ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
«АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 11 2012
Часть 3

Научный журнал

Электронная версия
www.fr.rae.ru
12 выпусков в год
Импакт фактор
РИНЦ (2011) – 0,144

Журнал включен в Перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов

Журнал основан в 2003 г.
ISSN 1812-7339

Учредитель – Академия Естествознания
123557, Москва,
ул. Пресненский вал, 28
Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-15598
ISSN 1812-7339

АДРЕС РЕДАКЦИИ
440026, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3
Тел/Факс редакции 8 (8412)-56-17-69
e-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать 09.11.2012

Формат 60x90 1/8
Типография
ИД «Академия Естествознания»
440000, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3

Технический редактор
Кулакова Г.А.
Корректор
Соколова Ю.А.

Усл. печ. л. 36,25.
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2012/11
Подписной индекс
33297

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
д.м.н., профессор Ледванов М.Ю.
д.м.н., профессор Курзанов А.Н.
д.ф.-м.н., профессор Бичурин М.И.
д.б.н., профессор Юров Ю.Б.
д.б.н., профессор Ворсанова С.Г.
к.ф.-м.н., доцент Меглинский И.В.

Директор
к.м.н. Стукова Н.Ю.

Ответственный секретарь
к.м.н. Бизенкова М.Н.

ИД «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» 2012

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
«АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Медицинские науки

д.м.н., профессор Бессмельцев С.С. (Санкт-Петербург)
д.м.н., профессор Гальцева Г.В. (Новороссийск)
д.м.н., профессор Гладилин Г.П. (Саратов)
д.м.н., профессор Горькова А.В. (Саратов)
д.м.н., профессор Каде А.Х. (Краснодар)
д.м.н., профессор Казимирова Н.Е. (Саратов)
д.м.н., профессор Ломов Ю.М. (Ростов-на-Дону)
д.м.н., профессор Лямина Н.П. (Саратов)
д.м.н., профессор Максимов В.Ю. (Саратов)
д.м.н., профессор Молдавская А.А. (Астрахань)
д.м.н., профессор Пятакович Ф.А. (Белгород)
д.м.н., профессор Редько А.Н. (Краснодар)
д.м.н., профессор Романцов М.Г. (Санкт-Петербург)
д.м.н., профессор Румш Л.Д. (Москва)
д.б.н., профессор Сентябрев Н.Н. (Волгоград)
д.фарм.н., профессор Степанова Э.Ф. (Пятигорск)
д.м.н., профессор Терентьев А.А. (Москва)
д.м.н., профессор Хадарцев А.А. (Тула)
д.м.н., профессор Чалык Ю.В. (Саратов)
д.м.н., профессор Шейх-Заде Ю.Р. (Краснодар)
д.м.н., профессор Щуковский В.В. (Саратов)
д.м.н., Ярославцев А.С. (Астрахань)

Технические науки

д.т.н., профессор Антонов А.В. (Обнинск)
д.т.н., профессор Арютов Б.А. (Нижний Новгород)
д.т.н., профессор Бичурин М.И. (Великий Новгород)
д.т.н., профессор Бошенятов Б.В. (Москва)
д.т.н., профессор Важенин А.Н. (Нижний Новгород)
д.т.н., профессор Гилёв А.В. (Красноярск)
д.т.н., профессор Гоц А.Н. (Владимир)
д.т.н., профессор Грызлов В.С. (Череповец)
д.т.н., профессор Захарченко В.Д. (Волгоград)
д.т.н., профессор Кирьянов Б.Ф. (Великий Новгород)
д.т.н., профессор Клевцов Г.В. (Оренбург)
д.т.н., профессор Корячкина С.Я. (Орел)
д.т.н., профессор Косинцев В.И. (Томск)
д.т.н., профессор Литвинова Е.В. (Орел)
д.т.н., доцент Лубенцов В.Ф. (Ульяновск)
д.т.н., ст. науч. сотрудник Мишин В.М. (Пятигорск)
д.т.н., профессор Мухопад Ю.Ф. (Иркутск)
д.т.н., профессор Нестеров В.Л. (Екатеринбург)
д.т.н., профессор Пачурин Г.В. (Нижний Новгород)
д.т.н., профессор Пен Р.З. (Красноярск)
д.т.н., профессор Попов Ф.А. (Бийск)
д.т.н., профессор Пындак В.И. (Волгоград)
д.т.н., профессор Рассветалов Л.А. (Великий Новгород)
д.т.н., профессор Салихов М.Г. (Йошкар-Ола)
д.т.н., профессор Сечин А.И. (Томск)

Педагогические науки

к.п.н. Арутюнян Т.Г. (Красноярск)
д.п.н., профессор Голубева Г.Н. (Набережные Челны)
д.п.н., профессор Завьялов А.И. (Красноярск)
д.филос.н., профессор Замогильный С.И. (Энгельс)
д.п.н., профессор Ильмушкин Г.М. (Димитровград)
д.п.н., профессор Кирьякова А.В. (Оренбург)
д.п.н., профессор Кузнецов А.С. (Набережные Челны)
д.п.н., профессор Литвинова Т.Н. (Краснодар)
д.п.н., доцент Лукьянова М. И. (Ульяновск)
д.п.н., профессор Марков К.К. (Красноярск)
д.п.н., профессор Стефановская Т.А. (Иркутск)
д.п.н., профессор Тутолмин А.В. (Глазов)

Геолого-минералогические науки

д.г.-м.н., профессор Лебедев В.И. (Кызыл)

Искусствоведение

д. искусствоведения Казанцева Л.П. (Астрахань)

Филологические науки

д.филол.н., профессор Гаджиахмедов Н.Э. (Дагестан)

Химические науки

д.х.н., профессор Брайнина Х.З. (Екатеринбург)
д.х.н., профессор Дубоносов А.Д. (Ростов-на-Дону)
д.х.н., профессор Полещук О.Х. (Томск)

Экономические науки

д.э.н., профессор Безрукова Т.Л. (Воронеж)
д.э.н., профессор Зарецкий А.Д. (Краснодар)
д.э.н., профессор Князева Е.Г. (Екатеринбург)
д.э.н., профессор Куликов Н.И. (Тамбов)
д.э.н., профессор Савин К.Н. (Тамбов)
д.э.н., профессор Щукин О.С. (Воронеж)

Иностранные члены редакционной коллегии

Asgarov S. (Azerbaijan)
Alakbarov M. (Azerbaijan)
Babayev N. (Uzbekistan)
Chiladze G. (Georgia)
Datskovsky I. (Israel)
Garbuz I. (Moldova)
Gleizer S. (Germany)
Ershina A. (Kazakhstan)
Kobzev D. (Switzerland)
Ktshanyan M. (Armenia)
Lande D. (Ukraine)
Makats V. (Ukraine)
Miletic L. (Serbia)
Moskovkin V. (Ukraine)
Murzagaliyeva A. (Kazakhstan)
Novikov A. (Ukraine)
Rahimov R. (Uzbekistan)
Romanchuk A. (Ukraine)
Shamshiev B. (Kyrgyzstan)
Usheva M. (Bulgaria)
Vasileva M. (Bulgaria)

ИД «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» 2012

THE PUBLISHING HOUSE «ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

THE FUNDAMENTAL RESEARCHES

№ 11 2012
Part 3
Scientific journal

The journal is based in 2003

The electronic version takes place on a site www.fr.rae.ru
12 issues a year

EDITORS-IN-CHIEF

Ledvanov M.Yu. *Russian Academy of Natural History (Moscow, Russian Federation)*
Kurzanov A.N. *Kuban' Medical Academy (Krasnodar Russian Federation)*
Bichurin Mirza I. *Novgorodskij Gosudarstvennyj Universitet (Nizhni Novgorod, Russian Federation)*
Yurov Y.B. *Moskovskij Gosudarstvennyj Universitet (Moscow, Russian Federation)*
Vorsanova S.G. *Moskovskij Gosudarstvennyj Universitet (Moscow, Russian Federation)*
Meglinskiy I.V. *University of Otago, Dunedin (New Zealand)*

Senior Director and Publisher
Bizenkova Maria

THE PUBLISHING HOUSE
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

THE PUBLISHING HOUSE «ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

EDITORIAL BOARD

Medical sciences

Bessmeltsev S.S. (St. Petersburg)
Galtsev G.V. (Novorossiysk)
Gladilin G.P. (Saratov)
Gorkova A.V. (Saratov)
Cade A.H. (Krasnodar)
Kazimirova N.E. (Saratov)
Lomov Y.M. (Rostov-na-Donu)
Ljamina N.P. (Saratov)
Maksimov V.Y. (Saratov)
Moldavskaia A.A. (Astrakhan)
Pjatakovich F.A. (Belgorod)
Redko A.N. (Krasnodar)
Romantsov M.G. (St. Petersburg)
Rumsh L.D. (Moscow)
Sentjabrev N.N. (Volgograd)
Stepanova E.F. (Pyatigorsk)
Terentev A.A. (Moscow)
Khadartsev A.A. (Tula)
Chalyk J.V. (Saratov)
Shejh-Zade J.R. (Krasnodar)
Shchukovsky V.V. (Saratov)
Yaroslavtsev A.S. (Astrakhan)

Technical sciences

Antonov A.V. (Obninsk)
Aryutov B.A. (Lower Novrogod)
Bichurin M.I. (Veliky Novgorod)
Boshenyatov B.V. (Moscow)
Vazhenin A.N. (Lower Novrogod)
Gilyov A.V. (Krasnoyarsk)
Gotz A.N. (Vladimir)
Gryzlov V.S. (Cherepovets)
Zakharchenko V.D. (Volgograd)
Kiryanov B.F. (Veliky Novgorod)
Klevtsov G.V. (Orenburg)
Koryachkina S.J. (Orel)
Kosintsev V.I. (Tomsk)
Litvinova E.V. (Orel)
Lubentsov V.F. (Ulyanovsk)
Mishin V.M. (Pyatigorsk)
Mukhopad J.F. (Irkutsk)
Nesterov V.L. (Ekaterinburg)
Pachurin G.V. (Lower Novgorod)
Pen R.Z. (Krasnoyarsk)
Popov F.A. (Biysk)
Pyndak V.I. (Volgograd)
Rassvetalov L.A. (Veliky Novgorod)
Salikhov M.G. (Yoshkar-Ola)
Sechin A.I. (Tomsk)

Pedagogical sciences

Arutyunyan T.G. (Krasnoyarsk)
Golubev G.N. (Naberezhnye Chelny)
Zavialov A.I. (Krasnoyarsk)
Zamogilnyj S.I. (Engels)
Ilmushkin G.M. (Dimitrovgrad)
Kirjakova A.V. (Orenburg)
Kuznetsov A.S. (Naberezhnye Chelny)
Litvinova T.N. (Krasnodar)
Lukyanov M.I. (Ulyanovsk)
Markov K.K. (Krasnoyarsk)
Stefanovskaya T.A. (Irkutsk)
Tutolmin A.V. (Glazov)

Art criticism

Kazantseva L.P. (Astrakhan)

Economic sciences

Bezruqova T.L. (Voronezh)
Zaretskij A.D. (Krasnodar)
Knyazeva E.G. (Ekaterinburg)
Kulikov N.I. (Tambov)
Savin K.N. (Tambov)
Shukin O.S. (Voronezh)

Chemical sciences

Braynina H.Z. (Ekaterinburg)
Dubonosov A.D. (Rostov-na-Donu)
Poleschuk O.H. (Tomsk)

Geologo-mineralogical sciences

Lebedev V.I. (Kyzyl)

Philological sciences

Gadzhiahmedov A.E. (Dagestan)

Foreign members of an editorial board

Asgarov S. (Azerbaijan)
Alakbarov M. (Azerbaijan)
Babayev N. (Uzbekistan)
Chiladze G. (Georgia)
Datskovsky I. (Israel)
Garbuz I. (Moldova)
Gleizer S. (Germany)
Ershina A. (Kazakhstan)
Kobzev D. (Switzerland)
Ktshanyan M. (Armenia)
Lande D. (Ukraine)
Makats V. (Ukraine)
Miletic L. (Serbia)
Moskovkin V. (Ukraine)
Murzagaliyeva A. (Kazakhstan)
Novikov A. (Ukraine)
Rahimov R. (Uzbekistan)
Romanchuk A. (Ukraine)
Shamshiev B. (Kyrgyzstan)
Usheva M. (Bulgaria)
Vasileva M. (Bulgaria)

THE PUBLISHING HOUSE
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

СОДЕРЖАНИЕ

Географические науки

АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ
Вавер О.Ю. *533*

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЕОСИСТЕМ КАРЬЕРОВ ПО ДОБЫЧЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
Гребенюк Г.Н., Чернявский Е.А., Луговской А.М. *538*

УСТОЙЧИВОСТЬ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ
Филаретова А.Н., Кречетов П.П., Королева Т.В., Дианова Т.М. *542*

Педагогические науки

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ
Викторова Ю.В. *548*

ДИСТАНЦИОННОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ КОМАНДНЫХ СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ
Дудышева Е.В., Скопин И.Н. *555*

ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНЫЕ ИНТЕРЕСЫ УЧАЩЕЙСЯ И СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ
Калдариков Э. *560*

НАПРАВЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ СПОСОБНОСТИ К УПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯМИ У ДЕТЕЙ 7–9 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТИВНЫМИ ТАНЦАМИ, ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТОДИНАМИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ
Карева И.В., Репникова Е.А., Сентябрёв Н.Н. *563*

КОНТРОЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
Левина Е.Ю. *567*

СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ КАТЕГОРИИ «ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ»
Поздняков В.А. *572*

Психологические науки

СТРУКТУРНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭТНИЧЕСКОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ ПОДРОСТКОВ
Дагбаева С.Б. *576*

ПРОБЛЕМЫ ГЕНДЕРНОГО ПОДХОДА К ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ВОЕННЫХ ВУЗАХ
Емельяненко А.А., Петровская М.В. *581*

Технические науки

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ЩЕЛОЧНО-ОКИСЛИТЕЛЬНО-ОРГАНОСОЛЬВЕНТНЫМ СПОСОБОМ
Вураско А.В., Дрикер Б.Н., Мертин Э.В., Астратова Г.В. *586*

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННЫЙ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ИНЖЕКЦИОННЫЙ ЛАЗЕР-МОДУЛЯТОР ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА
Денисенко М.А., Рындин Е.А., Левин Д.Д. *593*

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ
Добаев А.З. *598*

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ СИНТЕЗЕ СИЛИКАТНЫХ ШИХТ В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧАХ
Игнатова А.М. *604*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ, ИНИЦИИРОВАННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ
Исаева А.С., Рындин, Е.А., Рыжук Р.В. *609*

СУБМИКРОННОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖЕК КРЕМНИЯ МЕТОДОМ ФОКУСИРОВАННЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ
Коломийцев А.С., Громов А.Л., Ильин О.И., Лисицын С.А., Катханов Б.С. *615*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ МАТРИЦЫ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКОВ
Крючков Д.И., Залазинский А.Г. *619*

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА АНОДНОЙ ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ НА АЛЮМИНИИ И СПЛАВЕ Д16
Кусков В.Н., Коленчин Н.Ф., Шадрина П.Н., Сафронов А.В. *625*

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ТРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
Леонтьев Л.Б., Шапкин Н.П., Леонтьев А.Л., Шкуратов А.Л. *630*

КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЖЕСТКОСТИ ПАЛЬЦЕВ ГРЕБЕНОК ЭЛЕКТРОДОВ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
Лысенко И.Е., Ежова О.А., Лашков А.В. *636*

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ТУННЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЭМС
Приступчик Н.К., Заикин А.Н., Завьялов Д.К., Кошелева Н.Н. *640*

ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ СВЕРЛЕНИЕМ
Рогов В.А., Велис А.К., Шкарупа М.И. *645*

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К КВАНТОВЫМ ОБЛАСТЯМ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУР
Рындин Е.А., Осовский А.В. *652*

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР МЕДИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ ТУННЕЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ
Смирнов В.А., Ткачук В.В., Полякова В.В., Бирюков М.И. *656*

ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СООТНОШЕНИЯ МЕХАНИКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ДЛЯ МОЛИБДЕНА В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОЙ ДЕФОРМАЦИИ
Смирнов С.В., Нестеренко А.В., Швейкин В.П. *660*

КУЛЬТУРА ОХРАНЫ ТРУДА КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ
Хайруллина Л.И., Гасилов В.С. *665*

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВТОРИЧНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ УРАЛА И ПРЕДУРАЛЬЯ ДЛЯ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ ПЕТРУРГИЕЙ
Чернов В.П., Игнатова А.М. *670*

Физико-математические науки

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ГАЛОГЕНСЕРЕБРЯНЫХ ФОТОМАТЕРИАЛАХ В ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ
Бойченко А.П. *675*

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА С ГАЛОГЕНСЕРЕБРЯНЫМИ ФОТОМАТЕРИАЛАМИ
Бойченко А.П. *682*

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ СКОРОСТИ ВЕТРА НА РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЕ ПОЛЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА
Губарев С.В. *691*

О СВОЙСТВАХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ФИНИТНЫХ ФУНКЦИЙ И ОБ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В АЛГОРИТМАХ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ
Леонтьев В.Л. *696*

ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКОГО РАДИУСА ДИСЛОКАЦИОННЫХ ПЕТЕЛЬ В КРЕМНИИ И ГЕРМАНИИ С УЧЕТОМ ЭНЕРГИИ ДЕФЕКТА УПАКОВКИ
Мозжерин А.В. *700*

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В СИСТЕМЕ СИЛЬНО КОРРЕЛИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ $PuRhGa_5$
Повзнер А.А., Волков А.Г., Кабирова Л.Р., Ласкина А.Е., Суслина Н.Н., Черепанова А.Н. *705*

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УЕДИНЕННЫХ ВОЛН БОЛЬШОЙ АМПЛИТУДЫ В МЕЛКОВОДНОМ БАССЕЙНЕ
Родин А.А., Диденкулова И.И., Пелиновский Е.Н. *710*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОРПУСКУЛЯРНОГО АГЕНТА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА
Стерликова И.В. *715*

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ АМЕРИЦИЯ
Филанович А.Н., Волков А.Г., Повзнер А.А., Скорюнов Р.В., Шумихина К.А., Мазуренко В.Г. *722*

Филологические науки

ИННОВАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОСЕТИНСКОГО ЯЗЫКА
Гацалова Л.Б., Парсиева Л.К. *727*

Химические науки

ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ
Попова Л.Ф., Васюк К.С., Васильева А.И., Репницына О.Н., Бечина И.Н., Усачева Т.В. *731*

РЕАКЦИИ АННЕЛИРОВАНИЯ БЕНЗИМИДАЗОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
Потапов В.А., Малинович Д.А., Амосова С.В. *735*

НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И АКРИЛАТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГУАНИДИНА
Тлупова З.А., Жанситов А.А., Эльчепарова С.А., Хаширова С.Ю. *739*

Экономические науки

ИННОВАЦИОННОЕ САМОРАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ И КРИТЕРИЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ В СОВРЕМЕННОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ
Акатов Н.Б. *744*

СОВРЕМЕННЫЕ ВЕКТОРЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА – МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ – ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ИСТОРИИ
Баранов С.В., Скуфьина Т.П., Серова Н.А., Шаталова Т.А. *750*

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ В АГРОХОЛДИНГАХ
Глущенко А.В., Ермакова М.С. *755*

МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕГИОНОВ ЮФО С РАЗВИТИЕМ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА
Задорожнева Ю.В., Трухляева А.А. *759*

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЛИНГ: НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ
Калинина Н.М. *765*

О ПРИНЦИПАХ ПОСТРОЕНИЯ МЕЖБЮДЖЕТНЫХ ОТНОШЕНИЙ В РЕГИОНЕ
Молчанова М.Ю. *770*

ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОРПОРАТИВНОГО ПОРТФЕЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ
Пленкина В.В., Ленкова О.В., Осиновская И.В. *775*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МИРОВОГО И НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА
Реус Н.И. *779*

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ
Симоненко В.Н., Симоненко Н.Н., Старкова Е.Ю. *785*

РОССИЙСКАЯ АРКТИКА: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ПОЗИЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ
Скуфьина Т.П. *790*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ *794*

CONTENTS

Geographical sciences

THE ANALYSIS OF SOCIAL CONFLICTS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – UGRA
Vaver O.Y. 533

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF MODIFIED GEOSYSTEMS OF BUILDING MATERIALS QUARRIES IN WESTERN SIBERIA
Grebenyuk G.N., Chernyavskiy E.A., Lugovskoy A.M. 538

SUSTAINABILITY OF SOUTH TAIGA ECOSYSTEMS OF A NORTH-EAST PART OF THE MOSCOW REGION TO ACID RAIN IMPACT
Filaretova A.N., Krechetov P.P., Koroleva T.V., Dianova T.M. 542

Pedagogical sciences

METHODICAL POSSIBILITIES OF ELECTRONIC MANUALS WHEN TRAINING TO MATHEMATICS
Viktorova Y.V. 548

DISTANT PERFORMING OF TEAMS' STUDENT PROJECTS FOR SOFTWARE DEVELOPMENT
Dudysheva E.V., Skopin I.N. 555

PHYSICALCULTURAL-SPORT INTERESTS OF STUDING PUPILES AND STUDENTS IN KALMYK REPUBLIC
Kaldarikov E. 560

DIRECTED DEVELOPMENT OF THE MOVEMENTS CONTROL ABILITY OF CHILDREN 7–9 AGES, GOING FOR SPORT DANCING BY USING STATIC-DYNAMIC EXERCISES
Kareva I.V., Repnikova E.A., Sentyabrev N.N. 563

CONTROL OF LEARNING ACTIVITIES BASED ON THE QUALITY MANAGEMENT METHODS
Levina E.U. 567

ESSENCE AND CONTENT OF CATEGORY «HUMAN CAPITAL»
Pozdnyakov V.A. 572

Psychological sciences

STRUCTURAL COTENT CHARACTERISTICS OF ETHNIC TOLERACE TEENAGERS
Dagbaeva S.B. 576

GENDER PROBLEMS TO THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE MILITARY INSTITUTION
Emelyanenko A.A., Petrovskaya M.V. 581

Technical sciences

ALKALINE OXIDIZING ORGANIC SOLVENT METHOD OF TECHNICAL CELLULOSE RECEIVING
Vurasko A.V., Driker B.N., Mertin E.V., Astratova G.V. 586

FUNCTIONALY INTEGRATED HIGH-SPEED INJECTION LASER-MODULATOR FOR OPTOELECTRONIC COMPONENTS OF MONITORING SYSTEMS
Denisenko M.A., Ryndin E.A., Levin D.D. 593

METHODS OF CONSTRUCTION SIMULATION MODELS OF COMPLEX SYSTEMS BY THE EXAMPLE OF LOW-VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORKS
Dobaev A.Z. 598

OXIDATION – REDUCTION REACTIONS AT THE SYNTHESIS OF SILICATE CHARGE IN AN ELECTRIC ARC FURNACE
Ignatova A.M. 604

THE MATHEMATICAL MODEL OF STRESSES INITIATED BY LASER PULSE
Isaeva A.S., Ryndin E.A., Ryzhuk R.V. 609

SUBMICRON STRUCTURING OF SILICON SUBSTRATE USING FOCUSED ION BEAMS
Kolomiytsev A.S., Gromov A.L., Ilin O.I., Lisitsyn S.A., Kathanov B.S. 615

MODELING AND CHOICE OF OPTIMAL PROFILE OF DIE ON THE BASIS OF AN ESTIMATION OF DAMAGE FOR EXTRUSION OF BI-COMPONENT CONDUCTOR BILLETS
Kryuchkov D.I., Zalazinskiy A.G. 619

STRUCTURE AND PROPERTIES OF ANODE OXIDE COATING ON ALUMINUM AND ALLOY D16
Kuskov V.N., Kolenchin N.F., Shadrina P.N., Safronov A.V. 625

THE CONTROL OF FORMING OF COMPOSITIONAL WEAR RESISTANCE, METAL-CERAMIC COATINGS ON THE SURFACES OF FRICTION OF DETAILS
Leontev L.B., Shapkin N.P., Leontev A.L., Shkuratov A.L. 630

ASSESSMENT CRITERION OF THE RIGIDITY OF COMB ELECTRODES FINGERS OF MICROELECTROMECHANICAL CONVERTERS
Lysenko I.E., Ezhova O.A., Lashkov A.V. 636

MEMS TUNNELING DISPLACEMENT TRANSDUCERS SIMULATION METHOD
Pristupchik N.K., Zaikin A.N., Zavyalov D.K., Kosheleva N.N. 640

TOOLS USED IN THE PROCCES OF DRILLING HARD-MACHINING MATERIALS
Rogov V.A., Veliz A.K., Shkarupa M.I. 645

NUMERICAL MODEL OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF OHMIC CONTACTS TO THE NANOHETEROSTRUCTURES QUANTUM WELLS
Ryndin E.A., Osovskiy A.V. 652

FORMATION OF COPPER NANOSTRUCTURES BY ELECTROCHEMICAL SCANNING TUNNELING MICROSCOPY
Smirnov V.A., Tkachuk V.V., Polyakova V.V., Biryukov M.I. 656

THE BASIC EQUATIONS OF DAMAGE MECHANICS FOR COMMERCIAL-PURITY MOLYBDENUM AT HEAT DEFORMATION
Smirnov S.V., Nesterenko A.V., Shveykin V.P. 660

A SAFETY CULTURE AS AN ELEMENT OF ENTERPRISE MANAGEMENT
Hayrullina L.I., Gasilov V.S. 665

MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE SECONDARY TECHNOGENIC METALLURGICAL RESOURCES URALS AND FRONT-URALS FOR THEIR PROCESSING FROM THE MELT (PETRURGY)
Chernov V.P., Ignatova A.M. 670

Physical and mathematical sciences

PHENOMENOLOGY MODEL OF FORMATION IMAGES ON HALOENS SILVER PHOTOMATERIALS IN PULSE ELECTRICAL FIELD
Boychenko A.P. 675

BASIC LAWS INTERACTIONS BARRIER DISCHARGE WITH HALOGEN SILVER PHOTOMATERIALS
Boychenko A.P. 682

EFFECTS OF WIND SPEED DYNAMICS ON THE RESULTING FIELD OF SURFACE POLLUITION ON SURFACE POLLUTION CONGLOMERATION FROM POINT SOURCE OF POLLUTION
Gubarev S.V. 691

ABOUT PROPERTIES OF ORTHOGONAL FINITE FUNCTIONS AND ABOUT THEIR APPLICATION IN ALGORITHMS OF NUMERICAL METHODS
Leontev V.L. 696

EVALUATION OF THE CRITICAL RADIUS OF DISLOCATION LOOPS IN SILICON AND GERMANIUM BASED STACKING FAULT ENERGY
Mozzherin A.V. 700

SUPERCONDUCTIVITY IN STRONGLY CORRELATED ELECTRON SYSTEM $PuRhGa_5$
Povzner A.A., Volkov A.G., Kabirova L.R., Laskina A.E., Suslina N.N., Cherepanova A.N. 705

INTERACTION OF LARGE-AMPLITUDE SOLITARY WAVES IN SHALLOW-WATER BASIN
Rodin A.A., Didenkulova I.I., Pelinovsky E.N. 710

RESEARCH OF INFLUENCE OF THE CORPUSCULAR AGENT OF SOLAR ACTIVITY ON THE HUMAN ORGANISM
Sterlikova I.V. 715

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF AMERICIUM
Filanovich A.N., Volkov A.G., Povzner A.A., Skoryunov R.V., Shumikhina K.A., Mazurenko V.G. 722

Philological sciences

INNOVATIVE FEATURES OF THE OSSETIAN LANGUAGE
Gatsalova L.B., Parsieva L.K. 727

Chemical sciences

ECOLOGICAL-ANALYTICAL ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION OF SOIL COVER OF THE CITIES OF ARKHANGELSK INDUSTRIAL AGGLOMERATION
Popova L.F., Vasyuk K.S., Vasilieva A.I., Repnicina O.N., Bechina I.N., Usacheva T.V. 731

ANNELATION REACTIONS OF THE BENZIMIDAZOLE SYSTEM
Potapov V.A., Malinovich D.A., Amosova S.V. 735

NEW COMPOSITE MATERIALS BASED ON MICROCRYSTALLINE CELLULOSE AND ACRYLATE GUANIDINE DERIVATIVES
Tlupova Z.A., Zhansitov A.A., Elcheparova S.A., Hashirova S.Y. 739

Economic sciences

INNOVATIVE SELF-DEVELOPMENT OF ORGANAZATION AS AN OBJECT OF MANAGEMENT AND A CRITERION OF COMPETITIVENESS IN MODERN MANAGEMENT
Akatov N.B. *744*

MODERN DIRECTIONS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF ARCTIC AREA – MURMANSK REGION THROUGH HISTORICAL PRISM
Baranov S.V., Skufina T.P., Serova N.A., Shatalova T.A. *750*

THE BASIC PRINCIPLES OF UNIFORM ACCOUNTING POLITIKI IN AGROHOLDING
Gluschenko A.V., Ermakova M.S. *755*

MODEL OF THE RELATIONSHIP REGION'S ECONOMIC INDICATORS OF THE SOUTHERN FEDERAL DISTRICT WITH DEVELOPMENT OF INNOVATIVE POTENTIAL
Zadorozhneva J.V., Truhlaeva A.A. *759*

THE INTEGRATED CONTROLLING: SCIENTIFIC PRECONDITIONS OF EMERGENCE AND DEVELOPMENT
Kalinina N.M. *765*

ABOUT PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INTERBUDGETARY RELATIONS IN REGION
Molchanova M.J. *770*

OIL & GAS COMPANIES CORPORATE PORTFOLIO OPTIMIZATION TECHNOLOGY
Plenkina V.V., Lenkova O.V., Osinovskaya I.V. *775*

METHODOLOGICAL BASIS OF FORMATION OF SOCIAL-ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEMS OF GLOBAL AND NATIONAL FISHERY
Reus N.I. *779*

ARRANGEMENTS TO IMPROVE BUSINESS STAFF MOTIVATION
SymonenkoV.N., Simonenko N.N., Starkova E.U. *785*

RUSSIAN ARCTIC: FUNDAMENTAL PROBLEMS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT AND RESEARCH POSITIONS
Skufina T.P. *790*

RULES FOR AUTHORS *794*

УДК 504:316.489(571.122)

АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ

Вавер О.Ю.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет», Тюмень, e-mail: glinkin_05@mail.ru

Выявлен конфликт природопользования между недропользователями и коренными малочисленными народами Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, который формируется при совпадении участков недропользования и родовых угодий. Данный вид конфликта сначала был выделен картографически, а затем – в период экспедиционных исследований в местах компактного проживания коренных народов. Характер конфликта – социальный, так как основные его последствия приводят к усилению социальной дезадаптации коренного населения. Механизм урегулирования конфликта – экономический, выражается в возмещении ущерба владельцу родового угодья. Основные последствия конфликта – недостаток площадей в пределах отведенных родовых угодий, на которых в будущем можно будет реально осуществлять традиционное хозяйствование (после пожаров, разливов нефти и т.п.). Кроме того, улучшение социально-экономической ситуации в настоящее время за счет выплат по экономическим соглашениям временное и в дальнейшем может привести к ее ухудшению, так как «легкие» деньги не способствуют мотивации к продолжению традиций. В связи с чем в будущем возможна ситуация, когда некому и негде будет сохранять традиционный образ жизни коренных малочисленных народов, проживающих на территории ХМАО – Югры.

Ключевые слова: конфликт природопользования, недропользователи, коренные малочисленные народы Севера, родовые угодья

THE ANALYSIS OF SOCIAL CONFLICTS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – UGRA

Vaver O.Y.

Tyumen State University, Tyumen, e-mail: glinkin_05@mail.ru

In the research there was revealed the environmental conflict between subsurface users and the indigenous peoples of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra, which is formed due to matching of subsurface resource sites and tribal lands. At the beginning this type of the conflict was discovered cartographically, and then it was proved within the field research in places of compact habitation of indigenous minorities. The conflict character is social as far as its main consequences lead to strengthening of a social maladjustment of indigenous minorities. The economic nature of mechanism of arrangement of the conflict is expressed in compensation of damage for a tribal land owner. The main consequence of the conflict is lack of area within the tribal lands where in future traditional use of resources will be possible (after fires, oil spills, etc.). Moreover the improvement of current social and economic situation at the expense of payments under economic agreements is temporary, and further can even lead to its deterioration as «easy» money doesn't promote motivation for keeping traditions. As a future result there may happen that there will be no place and nobody to follow a traditional way of life of the indigenous peoples in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra.

Keywords: conflict in environmental management, subsurface users, indigenous peoples of the North, tribal land

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (далее – ХМАО-Югра) представляет собой ресурсно-сырьевой регион экспортной ориентации: в структуре промышленности нефтегазодобыча составляет 89,4%. Основной ареал нефтегазодобычи сосредоточен в центральной и восточной частях округа и при этом активно увеличивается, продвигаясь на юг. Промышленное освоение территории округа приводит к техногенной трансформации ландшафтов, что является источником не только экологических проблем, но и социальных: в ХМАО-Югре проживают коренные малочисленные народы Севера (далее – КМНС): ханты, манси, ненцы и др., для которых возможность ведения традиционного хозяйства является одним из условий сохранения этнического самоопределения. В связи с этим им предоставляются земли традиционного природопользования (для охоты, рыболовства, оленеводства, сбора дикоросов и т.п.) – родовые угодья. Часто интересы коренных жителей и недроразработчиков сосредотачиваются на одних и тех же территориях, что является поводом возникновения конфликтов природопользования.

Цель исследования – анализ конфликтов природопользования, формирующихся между недропользователями и КМНС как фактора, влияющего на социальную обстановку в местах проживания коренных народов.

Материалы и методы исследования

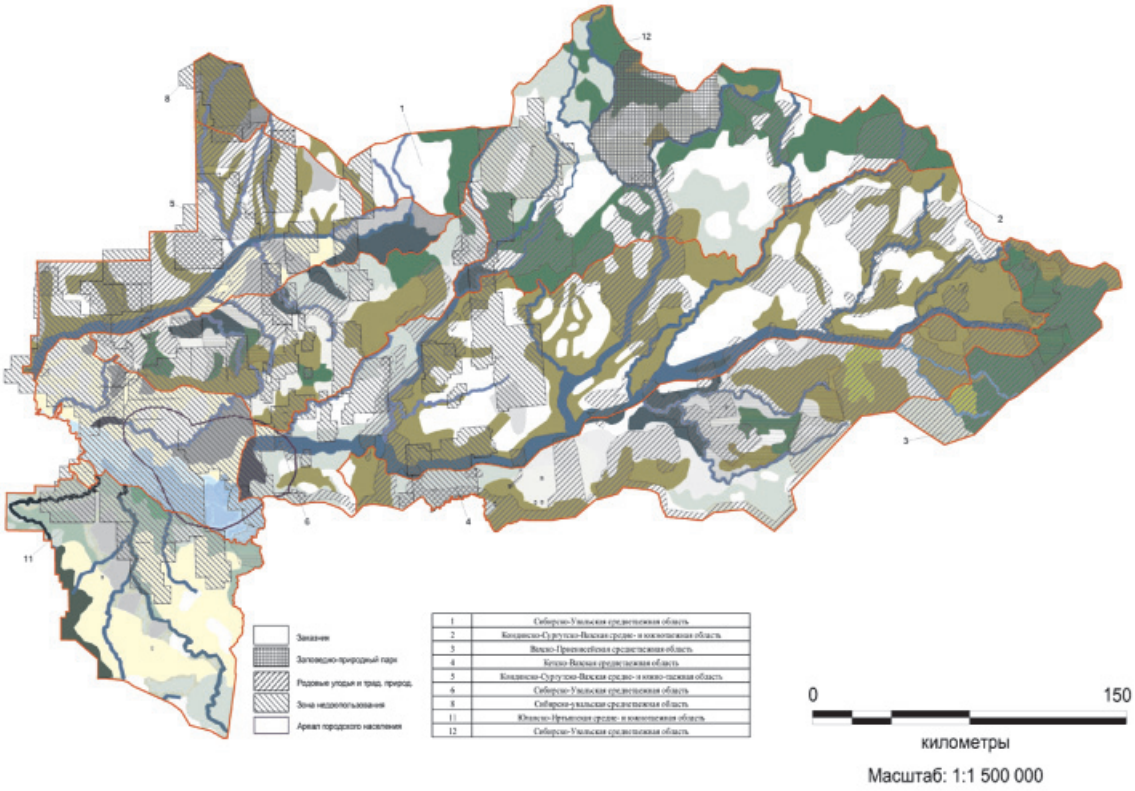
Материалами исследования являются результаты собственных экспедиционных исследований в Нижневартовском, Сургутском и Октябрьском районах ХМАО-Югры, анкетирования и интервьюирования КМНС в период с 2009 по 2012 годы (анкета разработана Ассоциацией коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока совместно с Межведомственной комиссией по делам Арктики и Антарктики при Минэкономики РФ [2], дополнена автором).

Результаты исследования и их обсуждение

Выявление конфликтов природопользования в ХМАО-Югре проводилось путем сопоставления территорий недропользования (лицензионных участков нефтегазодобычи), традиционного природопользования (родовых угодий), природоохранного назначения (водоохранных зон, особоохраняемых природных территорий (далее – ООПТ)) и ареалов формирования городских агломераций на ландшафтной основе. При этом конфликты не разделялись на открытые и потенциальные, а рассматривалась принципиальная возможность их возникновения. Среди выявленных ареалов конфликтов выделены: моноконфликтные и поликонфликтные (по количеству возможных конфликтов); экологические и социальные (по характеру конфликтов).

К моноконфликтным отнесены ареалы пересечения: зоны урбанизации и участков недропользования, участков недропользования и водоохранных зон, территорий ООПТ и родовых угодий. К поликонфликтным отнесены ареалы пересечения интересов нескольких сторон (трех и более). Это участки недропользования – зона урбанизации – ООПТ; участки недропользования – зона урбанизации – водоохранные зоны; родовые угодья – участки недропользования – водоохранные зоны.

Экологический характер конфликт природопользования приобретает в случае, когда наблюдается пересечение ареалов недропользования, урбанизации с природоохранными зонами (водоохранными, территориями ООПТ). Социальный характер приобретают конфликты природопользования при совпадении ареалов недропользования и традиционного природопользования, недропользования и урбанизации (рисунок).



Карта-схема конфликтов природопользования в Нижневартовском районе ХМАО-Югры

Исследование наличия открытых социальных конфликтов природопользования проводилось в селах Аган и Варьёган Нижневартовского района; на территории сельского поселения Угут Сургутского района (включая собственно с. Угут и юрты Кинямины, Нюгломкины, Когончины); на территории сельского поселения Перегрёбное Октябрьского района (в д. Нижние Нарыкары и с. Перегрёбное). Данные территории были выбраны с учетом охвата представителей основных национальностей КМНС, проживающих на территории ХМАО-Югры; а также ряда других факторов: степени активности недропользователей в регионе, наличия в непосредственном

соседстве ООПТ (например, Юганский заповедник в Сургутском районе) и др. Всего в исследовании участвовало 154 человека, из них: 97 – ханты, 41 – манси, 15 – ненцы, 1 – коми.

Коренные малочисленные народы ХМАО-Югры относятся к этносам, ведущим оседлую или полукочевую жизнь в сельской местности. Их жизненный уклад, позволяющий жить в достаточно суровых природных условиях, длительное время не менялся. Усиленная колонизация территорий проживания КМНС, начавшаяся с экспансии русских в Западную Сибирь, повлекла изменение естественной природной среды, разрушение традиционных промыслов, привычного образа жизни, культуры и обычаев. Неприспособленность традиционных видов хозяйственной деятельности КМНС к рыночным условиям привела к обострению социальных проблем. Уровень безработицы в районах Севера, где проживают малочисленные народы Севера, в 1,5–2 раза превышает средний по Российской Федерации. Коренные малочисленные народы Севера практически утратили внутренние резервы, собственный потенциал, определяющий способность к саморазвитию [3]. Все вышеперечисленные проблемы актуальны, несмотря на то, что в Российской Федерации в целом создана правовая база в сфере защиты прав и традиционного образа жизни малочисленных народов Севера, законодательно закреплены меры государственной поддержки лиц, ведущих традиционное хозяйствование (в виде льгот, субсидий, квот на использование биологических ресурсов) [4, 5].

В настоящее время на территории ХМАО-Югры зарегистрировано 475 территорий традиционного природопользования. Наибольшее их количество расположено в Сургутском (107, общей площадью почти 4,7 млн га), Нижневартовском (133, общей площадью более 3 млн га), Октябрьском (54, общей площадью около 346 тыс. га) и Ханты-Мансийском (53, общей площадью 1 млн 11,1 тыс. га) районах.

На указанных территориях осуществляет традиционное хозяйствование 3 958 человек или 974 семьи из числа коренных малочисленных народов Севера, сохраняющих традиционный образ жизни, что составляет всего 12,8% от всей численности аборигенов. Из общего количества территорий традиционного природопользования 330 площадью более 10 млн га находится в границах лицензионных участков, из них: все территории традиционного природопользования Сургутского и Нефтеюганского районов; 41 – в Ханты-Мансийском районе; 40 – в Нижневартовском районе; 23 – в Октябрьском районе [1].

Проведенное нами анкетирование было направлено на выявление современных ценностных ориентиров КМНС, остроты социальной ситуации в местах проживания и конфликтов природопользования. Опрошенные КМНС могут быть разделены на 2 группы по месту проживания: в юртах (небольшие поселения от 1–2 до 15 домов) (14% опрошенных) и в поселках (86% опрошенных). Родовые угодья имеет 100% респондентов, проживающих в юртах, и около 25%, проживающих в поселках. 90% опрошенных владельцев родовых угодий объединены в общины коренных малочисленных народов.

Анализ результатов анкетирования показал следующее: только 83,7% респондентов можно отнести к категории коренных малочисленных народов, в той или иной степени сохранивших элементы традиционной культуры в различных её проявлениях. При этом можно отметить, что среди респондентов, проживающих в юртах, этот показатель составляет 100%, а среди респондентов, проживающих в поселках, – 72,5%. Подавляющая часть респондентов – 67,5% – идентифицирует себя как представителей коренных народов только по культурологическим признакам (язык, религия, традиции, фольклор). Всего 29,5% респондентов считают, что их народ отличает от остального населения России, прежде всего, особая культура природопользования. 6% респондентов вообще не ответили на этот вопрос.

73,6% респондентов имеют представления о благополучии, в той или иной степени соответствующие этнокультурному стереотипу коренных малочисленных народов. Среди респондентов, проживающих в юртах, этот показатель составляет 100%, а среди респондентов, проживающих в поселках, – 47,2%. При выявлении факторов, препятствующих благополучию семьи, приоритеты разделились следующим образом: чаще всего на первое место респонденты ставили такие позиции, как деньги, промысловые угодья и ресурсы, жилье (20, 18 и 18% соответственно). На втором месте по частоте упоминания находятся такие позиции, как качественное медобслуживание, нормальные бытовые условия и условия для образования (12, 8 и 6% соответственно).

При этом в 50% случаев первостепенный приоритет для проживающих в юртах имело наличие промысловых угодий и ресурсов, а для 50% респондентов, проживающих в поселках, первостепенный приоритет имело наличие жилья и нормальных

бытовых условий. Несколько респондентов предложили свои варианты ответов, которые отражают их активную гражданскую позицию: они считают, что необходимо социально-экономическое устройство, позволяющее вписаться малым народам в современный рынок, и управление, отвечающее этой же задаче.

Среди факторов, вызывающих наибольшую озабоченность респондентов, выделены следующие: алкоголизм и наркомания (70%), разрушение природы (40%), безработица (17%), обнищание части населения (17%), безразличие к своей судьбе (11%). При этом разрушение природы наиболее сильно затрагивает респондентов, живущих в юртах (50%), в то время как для 50% респондентов, живущих в поселках, наиболее актуальна проблема безработицы. Несколько респондентов предложили свои варианты ответов, отображающих их недовольство современным миром: агрессивность, власть, «загнивающее европейское мировоззрение».

82,5% респондентов имеют достаточно высокую социальную активность. Среди респондентов, проживающих в юртах, этот показатель составляет 95,5%, а среди респондентов, проживающих в поселках – 69,4%. На вопрос «Чего не хватает вашему народу для счастья?» ответил 71% респондентов, и их мнение отражено в следующих ответах: необходимо повышение уровня самосознания народа (гордости и уважения), осознание своей самодостаточности (осознание себя великим народом с огромной историей); необходимость ведения традиционного образа жизни, возможность рационального управления территорией, чтобы быть современными хозяйственниками, а не иждивенцами. При этом только 29% респондентов уверено, что традиционная культура сохранится и основная часть народа будет вести традиционный образ жизни. 19% респондентов считает, что традиционная культура сохранится лишь в этнокультурных центрах, а большинство коренных народов будут работать в иных, чем традиционное хозяйство, отраслях. Большинство респондентов – 50% – заявили о полной этнокультурной ассимиляции. При этом 48% респондентов, проживающих в юртах, считает, что народ сохранит свою культуру, а 67% респондентов, проживающих в поселках, считает, что произойдет ассимиляция в ближайшие 15–20 лет.

Эти результаты достаточно ярко отражают остроту социальной ситуации, сложившейся в среде коренных малочисленных народов, и во многом она усугубляется последствиями конфликта с недропользователями, наличие которого отмечали все владельцы родовых угодий. Сущность конфликта заключалась в самовольном начале строительства промысловых объектов в пределах территорий традиционного природопользования. При этом каждый конфликт «отягощен» последствиями, которые могут быть прямыми и опосредованными.

Прямые последствия – это трансформация окружающей среды при строительстве промысловых объектов, что лишает угодье ценности как охотничьего вследствие уменьшения количества промысловых животных, мест сбора шишек, других дикоросов. Возможные дополнительные воздействия (загрязнение отходами бурения, нефтью и подтоварными водами, пожары) усиливают последствия. В дальнейшем недропользователи не отказываются от ответственности; основная форма взаимодействия с КМНС – экономические соглашения, которыми закрепляется сумма возмещаемого ущерба владельцу угодий (в денежном эквиваленте, в виде товаров и услуг). Ущерб, возмещаемый владельцу угодий, выплачивается разово и по факту случившегося. В то же время нарушение качества угодий имеет долгосрочный характер и чаще всего восстановление нарушенного участка может произойти не менее чем через 50–100 лет.

Опосредованные последствия – усиление социальной незащищенности КМНС, которое явно выражается в беспокойстве нынешних владельцев угодий за судьбу своих детей: было высказано мнение, что детям не будет хватать имеющихся территорий для ведения традиционного хозяйства. Длительный период восстановления нарушенных угодий может привести к тому, что наследникам нынешнего владельца просто будет негде охотиться, рыбачить и собирать дикоросы.

Косвенно данный аспект конфликта выражается в незаинтересованности в ведении традиционного образа жизни и более ярко он выражен у поселковых КМНС: большая часть официально не трудоустроена и живет на детские пособия, пособия по безработице, пенсии. При этом, как уже отмечалось, только четвертая часть из них имеет родовые угодья. Среди КМНС, проживающих в юртах, этот аспект проявляется в безработице среди молодежи (мнение одного из респондентов, наиболее хорошо характеризующее ситуацию: «они пока ленятся, но потом «перебесятся» и ничего, работают…»).

Выводы

1. Картографический анализ конфликтов природопользования на территории

ХМАО-Югры показал формирование ареалов конфликта между коренными малочисленными народами Севера и недропользователями, а проведенные экспедиционные исследования подтвердили наличие такого конфликта, который по характеру нами классифицирован как социальный.

2. Механизм урегулирования конфликта – экономический, выражается в возмещении ущерба владельцу родового угодья. При этом 100% опрошенных владельцев родовых угодий и 80% не имеющих таковых достаточно четко представляют себе как явные, так и косвенные последствия данного конфликта природопользования. Явные последствия – недостаток площадей в пределах отведенных родовых угодий, на которых наследникам можно будет реально осуществлять традиционное хозяйствование (после пожаров, разливов нефти и т.п.). 100% всех опрошенных отмечают в целом ухудшение экологической обстановки в местах проживания из-за деятельности недропользователей.

Косвенные последствия – респонденты считают, что улучшение социально-экономической ситуации в настоящее время за счет выплат по экономическим соглашениям временное и в дальнейшем приведет только к ухудшению, причем резкому: «легкие» деньги провоцируют отсутствие мотивации к продолжению традиций (респонденты, проживающие в юртах, отмечают причину безработицы среди молодежи как «леность» – молодые не сразу готовы продолжать дело родителей, их зависимость от природы утеряна, и только позднее, когда они обзаводятся собственной семьей, приходит понимание необходимости сохранять традиционный образ жизни). В связи с чем в будущем возможна ситуация, когда некому и негде будет сохранять традиционный образ жизни коренных малочисленных народов, проживающих на территории ХМАО-Югры.

Исследование выполнено в рамках НИР № 10–12 по госзаданию Министерства образования и науки РФ.

Список литературы

1. Информация по поддержке экономического и социального развития коренных малочисленных народов в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре [Электронный ресурс] // Департамент природных ресурсов и несырьевого сектора экономики ХМАО – Югры: сайт. – мURL: http://www.ugrales.ru/?q = node/946 (дата обращения 30.09.2012).

2. Красовская Т.М. Природопользование Севера России. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – С. 263–270.

3. Назаров А.В. Проблемы развития народов Севера [Электронный ресурс] // On-line библиотека. – URL: http://www.xserver.ru/user/chukc (дата обращения 01.10.2012).

4. Положение о статусе родовых угодий в Ханты-Мансийском автономном округе. – Ханты-Мансийск: Новости Югры, 1992. – 200 с.

5. Права коренных народов Севера: реализация международно-правовых стандартов в Российской Федерации: сб. научных статей / под ред. Г.А. Бордовского, С.А. Гончарова. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2005. – 265 с.

References

1. Informacija po podderzhke jekonomicheskogo i social'nogo razvitija korennyh malochislennyh narodov v HMAO – Jugre (Information on support of economic and social development of the indigenous minorities in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra). Available at: http://www.ugrales.ru/?q = node/946 (accessed 30 September 2012).

2. Krasovskaja T.M. Prirodopol'zovanie Severa Rossii (Environmental management of the North of Russia). M.: LKI, 2008. pp. 263–270.

3. Nazarov A.V. Problemy razvitija narodov Severa (Problems of development of the peoples of the North). Available at: http://www.xserver.ru/user/chukc (accessed 01 October 2012).

4. Polozhenie o statuse rodovyh ugodij v Hanty-Mansijskom avtonomnom okruge (The regulations on the status of tribal lands in Khanty-Mansi Autonomous Okrug). Hanty-Mansijsk: Novosti Jugry, 1992. 200 p.

5. Prava korennyh narodov Severa: realizacija mezhdunarodno-pravovyh standartov v Rossijskoj Federacii (Rights of indigenous peoples of the North: realization of international legal standards in the Russian Federation). SPb.: RGPU im. A.I. Gercena, 2005. 265 p.

Рецензенты:

Гребенюк Г.Н., д.г.н., профессор, заместитель генерального директора по развитию и науке, ЗАО «ТюменьНИПИнефть», г. Тюмень;

Луговской А.М., д.г.н., профессор кафедры физической географии и геоэкологии, ГБОУ ВПО «Московский городской педагогический университет», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 502.3

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЕОСИСТЕМ КАРЬЕРОВ ПО ДОБЫЧЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

[1]Гребенюк Г.Н., [1]Чернявский Е.А., [2]Луговской А.М.

[1]ЗАО «Тюменский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа», Тюмень, e-mail: grebenuk@tnipi.ru;

[2]ГОУ ВПО «Московский городской педагогический университет», Москва e-mail: alug1961@yandex.ru

Рекультивация песчаных карьеров в северо-таежной и лесотундровой природных зонах России рассмотрена как формирование модифицированных геосистем при сочетании процессов естественного самовосстановления и антропогенной интродуктивной деятельности. На основе результатов физико-химического мониторинга выявлена интенсивность геохимических процессов в карьерах различного возраста. Биоиндикационные методы позволили определить технологическую схему рекультивации карьеров с ускорением сроков и уменьшением экономических затрат на формирование природно-техногенных геосистем. Результаты исследования рекомендованы для использования при формировании алгоритма рекультивации и планирования мероприятий по охране окружающей среды на муниципальном уровне территориального управления. Мероприятия по рекультивации антропогенных геоморфологических форм направлены на формирование управляемых искусственных интразональных геосистем, принципиально отличных от исходного этапа сукцессии.

Ключевые слова: рекультивация карьеров, формирование модифицированных геосистем, природно-техногенные геосистемы, мониторинг, биоиндикационные методы, территориальное управление

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF MODIFIED GEOSYSTEMS OF BUILDING MATERIALS QUARRIES IN WESTERN SIBERIA

[1]Grebenyuk G.N., [1]Chernyavskiy E.A., [2]Lugovskoy A.M.

[1]Tyumen research and planning institution of oil and gas, Tyumen, e-mail: grebenuk@tnipi.ru;

[2]Moscow State Teachers Training University, Moscow, e-mail: alug1961@yandex.ru.

Remediation of sandpits in Russian northern taiga and forest tundra is considered as a process of modified geosystems formation caused by combination of natural self-regeneration and anthropogenic introduction. Results of physical and chemical monitoring show intensity of geochemical processes in sandpits of different age. Methods of bio-indication were used to find out technological scheme of reclamation that allows to reduce time lag and costs of natural-technogenic geosystems formation. The results of research are recommended for use at the municipal level of territorial administration in case of remediation process formation and environmental planning. The reclaiming of anthropogenic geomorphological areas are directed to the formation of manageable artificial intrazonal geosystems, different from the initial succession stage.

Keywords: remediation of sandpits, modified geosystems formation, natural-technogenic geosystems, monitoring, methods of bio-indication, territorial administration

Развитие нефтегазодобывающего комплекса и строительство населенных пунктов в Западной Сибири привело к созданию большого количества песчаных карьеров и требует введения в эксплуатацию новых. В результате интенсивной разработки песчаных карьеров возникает острая проблема рекультивации нарушенных земель. Актуальным направлением исследования является сравнительный анализ эффективности результатов рекультивации антропогенных геоморфологических форм рельефа, созданных в ходе нефтедобычи, – гидронамывных и сухоройных карьеров, кустовых оснований и шламовых амбаров. Важнейшим условием добычи минерального сырья является возвращение земель пользователю в состоянии, максимально приближенному к исходному, отраженному в категории природопользования. Действующие правила и используемые методы рекультивации, изложенные в нормативных документах, носят универсальный характер вне зависимости от специфики окружающей природной среды района эксплуатации. Однако специфичные особенности севера требуют пристального внимания со стороны исследователей за ходом сукцессионных процессов восстановления территории.

Исследование существующего технологического разнообразия разновременных карьеров по добыче песка с учетом природно-климатических зональности и геоэкологических закономерностей формирования геодинамической системы под комплексным влиянием естественных и антропогенных факторов в условиях изменения теплового баланса и гидрологического режима является практической основой для формирования теоретических положений геосистемного подхода управления природно-техногенными системами. Они по-

зволят избежать целого ряда негативных последствий хозяйственной деятельности на окружающую среду, повысить эффективность производственных процессов, выйти на качественно новый уровень управления территорией за счет оптимизации протекания естественных процессов, создать условия для гармонизации комплекса элементов техногенной геосистемы за счет внедрения дифференцированных технических методов эксплуатации карьеров на стадии их перепрофилирования [1, 2, 4].

Цель нашего исследования состояла в разработке технологических методов оптимизации процесса рекультивации по повышению комфортности среды на основе комплексного геоэкологического анализа состояния и функционирования эталонных участков карьеров по добыче песка для проектов управления функционированием геосистем.

Задачи, поставленные и реализованные для достижения цели, состояли: в выявлении на основе анализа динамики стадий сукцессионного процесса и объективных геосистемных показателей (негэнтропичность, диссипативность, организованность, сложность, продуктивность, эмерджентность, стабильность) для антропогенных геосистем для оптимизации комплекса мероприятий рекультивационного процесса; в проведении сопряженного анализа результатов использования комплекса геоэкологических методов оценки состояния среды песчаных карьеров для зонального нормирования мероприятий антропогенной деятельности совместно с особенностями протекания естественных процессов самовосстановления геосистем; в оценке изменения термического, гидрологического, геохимического и сукцессионного процессов в условиях разновозрастных карьеров с применением различных технологий рекультивации; в разработке на базе исследования локальных геоэкологических ситуациий песчаных карьеров алгоритма прогнозного моделирования парагенетических комплексов и методики комплексного исследования направления развития и режима функционирования для управления модифицированными антропогенными геосистемами.

Объектом нашего исследования являлись карьеры по добыче песка в условиях северо-таежной и лесотундровой природно-климатических зон, а предмет исследования состоял в результативности рекультивационных мероприятий песчаных карьеров с учетом геосистемного подхода с использованием комплекса оценок состояния и функционирования импактных парагенетических комплексов. Материалы для данной работы были собраны авторами лично в течении периода с 2010 по 2012 годы при комплексном исследовании карьеров по добыче песка в Тюменской области, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах.

Для решения задач были проведены маршрутные наблюдения 62 песчаных карьеров с покомпонентным описанием природной среды и признаков загрязнения исследуемой территории. Геоэкологические исследования территории проводились в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Проведен послойный отбор проб почвогрунтов из инженерно-геологических выработок для анализа на загрязненность по химическим показателям через каждый метр до глубины 6 м, а также проведен отбор проб для выявления острой токсичности почвогрунтов для экспериментов в лабораторных условиях. Одновременно взяты пробы грунтовых вод для анализа на загрязненность по химическим показателям в этих выработках. Радиометрические исследования на территории участка проводились в два этапа, со съемкой территории с целью выявления и локализации возможных радиационных аномалий и определения объема дозиметрического контроля при измерениях мощности дозы гамма-излучения. Мощность дозы гамма-излучения не превышает 0,6 мкЗв/час. Локальные радиационные аномалии на обследованной территории отсутствуют. Эффективная удельная активность природных радионуклидов в грунте составляет от 41 до 140 Бк/кг. Класс перемещаемого грунта, в зависимости от содержания естественных радионуклидов, первый.

Послойный отбор проб почвогрунтов из выработок проведен для оценки радоновой опасности с глубин 0,0–0,2; 3,0 и 6,0 м, а также определения содержания радионуклидов в почвогрунтах согласно СП 11-102–97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства».

Отбор проб для исследований химического загрязнения подземных вод проводился в соответствии с ГОСТ Р 51592–2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». В санитарно-бактериологическом отношении воды вполне благополучны. Однако качество грунтовых вод на разных глубинах имеет повышенное содержание загрязнителей, причем наблюдается тенденция повышения содержания с глубиной концентрацией загрязнителей.

Отбор проб грунта для исследований химического загрязнения проводился согласно СанПиН 2.1.7.1287–03 «Санитарно-

эпидемиологические требования к качеству почвы» послойно, где исследованы показатели стандартного перечня загрязняющих химических веществ, а также содержание формальдегида, фтора и кобальта. Анализ результатов показал категорию «чистая» степени загрязнения на исследуемой территории.

Проведены исследования биологической продуктивности геосистем с применением биоиндикационных методов комплексной оценки качества среды и фитоценологических методов описания сукцессионных стадий на основных ключевых участках. Исходная информация, кроме личных полевых стационарных и лабораторных исследований авторов, получена из фондовых материалов промышленных и эксплуатационных организаций, из литературных и картографических источников. На основе изучения документации по истории эксплуатации и методов рекультивации карьеров проведена типология геосистем с использованием сравнительно-географического, ландшафтно-типологического и картографического методов. Наряду с методами статистической обработки данных для решения поставленных задач использовался метод построения дерева целей для выявления ведущих параметров парадинамических комплексов и методы SWOT-анализа для выявления факторов риска и перспектив функционирования модифицированных антропогенных геосистем.

Анализ литературных данных показал, что большинство исследователей и положения, отраженные в нормативных актах и методиках по проведению рекультивации, рассматривают рекультивацию как комплекс мер, направленных на возвращение землям, подвергшимся преобразованию в результате антропогенной деятельности, исходного состояния, максимально приближенного к естественному и подходящего для использования в первоначальном типе природопользования [3, 5, 7]. Как признается большинством исследователей и практиков этого достичь не удается по ряду причин, таких как нарушение геологической среды, почвенного покрова, гидрологического режима, состояния биоценоза. На месте карьеров в большинстве своем создается либо полигон для заполнения твердыми бытовыми отходами, либо объекты гражданского строительства, либо водоемы [6, 8, 9].

Новый подход, таким образом, наряду с традиционным, должен состоять в признании ценности имеющегося опыта по созданию принципиально отличных от зональных типов природно-техногенных систем и эффективном управлении. Основными показателями при этом должны стать биопродуктивность и сложный компонентный состав.

Результаты по реконструкции лесных геосистем с исходным флористическим составом показали неэффективность внесения торфа для рекультивации почвенного покрова в связи с биологической продуктивностью ниже зональных величин, тогда как развитие луговой интразональной растительности приводит к формированию биологической продукции в значительно больших объемах по сравнению с зональными показателями [8, 9]. Это – факт является подтверждением положения об отказе от традиционного подхода к рекультивационным мероприятиям в сторону перехода к новому подходу в формировании интразональных комплексов, управляемых и создаваемых человеком с использованием интродуцентов и синантропов. Вторым выводом является возможность заместить внесение торфа компостом из бытового мусора с последующим формированием злаково-бобовых формаций.

Причиной конфронтации степи и леса является гидрологический режим, препятствующий продвижению лесных формаций на юг. Результаты наших исследований карьеров с углубленной чашей и склонами, где не был проведен процесс ополаживания, констатируют изменение структуры стока за счет депонирования воды в «чаше» карьера; перевод части поверхностного стока в подземный через фильтрующие поверхности стенок карьера и увеличение интенсивности за счет пористости подстилающих материнских пород. Фильтрация воды с близлежащих территорий в водоем приводит к осушению берегов и формированию оптимальных условий для корневого питания в паводковый период. Изменение гидрологического режима ведет к изменению структуры геохимических циклов и активизации геохимического обмена, что сказывается на почвообразовательном процессе. Наличие большого объема вод на ограниченном участке пространства приводит к изменению теплового режима локальной территории, выражающемся в увеличении продолжительности теплого периода осенью, увеличению вегетационного периода и сдвиге фенологических фаз. Происходит усложнение биоценологической структуры как за счет расширения видового разнообразия, так и при интродукции видов, что ведет к активному формированию интразональных фитоценозов.

Метод рекультивации без применения ополаживания может быть рекомендован для северной тайги и лесотундры Западной

Сибири, а также использован при разработке технологических рекомендаций и нормативных документов по рекультивации нарушенных территорий. Его применение позволит ускорить по срокам процесс рекультивационных мероприятий, повысит рентабельность и снизит цену за счет экономии финансовых затрат на заключительном этапе рекультивации карьеров по добыче строительных материалов. Результатом его применения станет оптимизация окружающей карьеры среды обитания, ускоряя геохимические циклы и увеличивая биотическое разнообразие.

На основании проведенных нами исследований можно сделать следующие выводы:

1. Мероприятия рекультивации антропогенных геоморфологических форм направлены на формирование управляемых искусственных интразональных геосистем, принципиально отличных от исходного этапа сукцессии.

2. Нормирование методов рекультивации должно носить зональный характер, учитывающий оптимальность антропогенных преобразовательных процессов и эффективность процессов самовосстановления в условиях криозоны.

3. Отказ от процессов выполаживания склонов карьера по добыче песка повышает эффективность дренажных процессов прилегающих геосистем за счет активизации водного, теплового режима и ведет к ускорению сукцессионного процесса.

Список литературы

1. Бабак Н.А. Превентивный метод оценки состояния, защиты природно-техногенных систем и управления ими при осуществлении строительной деятельности и ЖКХ // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 3 (28). – С. 114–121.

2. Васильев С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы [Среднего Приобья]. – Новосибирск: Наука, 1998. – 136 с.

3. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф., Филиппс Г.В. Проблемы загрязнения высокоширотной окружающей среды. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. – 280 с.

4. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции / Е.С. Мельников, Л.И. Вейсман, Н.Г. Москаленко и др. – Новосибирск: Наука, 1983. – 166 с.

5. Мельников Е.С., Москаленко Н.Г. Районирование геологической среды криолитозоны Западной Сибири для природоохранных целей // Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования техногенного воздействия на геологическую среду. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1988. – 15–27 с.

6. Мельников Е.С., Москаленко Н.Г. Карта природных комплексов севера Западной Сибири для целей геокриологического прогноза и планирования природоохранных мероприятий при массовом строительстве. – М.: ГУГК, 1991. – 6 с.

7. Методические рекомендации по прогнозу развития криогенных физико-геологических процессов в осваиваемых районах Крайнего Севера. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1981. – 78 с.

8. Микроочаговые процессы как индикаторы экологически дестабилизированной среды / отв. ред. Н.М. Новикова. – М.: РАСХН, 2000. – 193 с.

9. Москаленко Н.Г. Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России. – Новосибирск: Наука, 1999. – 280 с.

References

1. Babak N.A. Preventive assessment method, method of protection of natural and man-made systems and management during construction activities and utilities. Proceedings of the St. Petersburg State University of Railways, 2011. no. 3 (28). pp. 114–121.

2. Vasil'ev S.V. The impact of the oil and gas industry on the forest and wetland ecosystems [Middle Ob]. Novosibirsk, Nauka, 1998. 136 p.

3. Kondrat'ev K. Ya., Krapivin V.F., Phillips G.V. Pollution problems of the high-environment. St. Petersburg, Academy of St. Petersburg State University, 2002. 280 p.

4. Landscapes of the West Siberian permafrost gas provinces. Melnikov E., L. Weisman, Moskalenko N. etc. Novosibirsk, Science, 1983. 166 p.

5. Melnikov E.S. Moskalenko N.G. Zoning of subsurface permafrost in Western Siberia for environmental purposes // hydrogeological and geotechnical studies of technogenic impacts on the geological environment. Moscow, VSEGINGEO, 1988. 15–27 p.

6. Melnikov E.S., Moskalenko N.G. Map of natural systems in the north of Western Siberia for geocryological forecasting and planning environmental measures during mass construction. Moscow, Head Department of Geodesy and Cartography, 1991. 6 p.

7. Guidelines for prediction of cryogenic physical and geological processes in the developed areas of the Far North. Moscow, VSEGINGEO (All-Russian Research Institute of Hydrogeology and Engineering Geology), 1981. 78 p.

8. Micro-focal processes as indicators of ecologically destabilized environment. Ed. Ed. Novikov N. M. Moscow, Academy of Agricultural Sciences, 2000. 193 p.

9. Moskalenko N.G. Anthropogenic vegetation dynamics of permafrost plains in Russia. Novosibirsk, Nauka, 1999. 280 p.

Рецензенты:

Замотаев И.В., д.г.н., профессор кафедры физической географии и геоэкологии, ГБОУ ВПО «Московский городской педагогический университет», г. Москва;

Нехорошева А.В., д.т.н., профессор, директор Института природопользования, ФГБОУ ВПО «Югорский государственный университет», г. Ханты-Мансийск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 504.054

УСТОЙЧИВОСТЬ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ

Филаретова А.Н., Кречетов П.П., Королева Т.В., Дианова Т.М.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: allan32@yandex.ru

В работе представлена оценка устойчивости экосистем северо-восточной части Московской области к воздействию кислотных осадков, проведенная на основе концепции критических нагрузок, показывающая существенное различие уровней устойчивости экосистем изучаемой территории. С целью верификации расчетных данных проведено лабораторное моделирование воздействия кислотных выпадений на химические свойства почв. Концентрации подаваемых растворов были рассчитаны исходя из количества кислоты, которое может разово выпасть на поверхность земли при утилизации твердотопливных ракет – основного потенциального источника кислотных выпадений на исследуемой территории. Полученные результаты подтверждают достоверность изменений химических свойств почв в результате превышения критических нагрузок. При этом наблюдаются зависимость интенсивности этих изменений от величины критической нагрузки экосистем и тенденции, свидетельствующие об обратимости негативных последствий.

Ключевые слова: кислотные выпадения, критические нагрузки, устойчивость экосистем, буферные зоны почв, экспериментальное моделирование, показатели почвенной кислотности

SUSTAINABILITY OF SOUTH TAIGA ECOSYSTEMS OF A NORTH-EAST PART OF THE MOSCOW REGION TO ACID RAIN IMPACT

Filaretova A.N., Krechetov P.P., Koroleva T.V., Dianova T.M.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: allan32@yandex.ru

The studied area is located in the north-eastern part of Moscow region. Assessment of the ecosystem's sustainability to acid rain impact based on the concept of critical loads is shown. It displays a significant difference in levels of this stability. Moreover, the results of laboratory modeling of acid depositions' influence on soil chemical properties are discussed in the article. Concentrations of fed solutions were calculated from the amount of acid, which may fall to the earth surface in one time as a result of disposal of solid-fuel rockets. Because it is a major potential source of acid deposition in the study area. The obtained results confirm the reliability of changes of soil chemical properties due to exceedance of critical loads. At the same time dependence of the intensity of these changes on the critical loads of ecosystems and trends, indicating a reversibility of adverse effects, are observed.

Keywords: acid deposition, critical loads, sustainability of ecosystem, acid-base buffer zones of soil, experimental modeling, indicators of soil acidity

Кислотные осадки являются одним из основных источников нарушения функционирования наземных экосистем в районах с интенсивной техногенной нагрузкой. Источником подкисления атмосферных осадков являются присутствующие в выбросах продукты сгорания промышленных предприятий оксиды азота и серы. При истечении срока годности или вследствие сокращения вооружений проводится уничтожение твердотопливных ракет методом сжигания. При этом образуется облако продуктов сгорания, в составе которого в большом количестве присутствует хлористый водород, также приводящий к подкислению осадков [7]. Одно из таких предприятий, на котором проводится утилизация твердотопливных ракет, располагается в северо-восточной части Московской области.

Устойчивость экосистем к воздействию кислых осадков можно оценить с помощью концепции критических нагрузок, под которыми понимают максимальное количество осаждающихся из атмосферы кислотных компонентов, не вызывающее химических изменений, приводящих к долговременным негативным воздействиям на структуру и функционирование экосистемы [3]. Ниже этого порога существенного вредного воздействия не происходит. Почва представляет собой важнейший геохимический барьер на пути миграции загрязняющих веществ и, как компонент биогеоценоза, во многом определяет устойчивость экосистем к подкислению. Характер и степень проявления негативных последствий воздействия кислотных выпадений определяются, прежде всего, особенностями функционирования и емкостью буферных систем в разных почвах. Самой крупной буферной кислотно-основной системой в почвах является почвенно-поглощающий комплекс, свойства которого определяются содержанием органического вещества и составом глинистых минералов [2]. Интегральным показателем изменения физико-химических свойств почвы под влиянием кислотных осадков может считаться снижение значений pH почв. Кроме того, кислотные осадки вызывают

увеличение обменной и гидролитической форм кислотности.

Материалы и методы исследования

Исследуемая территория располагается на границе Пушкинского, Сергиево-Посадского и Щелковского районов Московской области и представляет собой полого-холмистую моренную равнину в комплексе с водно-ледниковыми и зандровыми равнинами. Почвообразующими породами являются днепровская и московская морена, а также водно-ледниковые отложения разного возраста, покровные и аллювиальные суглинки. Климат умеренно-континентальный, характеризуется теплым летом, умеренно-холодной зимой с устойчивым снежным покровом, большой изменчивостью погодных условий от года к году. Значительная часть территории занята сельскохозяйственными угодьями. Естественная растительность представлена в основном мелколиственно-еловыми и мелколиственно-сосновыми лесами, образовавшимися на месте коренных широколиственно-еловых лесов. Основными почвами исследуемой территории являются дерново-подзолистые почвы разной степени оглеенности и эродированности. Широко распространены дерново-подзолистые окультуренные почвы, испытавшие длительное хозяйственное воздействие. Кроме того, в зависимости от характера рельефа, условий увлажнения и растительного покрова развиваются дерново-глеевые, дерновые, болотно-подзолистые, торфяные, торфянистые и аллювиальные почвы.

Наиболее распространенным методом определения величин критических нагрузок кислотных выпадений является балансовый, в основе которого лежит оценка возможного изменения баланса элементов под воздействием кислотного прессинга [3]. При этом подходе скорости выветривания почвенных минералов, выноса продуктов выветривания за пределы почвенного профиля и поглощения элементов растениями принимаются постоянными в пределах верхней (0,5 м) части почвенного профиля и характеризуются среднегодовыми величинами [3]. Ключевым параметром при расчете критических нагрузок на экосистемы является скорость выветривания почвенных минералов, поэтому чем более устойчивы слагающие почву минералы, тем меньше способность почвы пополнять запас обменных оснований в ППК и ниже критические кислотные нагрузки на экосистемы. По литературным данным [4] скорость выветривания в почвах таежной зоны составляет 0,15–0,80 кмольH^+/га в год.

Расчет критических нагрузок экосистем исследуемой территории был проведен по значениям скорости выветривания минералов, величины поглощения оснований растениями и потери кислотонейтрализующей способности, содержащимся в [1, 2]. Поглощение катионов травянистой растительностью принято равным нулю вследствие ежегодного отмирания практически всей биомассы и, как следствие, восполнения потери катионов. Для пахотных почв вследствие внесения извести характерна более высокая кислотонейтрализующая способность, чем для их естественных аналогов, поэтому скорость выветривания минералов была приравнена к скорости выветривания в дерново-карбонатных выщелоченных почвах.

Для построения карты критических кислотных нагрузок на экосистемы исследуемой территории были использованы топографическая карта масштаба 1:100 000, карты четвертичных отложений (масштаб 1:50 000), карта растительности Московской области (масштаб 1:200 000), почвенная карта Московской области (масштаб 1:300 000) и ландшафтная карта Подмосковья (масштаб 1:100 000). После их оцифровки в программе ArcGIS 9.3 были выделены контуры экосистем с разными критическими нагрузками.

С целью верификации данных, полученных по балансовой модели, был проведен модельный лабораторный эксперимент, для которого выбраны гумусовые горизонты основных типов почв исследуемой территории. Природные дерново-подзолистые почвы, использованные для эксперимента, характеризуются кислой реакцией среды (pH = 3,5–4,5), значением обменной кислотности в пределах 3–5 ммоль(+)/100 г и гидролитической кислотностью от 13 до 22 ммоль(+)/100 г. Пахотные почвы отличаются более высокими значениями pH (около 6), низким содержанием обменных водорода и алюминия и малой гидролитической кислотностью (в 3–4 раза ниже природных). Образцы почвы были высушены до воздушно-сухого состояния, просеяны через сито 3 мм, после чего были набиты в колонки из инертного материала до плотности 1 г/см^3. Мощность почвы в колонке составляла 10 см.

Концентрации растворов, подаваемых на колонки при экспериментальном моделировании влияния кислотных выпадений на почвы, были рассчитаны, исходя из количества кислоты, разово выпадающего на поверхность при утилизации твердотопливных ракет [7] и максимально возможного на изучаемой территории суточного количества осадков – 27,2 мм. Для эксперимента выбраны концентрации, соответствующие выпадениям 7,5, 3 и 0,5 г HCl/ м^2 – максимальному на границе СЗЗ предприятия, критической нагрузке наиболее распространенных экосистем и минимальной критической нагрузке экосистем на изучаемой территории. Таким образом, концентрации подаваемых растворов составили 0,0005 М, 0,003 М и 0,008 М. Контроль изменений производился по колонкам, через которые был пропущен такой же объем дистиллированной воды.

Изменения химических свойств почв оценивались по истечении трехдневного и трехнедельного периода. Эксперимент ставился в двукратной повторности. По окончании эксперимента почвенная колонка делилась на две части по глубине: 0–5 и 5–10 см; после чего в образцах почв определялись показатели почвенной кислотности (pH, обменная кислотность, гидролитическая кислотность), содержание ионов хлора и обменных кальция и магния.

Результаты исследования и их обсуждения

Расчеты, проведенные по балансовой модели показывают, что минимальные критические нагрузки на экосистемы в районе предприятия по утилизации твердотопливных ракет составляют 11 ммоль H^+/м^2/год и характерны для сосняков на подзолах, а максимальные – для пахотных почв (145 ммоль H^+/м^2/год) (табл. 1). Поскольку основным кислотным поллютантом на исследованной территории является соляная кислота, критические нагрузки на экоси-

стемы были пересчитаны на хлористый водород. По величине критической нагрузки соляной кислоты все экосистемы зоны влияния предприятия по утилизации твердотопливных ракет можно объединить в 8 групп (рисунок).

Таблица 1

Критические нагрузки кислотности на экосистемы исследуемой территории

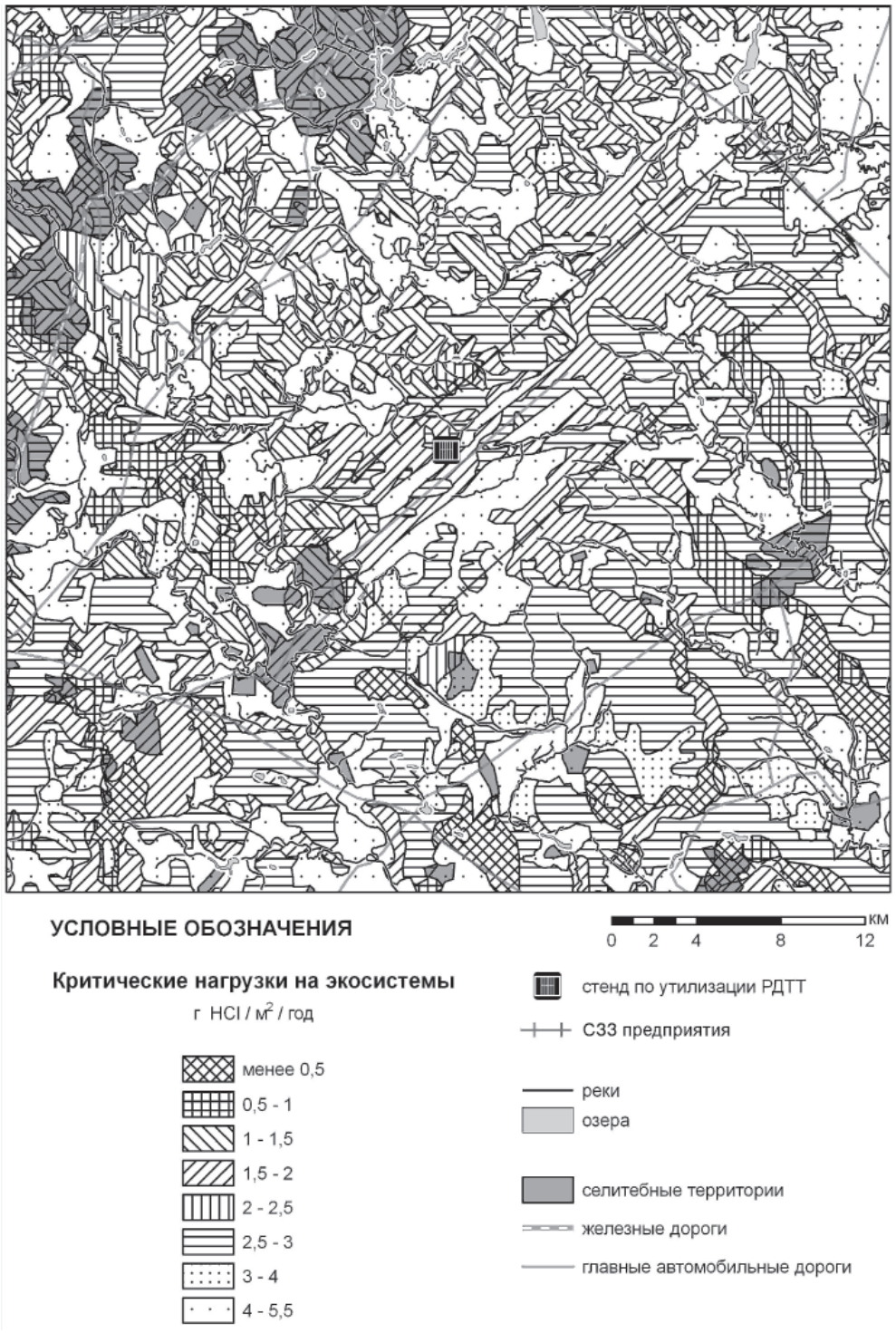
	Критическая нагрузка				(ммоль $H^+/м^2$/год) (г HCl /$м^2$/год)
	Лесные экосистемы				Травянистые экосистемы
	с преобладанием сосны	сосново-еловые	с преобладанием ели	с преобладанием березы	
Подзолы	11 / 0,407	14 / 0,498	16 / 0,589	19 / 0,699	35 / 1,265
Болотные низинные	18 / 0,668	21 / 0,759	23 / 0,850	26 / 0,960	42 / 1,526
Дерново-сильноподзолистые	19 / 0,684	21 / 0,776	24 / 0,867	27 / 0,976	42 / 1,542
Дерново-подзолистые смытые	32 / 1,150	34 / 1,241	37 / 1,332	40 / 1,442	55 / 2,008
Аллювиальные ненасыщенные, смытые и намытые почвы оврагов и балок	44 / 1,606	47 / 1,697	49 / 1,789	52 / 1,898	68 / 2,464
Дерново-слабо- и среднеподзолистые	44 / 1,615	47 / 1,706	49 / 1,798	52 / 1,907	68 / 2,473
Дерново-подзолистые глееватые и глеевые	69 / 2,514	71 / 2,605	74 / 2,696	77 / 2,806	92 / 3,372
Болотно-подзолистые	94 / 3,413	96 / 3,504	99 / 3,595	102 / 3,705	117 / 4,271
Дерново-глеевые	107 / 3,915	110 / 4,006	112 / 4,097	115 / 4,207	131 / 4,772
Дерновые остаточно карбонатные	121 / 4,417	124 / 4,508	126 / 4,599	129 / 4,709	145 / 5,274
Освоенные почвы					145 / 5,274

Вследствие широкого распространения на исследуемой территории дерново-подзолистых оглеенных почв, наибольшую площадь (около 345 $км^2$) занимают экосистемы с критическими нагрузками 2,5–3 г HCl/ $м^2$/ год. Зональные лесные экосистемы на дерново-подзолистых почвах менее распространены (занимают около 270 $км^2$) из-за высокой эродированности территории. Наибольшему экологическому риску подвержены экосистемы с минимальными критическими нагрузками (< 0,5 г HCl/$м^2$/год), представляющие собой подзолы под сосновыми и сосново-еловыми лесами и распространенные примерно на 3,5% исследуемой территории.

Проведенная верификация результатов расчета критических нагрузок в условиях лабораторного моделирования выявила различия в устойчивости почв ландшафтов исследуемой территории к воздействию кислых растворов.

Наблюдается тенденция к усилению кислотных свойств почв под влиянием модельных кислотных осадков, что соответствует литературным данным [4, 5, 6, 8]. Значения pH всех исследованных почв снижаются при воздействии кислых растворов, степень уменьшения pH возрастает при повышении кислотности воздействующих растворов.

Следует отметить, что эти изменения касаются в основном верхней части почвенной колонки, в нижней части подкисление носит незначительный характер. Кроме того, в верхней части почвенной колонки при максимальной нагрузке (7,5 г HCl/$м^2$) происходит смена буферных кислотно-основных зон, что свидетельствует о смене источника катионов на менее доступный и, тем самым, о замедлении скорости нейтрализации (табл. 2) [6]. Подзолы, обладающие наименьшей критической кислотной нагрузкой, характеризуются сменой буферной кислотно-основной зоны даже под влиянием более низкой нагрузки – 3 г HCl/$м^2$. В целом снижение pH под воздействием кислых растворов в гумусовых горизонтах пахотных почв происходит сильнее, чем в естественных почвах, и составляет в верхней части при максимальной нагрузке 1–1,5 и 0,5–1 единиц pH соответственно.



Критические нагрузки соляной кислоты на экосистемы исследуемой территории

Подкисление почв проявляется как в снижении pH, так и в росте обменной и гидролитической кислотности. В динамике обменного алюминия, обеспечивающего большую часть обменной кислотности, прослеживается увеличение содержания при повышении нагрузки в естественных почвах и снижение в пахотных почвах. Это, вероятно, связано с высокими значениями pH в освоенных почвах, обусловливающими выпадение вытесненного с обменных позиций алюминия в осадок в виде гидроксидов. Изменения обменной кислотности в пахотных почвах слабее выражены, чем в естественных, и не

превышают 0,5 ммоль H^+/ 100 г, в то время как в природных почвах при максимальных нагрузках они могут достигать по алюминию 3 и более ммоль H^+/ 100 г. В динамике обменного водорода в целом отсутствуют существенные изменения.

Таблица 2

Изменение буферных кислотно-основных зон почв при разной кислотной нагрузке *

Почва	Продолжительность эксперимента	Кислотная нагрузка, г HCl/м^2			
		0	0,5	3	7,5
$П^д$ лс	3 дня	А/А	А/А	А/А	Ж/А
	3 недели	А/А	А/А	А/А	А/А
По сп	3 дня	КО/КО	КО/КО	А/КО	А/КО
	3 недели	КО/КО	КО/КО	КО/КО	А/КО
а$П^д$ сс	3 дня	С/С	С/С	С/С	КО/С
	3 недели	К/К	К/К	С/К	С/К
а$П^д$ тс	3 дня	С/С	С/С	С/С	КО/С
	3 недели	К/К	К/К	С/К	С/К

Примечание. * В числителе указана буферная кислотно-основная зона для верхней части почвенной колонки, в знаменателе – для нижней. Буферные зоны: Ж – железистая, А – алюминиевая, КО – катионно-обменная, С – силикатная, К – карбонатная.

Анализ полученных данных показывает, что основные изменения химических свойств почв происходят в верхних 5 см, в нижней части колонки изменения часто не так сильны. Это может объясняться тем, что большая часть подаваемых растворов задерживается в верхней части почвенной колонки, что подтверждается сравнением данных по содержанию ионов хлора (маркера передвижения почвенных растворов) в верхней и нижней частях колонок. Увеличение их содержания при повышении нагрузки проявляется в верхней части почвенной колонки намного интенсивнее, чем в нижней.

Кроме того, следует отметить, что во всех проанализированных образцах в трехдневный срок почвы по всем показателям являются более кислыми, чем в трехнедельном варианте эксперимента, и одновременно содержат больше обменных кальция и магния. Этот факт может свидетельствовать о способности почв к самовосстановлению после воздействия кислотных осадков.

Выводы

Критические нагрузки хлористого водорода на экосистемы исследуемой территории варьируют от 11 до 145 ммоль H^+/ м^2/ год. Минимальные критические нагрузки характерны для сосняков на подзолах (занимают около 3,5 % территории), а максимальные – для пахотных почв (до 25 % площади). Вследствие широкого распространения на исследуемой территории дерново-подзолистых оглеенных почв, наибольшую площадь занимают экосистемы с относительно высокими критическими нагрузками – 69–77 ммоль H^+/ м^2/год (2,5–3 г HCl/м^2/год).

Полученные в результате модельного лабораторного эксперимента данные подтвердили достоверные изменения показателей почвенной кислотности при превышении критических нагрузок загрязняющего вещества. При этом для освоенных почв характерно менее интенсивное подкисление, чем для природных аналогов. Изменения свойств почв наблюдаются преимущественно в верхних 5 см почв.

После прекращения кислотной нагрузки происходит постепенное снижение кислотности почв и повышение содержания обменных кальция и магния, что свидетельствует об обратимости выявленных негативных последствий за счет разрушения минеральных компонентов почв в результате протонирования ППК.

Научные исследования проведены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (соглашение № 8673).

Список литературы

1. Биогеохимия / В. Н. Башкин, Н. С. Касимов – М.: Научный мир, 2004. – 648 с.

2. Кислотные осадки и лесные почвы / В.В. Никонова, Г.Н. Копцик – Апатиты: Кол. науч. центр РАН, 1999. – 320 с.

3. Копцик Г.Н., Макаров М.И., Киселева В.В. Принципы и методы оценки устойчивости почв к кислотным выпадениям. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. – 95 с.

4. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Д.С. Орлов, В.Д. Василевская – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.

5. Соколова Т.А., Дронова Т.Я. Изменение свойств почв под влиянием кислотных выпадений. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 64 с.

6. Взаимодействие лесных суглинистых подзолистых почв с модельными кислыми осадками и кислотно-основная буферность подзолистых почв / Т.А. Соколова, Т.Я. Дронова, И.И. Толпешта, С.Е. Иванова. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 208 с.

7. Филаретова А.Н. Анализ потенциального экологического риска при прожиге РДТТ в южно-таежной зоне // Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности: материалы Международной научно-практической конференции, 18 мая 2011 г. – М.: Географический ф-т МГУ, 2011. – С. 131–136.

8. Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В. Кислотно-основная буферность подзолистых и болотно-подзолистых почв Северо-востока европейской части России. – Екатеринбург, УрО РАН, 2005 – 136 с.

References

1. *Biogeohimija* [Biogeochemistry]. Moscow, Nauchnyj mir, 2004. 648 p.

2. *Kislotnye osadki i lesnye pochvy* [Acidic deposition and forest soils]. Apatity, 1999. 320 p.

3. Kopcik G.N., Makarov M.I., Kiseleva V.V. *Principy i metody ocenki ustojchivosti pochv k kislotnym vypadenijam* [Principles and methods for assessing the sustainability of soils to acid deposition]. Moscow, Publ. MSU, 1998. 95 p.

4. *Pochvenno-jekologicheskij monitoring i ohrana pochv* [Soil and environmental monitoring and protection of soils]. Moscow, Publ. MSU, 1994. 272 p.

5. Sokolova T.A., Dronova T.Ja. *Izmenenie svojstv pochv pod vlijaniem kislotnyh vypadenij* [Changing the soils properties under the influence of acid deposition] Moscow, Publ. MSU, 1993. 64 p.

6. Sokolova T.A., Dronova T.Ja., Tolpeshta I.I., Ivanova S.E. *Vzaimodejstvie lesnyh suglinistyh podzolistyh pochv s model'nymi kislymi osadkami i kislotno-osnovnaja bufernost' podzolistyh pochv* [Interaction of forest loamy podzolic soils with model acidic precipitation and acid-base buffering capacity of podzolic soils] Moscow, Publ. MSU, 2001. 208 p.

7. Filaretova A.N. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Obespechenie jekologicheskoj bezopasnosti raketno-kosmicheskoj dejatel'nosti»* [Materials of the International theoretical and practical conference «Ensuring environmental safety of rocket-space activity»]. Moscow, 2011, pp. 131–136.

8. Shamrikova E.V., Sokolova T.A., Zaboeva I.V. *Kislotno-osnovnaja bufernost' podzolistyh i bolotno-podzolistyh pochv Severo-vostoka evropejskoj chasti Rossii* [Acid-base buffering capacity of podzolic and bog-podzolic soils of the North-East of European Russia]. Ekaterinburg, UrO RAN, 2005. 136 p.

Рецензенты:

Новаковский Б.А., д.г.н., профессор кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва;

Снакин В.В., д.б.н., профессор, заведующий сектором музейно-методической работы Музея землеведения МГУ, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 51(072):371

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

Викторова Ю.В.

Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», Стерлитамак, e-mail: viktorovayv@mail.ru

В статье описаны структура и содержание электронного учебного пособия в процессе обучения математике с позиции МПИ-проекта, рассматриваются вопросы, связанные с разработкой электронных учебных пособий, охарактеризованы требования к ним; рассматриваются вопросы, посвященные организации наиболее эффективного обучения математике детей с особыми образовательными потребностями. При построении электронного учебного пособия «Квадратные уравнения» по математике, предназначенного для учащихся с особыми образовательными потребностями, использовались сюжеты с участием ряда персонажей. Выявляются роль и место электронных учебных пособий как средства повышения эффективности обучения. Выявлено значение электронных учебных пособий в процессе обучения математике, приведена структура разработанного электронного учебного пособия, а также рекомендации для преподавателей математики по его использованию. Полученные результаты имеют большую практическую значимость для создания электронных учебных пособий по различным темам и предметам. Автор доказывает, что внедрение электронного учебного пособия в преподавание математики при обучении детей с особыми образовательными потребностями позволяет повысить эффективность учебного процесса.

Ключевые слова: электронные учебные пособия, повышение эффективности обучения

METHODICAL POSSIBILITIES OF ELECTRONIC MANUALS WHEN TRAINING TO MATHEMATICS

Viktorova Y.V.

Sterlitamaksky branch FGBOU VPO «Bashkir state university», Sterlitamak, e-mail: viktorovayv@mail.ru

In article the structure and contents of the electronic manual in the course of training to mathematics from position MPI-project are described, the questions connected with development of electronic manuals are considered, requirements to them are characterized; the questions devoted to the organization of the most effective training to mathematics of children with special educational needs are considered. At creation of the electronic manual «Quadratics» on mathematics intended, for pupils with special educational needs plots with participation of a number of characters were used. The role and a place of electronic manuals as means of increase of learning efficiency come to light. Value of electronic manuals in the course of training to mathematics is revealed, the structure of the developed electronic manual, and also the recommendation for teachers of mathematics on its use is given. The received results have the big practical importance for creation of electronic manuals on various subjects and subjects. The author proves that introduction of the electronic manual in mathematics teaching when training children with special educational needs allows increasing efficiency of educational process.

Keywords: electronic manuals, learning efficiency increase

Как известно, интерес школьников к математике и соответственно качество математических знаний учащихся в настоящее время резко падает. Это отмечается в многочисленных публикациях и выступлениях, как известных ученых, так и учителей-практиков. Об этом свидетельствуют и факт снижения конкурсов абитуриентов на физико-математические факультеты вузов нашей страны, и результаты международных олимпиад, а также невысокие результаты российских учащихся в исследовании международных тестов PISA и др. (по результатам исследования математической грамотности 15-летних учащихся в 2009 году российские учащиеся оказались в группе стран, результаты которых существенно ниже результатов стран ОЭСР. Средний балл российских учащихся составил 468 баллов, по странам ОЭСР – 496, что соответствует 38–40 местам среди 65 стран-участниц) [5].

В то же время ведется поиск решения этой проблемы с учетом современных реалий. Одним из средств повышения эффективности образовательного процесса, в том числе и математического образования школьников, предлагаются информационные компьютерные технологии, среди них важное место занимают электронные учебники и учебные пособия (ЭУП). Специалисты [2, 4, 7, 9] отмечают ряд возможных преимуществ ЭУП перед печатными изданиями, а именно они:

– допускают адаптацию в соответствии с потребностями учащегося, уровнем его подготовки, интеллектуальными возможностями и амбициями;

– освобождают от громоздких вычислений и преобразований, позволяя сосредоточиться на сути предмета, рассмотреть большее количество примеров и решить больше задач;

– для проверки усвоения учебного материала предлагают интерактивные задания для самостоятельной работы учеников;

– предоставляют широчайшие возможности для самопроверки на всех этапах работы;

– обеспечивают удобство графического интерфейса учебника в использовании;

– дают возможность красиво и аккуратно оформить работу и сдать ее преподавателю в виде электронного файла или распечатанного текста;

– выполняют роль бесконечно терпеливого наставника, предоставляя практически неограниченное количество разъяснений, повторений, подсказок и т.д.

Наше исследование связано с использованием ЭУП для решения проблемы повышения эффективности обучения математике детей с особыми образовательными потребностями.

Ребенок с особыми образовательными потребностями (потребностями в образовании) – это вновь возникший и еще не устоявшийся термин, который возникает во всех странах мира при переходе от унитарного к открытому гражданскому обществу, когда оно осознает необходимость отразить в языке свое меняющееся отношение к детям с нарушениями в развитии, новое понимание их прав.

Содержание термина «дети с особыми образовательными потребностями» органично отражает традиционное для отечественной дефектологии понимание ребенка с нарушениями в развитии как нуждающегося в «обходных путях» достижения тех задач культурного развития, которые в условиях нормы достигаются укоренившимися в культуре способами воспитания и принятыми в обществе способами массового образования.

Рассмотрим некоторые статистические данные. По степени распространенности в пределах детской возрастной группы первое место по численности занимают дети с образовательными затруднениями (более 40%), второе место – с нарушениями интеллекта (более 20%), третье – с нарушениями речи (около 20%), остальные нарушения в совокупности составляют менее 20%. По данным НИИ гигиены и охраны здоровья детей и здоровья Научного центра здоровья детей РАМН за последнее время число здоровых дошкольников уменьшилось в пять раз и составляет лишь около 10% среди контингента детей, поступающих в школу. Распространенность функциональных отклонений достигает более 70%, хронических заболеваний – 50%, физиологической незрелости – 60%, более 20% детей имеют дефицит массы тела.

В коррекционной педагогике [1, с. 11] выделяются различные категории детей с отклонениями в развитии. К их числу относятся дети:

– с нарушениями одного из анализаторов: с полной (тотальной) или частичной (парциональной) потерей слуха или зрения, неслышащие (глухие), слабослышащие или, как их раньше назвали, тугоухие;

– незрячие (слепые), слабовидящие;

– со специфическими речевыми отклонениями (алалия, общее недоразвитие речи, заикание);

– с нарушениями опорно-двигательного аппарата (церебральный паралич, последствия травм позвоночника или перенесенного полиомиелита);

– умственно отсталые и с различной степенью выраженности задержки психического развития (разные формы психического недоразвития с преимущественной несформированностью интеллектуальной деятельности);

– со сложными нарушениями (незрячие умственно отсталые; слепоглухие, слепоглухие с умственной отсталостью, слепые с нарушениями речи и др.);

– аутичные (активно избегающие общения с окружающими людьми).

Таким образом, понятие «ребенок с особыми образовательными потребностями» предполагает наличие серьезных отклонений в развитии, вызванных болезнетворными влияниями, которые обуславливают необходимость создания специальных условий для обучения и воспитания. Важно иметь возможность задействовать у пользователя все его каналы восприятия информации: зрение, слух, подсознание и т.д. Как показало наше исследование (еще на зондирующем этапе), ЭУП позволяет не только повышать качество обучения за счет интеграции всех своих психофизических усилий, но и косвенно развивать способность к целостному комплексному восприятию мира.

Не имея возможности в рамках одного исследования охватить все перечисленные выше группы детей, в формирующий эксперимент по обучению математике с использованием специально составленного ЭУП нами выбраны дети с нарушениями опорно-двигательного аппарата. При разработке ЭУП мы исходили из следующего его определения: «Электронное учебное пособие – это электронное издание, частично или полностью заменяющее или дополняющее учебник и официально утвержденное в качестве данного вида издания» [4, с. 20]. При этом в качестве основных принципов ЭУП отмечается дозированность учебного материала, активная самостоятельная работа

обучаемого, постоянный контроль усвоения учебного материала, индивидуализация темпа обучения, большой объем учебного материала, возможность интерактивной обратной связи.

Разработанная нами и использованная в формирующем эксперименте серия ЭУП для изучения курса алгебры в 8-м классе реализована в системе визуального программирования Delphi 7. Каждое ЭУП представляет собой многооконное Windows-приложение. Сама по себе программа не требует специальной установки. Нужно только скопировать рабочую папку программы на логический диск или в другую папку, где будет лежать программа. ЭУП запускается файлом «Учебник.exe». Для полного функционирования ЭУП необходимо наличие в операционной системе Microsoft Equation 3.0, MS Power Point и Microsoft Word.

Не имея возможности в рамках настоящей статьи описать всю серию ЭУП, проиллюстрируем их структуру и особенности на примере одного из пособий, посвященного квадратным уравнениям (рис. 1). Содержание ЭУП «Квадратные уравнения» (электронное учебное пособие зарегистрировано в ОФЕРНИО [8]) подразделяется на 6 тем (рис. 2). Кроме тематических ссылок, эта форма содержит только две кнопки: «Выход» – для завершения работы с учебным пособием, и «Сведения об авторах» – отображает дополнительное диалоговое окно. Наводя мышкой на соответствующую строчку в содержании, ученик может выбрать нужную тему, то есть чтение учебного пособия не обязательно должно быть последовательным.

Рис. 1. Вид обложки электронного учебного пособия «Квадратные уравнения»

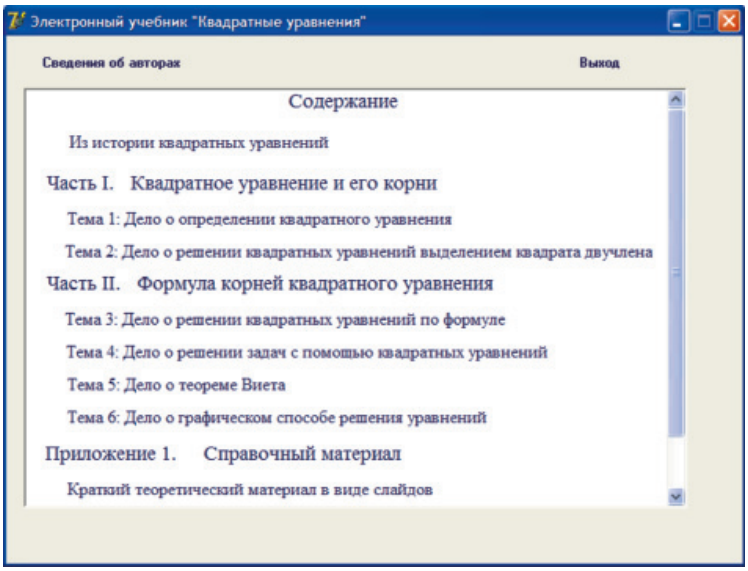


Рис. 2. Содержание электронного учебного пособия «Квадратные уравнения»

Выбрав нужную тему, пользователь попадает на основную форму ЭУП (рис. 3, 4), рабочая область которой в зависимости от выбранной темы и режима использования («теория», «решение задач», «игра») имеет различное содержание.

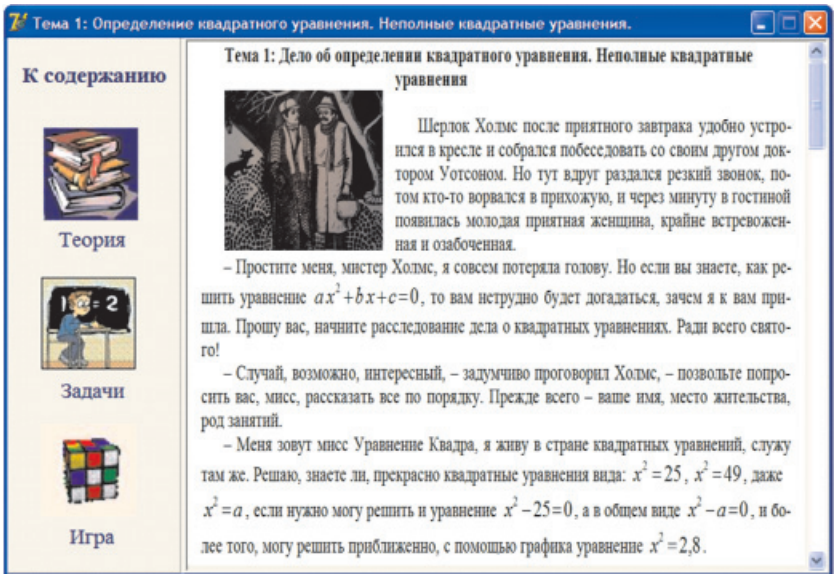


Рис. 3. Фрагмент изложения темы «Дело об определении квадратного уравнения»

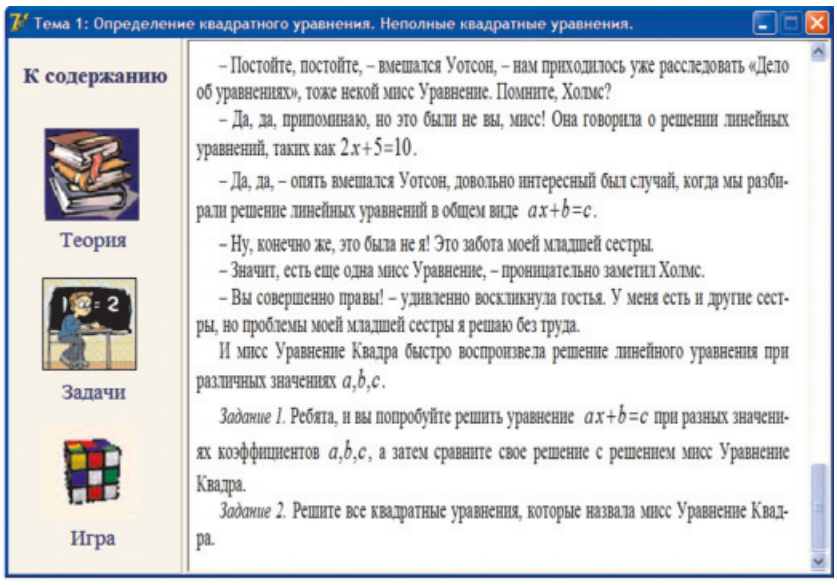


Рис. 4. Продолжение фрагмента изложения темы «Дело об определении квадратного уравнения»

Поскольку в обучении учеников с особыми образовательными потребностями большая доля отводится самостоятельной работе, то при построении математического содержания мы исходили из того, что использовать в обучении традиционные учебники неэффективно, так как они написаны конспективно, лаконично и не вызывают у ученика желание добровольно в свободное время его читать и изучать математический материал. В составленном нами варианте серии ЭУП использованы основные принципиальные положения учебников томской группы педагогов МПИ проекта под руководством доктора пед. наук, профессора Эмануилы Григорьевны Гельфман, в частности, включение математического текста в занимательные сюжеты. Так, к примеру, при построении ЭУП «Квадратные уравнения» для учащихся 8 класса использовались сюжеты с участием мистера Шерлока Холмса и доктора Уотсона по аналогии с тем, как это было сделано в учебном пособии по математике для 6 класса «Дело о делимости и другие рассказы», составленном названной выше авторской группой [3]. На рис. 3, 4 представлены кадры с фрагментами содержа-

ния материала по теме «Дело об определении квадратного уравнения». Эти кадры появляются при нажатии кнопки «теория».

Кроме теоретического материала, представленного в занимательной форме, в ЭУП имеется и справочный материал. В содержании ЭУП он представлен как «Краткий теоретический материал в виде слайдов» (см. рис. 2). Для активизации познавательной деятельности учеников, повышения их интереса к занятиям математикой в ЭУП имеются также познавательные исторические сведения (на рис. 5 представлен кадр с содержанием вкладки «Ученые древности») и занимательные задачи с использованием местного материала (рис. 6). Задачи взяты из учебного пособия профессора С.С. Салаватовой «Мой Башкортостан: математические задачи с краеведческими сюжетами» [6].

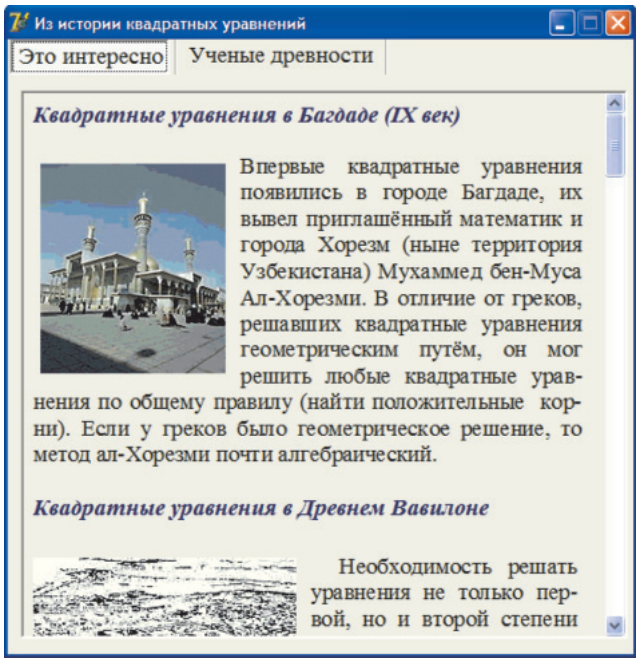


Рис. 5. Вкладка «Это интересно»

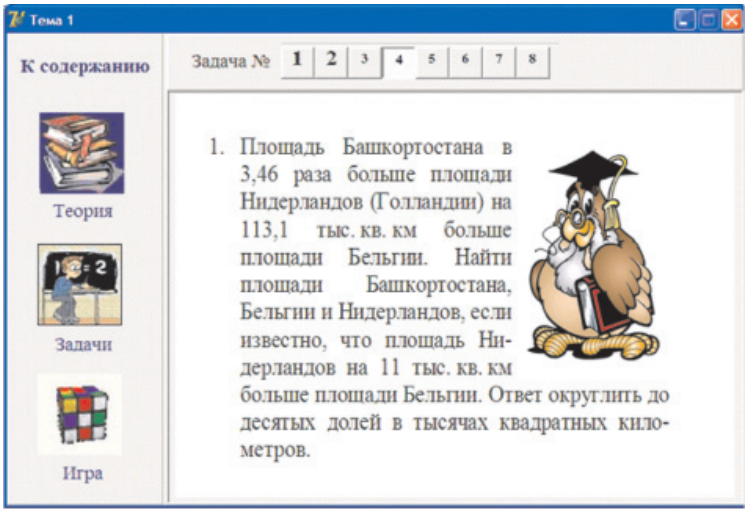


Рис. 6. Задачи с местным материалом

При составлении ЭУП для детей с особыми образовательными потребностями мы исходили из того, что кроме указанных выше достоинств, компьютер может играть немаловажную роль и в нормализации тонуса мышц и моторики артикуляционного аппарата таких детей. Для этого в ЭУП нами включено достаточно много специфических дидактических игр: например, кроссворды, «Домино из уравнений» или же графическое построение различных фигур и др. (рис. 7, 8).

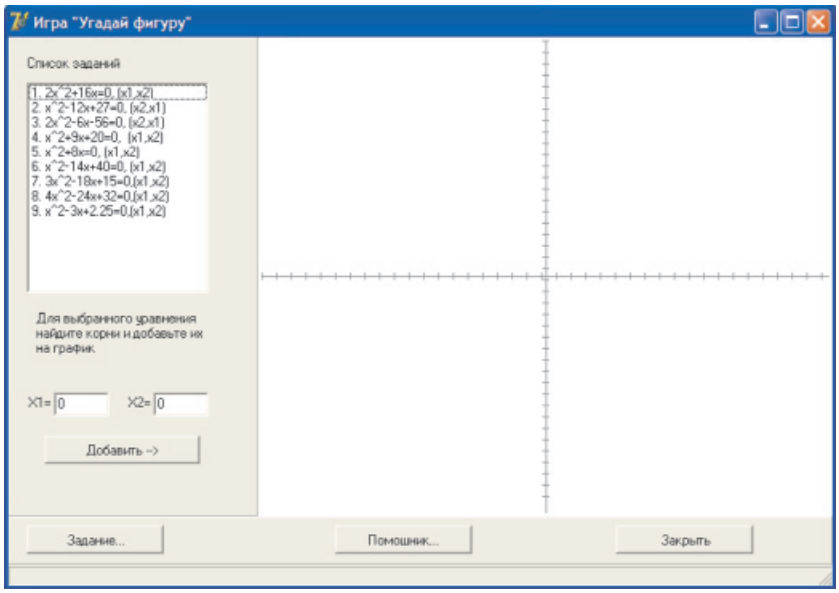


Рис. 7. Интерфейс игры «Угадай фигуру»: начальный этап

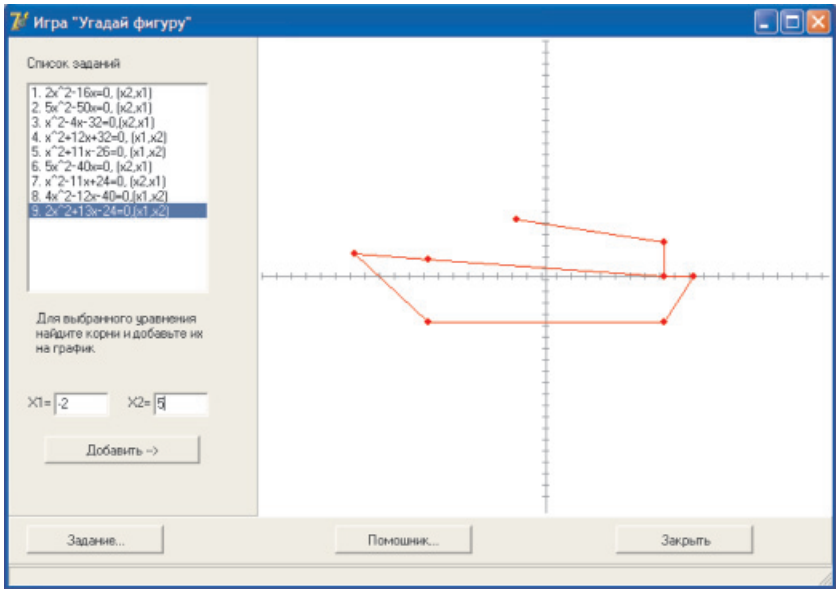


Рис. 8. Интерфейс игры «Угадай фигуру»: конечный этап

На рис. 7, 8 представлены кадры с интерфейсом игры «Угадай фигуру»: начальный и конечный кадры. Опишем кратко ход работы данной программы. При нажатии на кнопку «Задание…» производится загрузка выбранного в диалоговом окне задания. При этом задание из файла загружается в список. В задании пользователю необходимо решить несколько квадратных уравнений, корни которых программой интерпретируются как координаты точек на плоскости прямоугольной декартовой системы координат. На координатной плоскости после решения всех уравнений отобразится определенная фигура, составленная из полученных точек. Значения введенных пользователем корней обрабатываются при нажатии на кнопку «Добавить». При неверном решении уравнения программой предусмотрена возможность повторного решения и исправления ошибок.

Для проверки полученных знаний пользователю ЭУП предоставлена возможность пройти контрольное тестирование по рассматриваемой теме (рис. 9, 10). Контрольное тестирование реализовано в виде внешних исполняемых презентаций MS Power Point, которые загружаются на выполнение непосредственно из ЭУП при нажатии на кнопку.

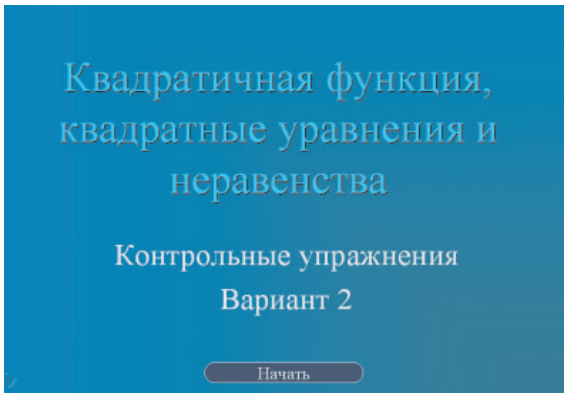


Рис. 9. Вид входа в контрольный тест

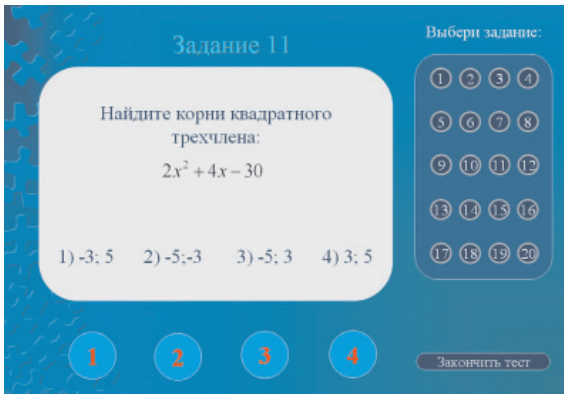


Рис. 10. Фрагмент контрольного теста

Экспериментальное исследование по повышению эффективности обучения детей с особыми образовательными потребностями за счет использования разработанной серии ЭУП проводилось нами на базе МБОУ «СОШ № 15» г. Стерлитамака (с учениками, обучающимися на дому). Причем имелась возможность сравнивать обучение по традиционным учебникам математики, созданным для массовой общеобразовательной школы, и обучение по разработанным ЭУП. Как показал формирующий эксперимент, использование разработанного ЭУП позволило максимально облегчить понимание и запоминание (причем активное, а не пассивное) наиболее существенных понятий, утверждений и примеров, вовлекая в процесс обучения слуховую и эмоциональную память. Повысилось как качество выполняемых домашних заданий учеников, так и их эмоциональное состояние, отношение к урокам математики, к обучению в целом.

Список литературы

1. Астапов В.М. Коррекционная педагогика с основами нейро- и патопсихологии: учебное пособие. – М.: ПЕР СЭ, 2006. – 176 с.

2. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров. – М.: Изд. Московского психолого-социального института, 2002. – 96 с.

3. Гельфман Э.Г. Дело о делимости и другие рассказы: учеб. пособие по математике для 6-го класса / Э.Г. Гельфман, Е.Ф. Бенк, Ю.Ю. Вольфенгаут, С.Я. Гриншпон и др. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1996. – 176 с.

4. Зайнутдинова Л.Х. Создание и применение электронных учебников. – Астрахань, ООО «ЦНТЭП», 1999. – 364 с.

5. Международная программа по оценке образовательных достижений учащихся (2009 г.) http://www.centeroko.ru/pisa09/pisa09.htm.

6. Салаватова С.С. Мой Башкортостан: Математические задачи с краеведческими сюжетами: учеб. пособие по спецкурсу для студ. спец. «032100.00 – Математика с дополнительной специальностью» / Автор-составитель С.С. Салаватова. – Стерлитамак: Стерлитамак. гос. пед. академия им. Зайнаб Биишевой, 2011. – 103 с.

7. Христочевский С.А. Электронный учебник – текущее состояние // Компьютерные инструменты в образовании. – 2001. – № 6. – С. 12–16.

8. Квадратные уравнения: электронный учебник / автор-составитель Ю.В. Викторова. – ОФЕРНИО эл.рес. № 16404.

9. Ясинский В.Б. Каким должен быть электронный учебник?.. [Электронный ресурс] // Электронный журнал «Исследовано в России». – 1999. – № 51. – Режим доступа: http://zhumal.ape.relarn.ru/articles/1999/051.pdf.

References

1. Astapov V.M. Correctional pedagogics with bases neuro and patopsikhologiya. Manual. M.: PER SE, 2006. – 176 pages.

2. Bespalko V.P. Education and training with participation of computers. – M.: Prod. Moscow psikhologo-social institute, 2002. 96 p.

3. Gelfman E.G. Delo about divisibility and other stories: The manual on mathematics for the 6th class / E.G. Gelfman, E.F. Benk, Yu.Yu.Volfengaut, Grinshpon, etc. Tomsk: Publishing house Tom. un-that, 1996. 176 p.

4. Zaynutdinova L.H. Sozdaniye and application of electronic textbooks / L.H. Zaynutdinova. – Astrakhan, OOO «TsNTEP», 1999. 364 p.

5. The international program according to educational achievements of pupils (2009). http://www.centeroko.ru/pisa09/pisa09.htm.

6. Salavatova S.S. My Bashkortostan: Mathematical tasks with local history plots: Studies. a grant on a special course for the student. special «032100.00 – Mathematics with additional specialty» / the Author originator S.S. Salavatova. Sterlitamak: Sterlitamak. the state. A ped.akademiya of Zaynab Biisheva, 2011. 103 p.

7. Hristochevsky S.A. The electronic textbook – current state / S.A. Hristochevsky // Computer tools in education. 2001. no. 6. pp. 12–16.

8. Electronic textbook «Quadratics»: the Author originator Y.V. Viktorova. OFERNIO electronic resource. no. 16404.

9. Yassinsky, V.B. What should be the electronic textbook? [An electronic resource] / V.B. Yassinsky//the Electronic magazine «It is investigated in Russia». 1999. no. 51. Access mode: http://zhumal.ape.relarn.ru/articles/1999/051.pdf.

Рецензенты:

Михайлов П.Н., д.ф.-м.н., профессор кафедры алгебры, геометрии и методики обучения математике, Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, г. Стерлитамак;

Дорофеев А.В., д.п.н, профессор кафедры прикладной информатики, технологии и дизайна, Стерлитамакский филиал Московского государственного гуманитарного университета имени М.А. Шолохова, г. Стерлитамак.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 378.02:372.8

ДИСТАНЦИОННОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ КОМАНДНЫХ СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

[1]Дудышева Е.В., [2]Скопин И.Н.

[1]ФГБОУ ВПО «Алтайская государственная академия образования имени В.М. Шукшина», Бийск, e-mail: kinf@bigpi.biysk.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Новосибирск, e-mail: iskopin@gmail.com

В статье приводится описание и анализ командной проектной деятельности студентов, специализирующихся в области информатики. Рассматриваются два опыта организации проектирования программных систем с применением элементов дистанционного обучения студенческими командами в исследовательском и педагогическом вузах. Обсуждаются тематика проектных задач, структуры команд разработчиков, динамика их изменений. Описываются организационные и коммуникационные условия проектной деятельности, а также возможность применения профессиональных методологий проектирования программных систем при обучении студентов. Отдельно анализируется роль методов и форм обучения разработчиков студенческих команд в соответствии с принципами обучения в сотрудничестве. В заключении выдвинуты предположения эффективной организации выполнения командных студенческих проектов в рамках дистанционной технологии формирования готовности к учебно-профессиональному проектированию программных систем.

Ключевые слова: образовательные технологии, дистанционное обучение, обучение в сотрудничестве, командная проектная деятельность, разработка программных систем

DISTANT PERFORMING OF TEAMS' STUDENT PROJECTS FOR SOFTWARE DEVELOPMENT

[1]Dudysheva E.V., [2]Skopin I.N.

[1]The Shukshin Altai State Academy of Education, Biysk, e-mail: kinf@bigpi.biysk.ru;

[2]The Novosibirsk State University, Novosibirsk, e-mail: iskopin@gmail.com

The paper describes the design and analysis of teams' activity of students specializing in computer science. It considers two experiences in organizing software design using elements of distant learning of student teams in research and pedagogical higher schools. The paper discussed themes of project tasks, teams' structures, and the dynamics of change. It describes organization and communication conditions of the project and the ability to use professional design methodologies of program systems in teaching students. Separately it analyzes the role of methods and forms of teaching members of student teams in accordance with the principles of collaborative learning. In conclusion, it's suggested the efficient management of the team of student projects in the distance technology for forming readiness to training and professional design software systems.

Keywords: educational technology, distant learning, collaborative learning, team project activity, development of software systems

Современные образовательные технологии востребованы на всех ступенях обучения, и в педагогических науках уделяется много внимания их структуре, свойствам, классификации (Беспалько В.П. и др.). Однако на практике построение образовательных технологий с заданными свойствами или их элементов является частной, но нетривиальной исследовательской задачей. Так, в высшем образовании большое значение имеет обучение студентов элементам профессиональных технологий в областях специализаций. В данной статье приводятся описание двух опытов организации командной проектной деятельности студентов, специализирующихся в области информатики. В описываемых случаях применяются различные методологии профессионального проектирования программных систем и условия организации команд. Первый опыт отражает аспекты дистанционного взаимодействия в процессе межвузовской разработки web-систем и опирается на адаптивный подход. Второй – описывает применение междисциплинарной образовательной технологии на основе методологии объектно-ориентированного проектирования [1], где дистанционные коммуникации применяются эпизодически. Материал для исследования получен в рамках образовательного процесса двух вузов: ННИГУ и АГАО имени В.М. Шукшина.

Для существующей проблемы интеграции в образовательном процессе учебной и профессиональной деятельности предлагаются разнообразные пути решения. **Целью** нашей работы является сравнительный анализ проектной деятельности студенческих команд, который позволяет предположить организационные условия и этапы учебно-профессионального проектирования в целях разработки и апробации дистанционной технологии формирования готовности студентов, специализирующихся в области информатики, к учебно-профессиональному проектированию программных систем.

В ходе описываемой опытно-экспериментальной работы применялись *методы* педагогического моделирования, наблюдения в процессе обучения, изучения результатов деятельности студентов, метод экспертных оценок, педагогический эксперимент [1].

Рассмотрим вначале опыт дистанционного взаимодействия студентов при разработке web-систем. Студенту факультета информационных технологий НГУ была предложена тема квалификационной работы бакалавра с целью создания адаптивной среды поддержки конструирования web-систем. Технически задача заключалась в создании пополняемой библиотеки модулей, из которых составляется требуемая конфигурация системы, и интерфейсных решений, позволяющих настраивать взаимодействие пользователей на эффективную организацию поддерживаемой деятельности. Первичной прикладной базой проекта, на которой отрабатывалась концепция адаптивности и формировалась библиотека модулей, стал сайт лаборатории НГУ-Intel с ее потребностями разнообразной работы посетителей и сотрудников лаборатории (www.i-lab.nsu.ru).

Анализ проектной задачи показал, что для ее решения необходимо реализовать ряд достаточно автономных модулей, и это возможно сделать, привлекая разработчиков со стороны. Возник круг проблем: кого и как привлекать, как обеспечить надежность выполнения автономных заданий, как организовать взаимодействие исполнителей. Поскольку в финансовом плане проект не был обеспечен ресурсами в полной мере, на запрос инициатора работ откликались в основном студенты, изначально не обладающие достаточной квалификацией. Поэтому проектные работы должны были сопровождаться мероприятиями обучающего характера. Из порядка двадцати отобранных претендентов примерно половина согласилась подключиться к проекту. Они обладали небольшим опытом, развить который им хотелось бы в рамках проекта. Среди них оказались разработчики из трех городов России и один из Украины. Еще пять претендентов видели в проекте себя лишь как поставщиков модулей, создаваемых по предоставляемым спецификациям. В ходе начальных работ произошел отсев, в результате которого сложилась структура команды:

• Инициатор проектных работ, в дальнейшем называемый *менеджером проекта*, – упомянутый выше студент ФИТ, выполняющий дипломную работу. Только он в полной мере представлял проект в целом. В дополнение к менеджерским обязанностям он выполнял роли архитектора проекта и разработчика главных модулей системы.

• Три *ключевых исполнителя*, заинтересованность которых в проекте была самодостаточна. Компоненты системы, которые они реализовали, требовали овладения информацией об архитектуре проекта. Лишь один из них оказался доступным для непосредственного общения. Проектная деятельность ключевых работников стала определяющей.

• От двух до пяти дополнительно *привлекаемых работников*, которые выполняли автономные задания под руководством сначала менеджера, а по мере роста зрелости проекта и других ключевых работников.

Другой способ организации проектных студенческих команд применялся в процессе обучения студентов младших курсов построению прикладных программных систем на физико-математическом факультете АГАО имени В.М. Шукшина. Потребность в организации студенческих команд возникла вследствие необходимости массового обучения в рамках традиционного образовательного процесса объектно-ориентированному моделированию и программированию слабо подготовленных студентов-первокурсников. Каждый студент к третьему курсу дважды принимал участие в командной проектной деятельности: сначала как исполнитель, а затем, в следующем году, как менеджер. Студенты, уже участвовавшие в проектах, обучались сами и способствовали обучению студентов младших курсов, организовывали командную проектную деятельность, что соответствует «обучению в сотрудничестве». В качестве экспертов привлекались старшекурсники, они оценивали результаты на защите проектов, проводили внешнее тестирование программ.

Студенческие команды формировались в составе от двух до пяти человек. Подбор участников групп вначале осуществлялся в директивном порядке. Далее оказалось, что более эффективно формировать состав команд после презентации менеджером тематики проекта с возможностью выбора команд исполнителями. Структура команд выглядела так:

• Один или два *менеджера* проекта – студенты второго курса ФМФ. Функции менеджера включают определение темы, объема, графика работы, ответственность за построение словаря, информационной модели, функционирования системы в целом, а также алгоритмическое обеспечение проекта.

• От одного до трех *исполнителей* – студентов первого курса, а также, по желанию и возможностям, отдельных студентов вто-

рого курса. Функции исполнителей: поиск и анализ информации, относящейся к проекту, в первую очередь, с помощью средств информационно-коммуникационных технологий, самостоятельная реализация программных модулей.

• До двух старшекурсников, курирующих команду, выступающих в качестве *привлеченных экспертов*, которые при необходимости могут оказать консультационную помощь. Однако основная функция студентов-экспертов, как и преподавателей – максимально объективная оценка результатов и деятельности проектной команды.

Элементы дистанционного взаимодействия, такие как общение в чатах и коммуникации с помощью электронной почты, активно применялись участниками команд вследствие высокой доли самостоятельной работы проектных команд во внеаудиторное время. Тем не менее, все участники находились в потенциальной доступности не только других студентов, но и преподавателей, наблюдавших проекты. В полной мере возможность дистанционных взаимодействий проявлялась при внешней оценке проектов на открытых площадках для обсуждения, форумах. Однако этот путь был недоступен большинству участников, так как сторонний интерес вызывали лишь самые оригинальные проекты.

Команды, как правило, оставались стабильными по составу, благодаря глубокой интеграции в образовательный процесс, так как деятельность студентов была реализована в рамках междисциплинарного модуля дисциплин предметной подготовки. Тем не менее, состав команд менялся в сторону уменьшения участников из-за оттока студентов из вуза. В случае если происходила потеря одного из исполнителей, работа перераспределялась менеджером на других участников или выполнялась им, чаще при поддержке экспертов. Это служило иллюстрацией реализации метода смягчения рисков невыполнения проектов. Если происходила потеря одного из менеджеров – другой брал на себя функции руководства и управления; важно различать эти два аспекта работы менеджера (см. [3]). При отсутствии менеджеров проект закрывался, а исполнители присоединялись к другой команде.

Важнейшую роль в результативном завершении проектов в двух описываемых педагогических моделях сыграли организационные и коммуникационные условия проектной деятельности. Так, при дистанционной разработке web-систем первичный анализ проектной ситуации был выполнен менеджером. Он определил круг первоочередных задач и порядок их решения. К моменту завершения первичного анализа обозначились будущие ключевые работники, в ходе взаимодействия с которыми выяснилось, что почта – недостаточно оперативный вид связи, а потому наряду с ней для коммуникаций использовался сервис видеоконференций Скайп. В дальнейшем менеджер организовал регулярные дистанционные обсуждения и отслеживание контрольных точек. Наиболее трудной и неоднозначной задачей стало определение методологии проектной деятельности. Очевидная ориентация на облегченный (agile) подход не прояснила ситуации, поскольку ни XP, ни Scrum, ни иные вариации таких методологий не подходили из-за невыполнимости условий их применения.

Ясность в том, что нужно формировать собственную методологию, появилась, когда менеджеру попалась статья А. Коукберна [4], в которой провозглашается этот принцип как наиболее разумный для учета человеческого фактора. В результате сначала стихийно и лишь для ключевых работников, а затем для всей команды была предложена организация процесса разработки, ближайшим к которой является подход ASD (Adaptive Software Development) Дж. Хайсмита [5]. При интерактивном развитии проекта происходит постепенная адаптация команды к пользовательским требованиям. Разработка каждого из библиотечных модулей включала следующие перекрывающиеся фазы:

• **Фаза обдумывания.** *Инициация проекта* – это формирование задания на разработку модуля. Задание исходит из внешнего заказа либо из осознания необходимости реализации разработки. Задание, утвержденное менеджером, определяет требования к модулю. *Планирование адаптивного цикла* – назначение исполнителей, которым выделяются работы: поиск готового, подобного компонента или констатация необходимости разработки модуля, определение критериев качества. Вначале проекта в качестве исполнителей выбирались один или два ключевых работника. По мере развития работ в проекте стали появляться привлекаемые работники, для которых назначался куратор из числа ключевых работников. Реализация модуля находится в сфере ответственности куратора. Коммуникации этапа – дистанционное обсуждение плана работ, составляемого менеджером и куратором.

• **Фаза сотрудничества.** *Совместное конкурирующее развитие возможностей* библиотеки и пользовательской web-системы: разработка вариантов требуемого модуля, если необходимость этого признана;

определение и проведение работ по адаптации подобранных и разработанных вариантов модуля к требованиям web-системы и библиотеки. Коммуникации этого этапа не формализованы. Они сводятся к индивидуальным консультациям в разной форме. Исключением является ситуация, когда для выполнения задания требуется освоение специального материала учебного характера. В