126,4% до 119,7%), тогда как в Кабардино-Балкарии, Дагестане и Ставропольском крае эти характеристики существенно меньше.

Как видно, по мере увеличения индексов цен ВРП со 105,6% в первой группе регионов до 118,6% во второй группе (аналогично по потребительским ценам

в 2007 г. до 400 млрд руб. в 2013 г. (при снижении в 2009 г.), то есть на 43,9%.

Для Республики Дагестан характерен непрерывный рост объемов валового регионального продукта от 176,7 млрд руб. в 2007 г. до 327 млрд руб. в 2013 г., или на 101,4%.

В Кабардино-Балкарской Республике они изменяются с 66,8 млрд руб. в 2007 г. до 90,6 млрд руб. в 2013 г., а за период они увеличились, в рамках тенденции непрерывного роста, на 46,2%.



По Чеченской Республике расчётные объёмы ВРП возросли с 59,5 млрд руб. в 2007 г. до 86,3 млрд руб. в 2013 г. (при последовательном снижении в 2011–2012 гг.), то есть за весь период на 53,7%.

Для Республики Северная Осетия-Алания характерен непрерывный рост сопоставимых объёмов валового регионального продукта от 63,5 млрд руб. в 2007 г. до 85,2 млрд руб. в 2013 г., или на 41,5%.

В Карачаево-Черкесской Республике они изменяются с 36,1 млрд руб. в 2007 г. до 49,6 млрд руб. в 2013 г., а в целом увеличились, в рамках тенденции непрерывного роста, на 47,3%.

По Республике Ингушетия сопоставимые объёмы ВРП за анализируемый период возросли на 24,1% от 21,5 млрд руб. в 2007 г. до 26,1 млрд руб. в 2013 г. (при значительной колеблемости, в том числе, снижении, по сравнению с предыдущими годами в 2006 г. и 2008–2009 гг.).

Рассчитаны отклонения сопоставимых объёмов ВРП от расчётных (по регрессионным моделям), позволившие определить характеристики вариации валового регионального продукта в рамках анализируемой динамики по регионам, с дальнейшей оценкой сбалансированности экономического развития (табл. 2).

о специфических особенностях интегральных характеристик сбалансированного развития регионов Северо-Кавказского федерального округа.

По средним характеристикам лучшая ситуация наблюдается в Республике Дагестан (РД), а также в Ставропольском крае (СК) и Кабардино-Балкарии (КБР), средняя – в РСО-Алании (РСО) и Карачаево-Черкесии (КЧР), худшая – в Чеченской республике (ЧР) и Ингушетии (РИ).

С позиций динамики различия между этими регионами более существенные. Минимальные и максимальные интегральные коэффициенты по годам составляют: по Ставропольскому краю – 0,884 и 0,984; по Республике Дагестан 0,932 и 1,081; по Кабардино-Балкарской Республике – 0,920 и 0,989; по Чеченской Республике – 0,617 и 1,094; по РСО-Алании – 0,862 и 0,978; по Карачаево-Черкесской Республике 0,894 и 0,989; по Республике Ингушетия – 0,715 и 0,966.

Ещё более рельефно выраженными являются, судя по интегральным характеристикам, тенденции экономического развития. Лучшая динамика сбалансированного развития характерна для Северной Осетии-Алании и Карачаево-Черкесии, где при пяти годах позитивных трансформаций

Таблица 2

Динамика развития регионов Северо-Кавказского федерального округа (в среднем за 2005–2011 гг.)

Показатели	СК	РД	КБР	ЧР	РСО	КЧР	РИ
ВРП факт, млрд руб.	261,9	206,7	60,1	55,8	58,5	33,6	16,8
Общий индекс ВРП, %	327,2	405,2	312,0	719,3	351,0	377,9	420,5
Индекс физ. объёмов ВРП, %	143,9	201,4	146,2	153,7	141,5	147,3	124,1
Индекс цен, %	227,3	201,2	213,4	468,0	248,1	256,6	338,9
Вариация, %	1,198	1,198	0,583	4,772	1,032	1,176	5,204
Индекс сбал. развития, %	0,937	1,001	0,948	0,861	0,923	0,924	0,866

Средние линейные отклонения (без учёта знака) колеблются по анализируемым регионам от 458 и 518 млн руб. по республикам Кабардино-Балкария и Карачаево-Черкесия до 3780 и 4224 млн руб. по Дагестану и Ставропольскому краю.

Соответственно, самые низкие характеристики вариации (рассчитанные на основе средних линейных отклонений), а также устойчивости характерны для КБР и РСО-Алании при самых высоких оценках по Чеченской республике и Ингушетии.

Полученные в результате таких расчётов итоговые данные свидетельствуют

(по сравнению с предшествующими годами) в двух наблюдаются негативные.

По республикам Дагестан, Чеченской и Кабардино-Балкарии такое соотношение несколько хуже, в трёх случаях темпы изменения интегральной характеристики снижаются, в четырёх – возрастают. При этом особая специфика свойственна последнему региону.

Так, в начале анализируемого периода по КБР соответствующие коэффициенты возрастали (с 0,925 в 2007 г. до 0,989 в 2010 г.), далее, начиная с кризисного 2011 года, они непрерывно снижаются (до 0,902 в 2013 г.).

Таким образом, для Кабардино-Балкарской Республики характерным является ухудшение сбалансированного развития региональной экономики, особенно в последний год, со значимой возможностью большей разбалансированности экономики в ближайшие годы.

Кроме того, судя по динамизму, сочетанию лет с падением (пять лет) и ростом (два года) экономического развития, худшая ситуация, с позиций устойчивого сбалансированного развития, характерна для Ставропольского края и Республики Ингушетия. Заключительным этапом реализации методики комплексного исследования социально-экономического состояния и развития регионов являются прогнозные расчёты (в постоянных ценах) ВРП в рамках инерционного, пессимистического и оптимистического вариантов, с учётом интервальных оценок предвидения при определённой вероятности. Расчёты показывают, что по республике Дагестан и особенно Карачаево-Черкесской, Ингушской и Чеченской в ближайшие годы возможно ухудшение экономической ситуации, тогда как по другим регионам объём валового регионального продукта в сопоставимых ценах должен возрастать. Предложенная методика в режиме информационной технологии с помощью Excel и корреляционно-регрессионного анализа, используется для комплексного исследования социально-экономического состояния и развития региональной экономики в последующие годы.

#### Список литературы

1. Бабков Г.А., Муратова Л.И., Понамаренко С.А. Методика экономических исследований и расчётов в региональной и сервисной экономике. – Шахты: ЮРГУЭС. – 2009.
2. Кушхов А.П., Ашхотов В.Ю. Оценка устойчивости развития региональной экономики. – Нальчик: КБСХА. – 2012.
3. Национальные счета России в 2006–2013 годах. – Росстат. – 2014.
4. Нагоев А.Б. Организационно-экономические аспекты прогнозирования промышленности региона // Вестник

института Дружбы народов Кавказа. «Теория экономики и управления народным хозяйством». – 2013. – № 1(25). – С. 36–38.

5. Регионы России. Социально-экономические показатели. – Росстат. – 2014.
6. Сахнов С.Н., Сафронов А.Е. Факторы функционирования отраслей в национальной и региональной экономике // Российское предпринимательство. – 2012. – № 3.
7. Шурдумова Э.Г., Нагоев А.Б., Пахомов Р.И. Инвестиционное обеспечение устойчивого развития региона на современном этапе // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–11. – С. 2545–2549.
8. Энергограбёж: в РФ за энергоресурсы платят больше, чем на Западе // АИФ. – 2013. – № 47.

#### References

1. Babkov G.A., Muratova L.I., Ponomarenko S.A. Metodika jekonomicheskikh issledovanij i raschjotov v regionalnoj i servisnoj jekonomike. Shahty: JuRGUJeS. 2009.
2. Kushhov A.P., Ashhotov V.Ju. Ocenka ustojchivosti razvitija regionalnoj jekonomiki. Nalchik: KBSHA. 2012.
3. Nacionalnye scheta Rossii v 2006–2013 godah. Rosstat. 2014.
4. Nagoev A.B. Organizacionno-jekonomicheskie aspekty prognozirovanija promyshlennosti regiona // Vestnik instituta Druzhyby narodov Kavkaza. «Teorija jekonomiki i upravlenija narodnym hozjajstvom». 2013. no. 1(25). pp. 36–38.
5. Regiony Rossii. Socialno-jekonomicheskie pokazateli. Rosstat. 2014.
6. Sahnov S.N., Safronov A.E. Faktory funkcionirovanija otraslej v nacionalnoj i regionalnoj jekonomike // Rossijskoe predprinimatelstvo. 2012. no. 3.
7. Shurdumova Je.G., Nagoev A.B., Pahomov R.I. Investicionnoe obespechenie ustojchivogo razvitija regiona na sovremennom jetape // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 9–11. pp. 2545–2549.
8. Jenergograbjozh: v RF za jenergoresursy platjat bolshe, chem na Zapade // AIF. 2013. no. 47.

#### Рецензенты:

Мустафаева З.А., д.э.н., профессор, профессор кафедры менеджмента и маркетинга, ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик;

Нагоев А.Б., д.э.н., профессор, профессор кафедры менеджмента и маркетинга, ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик.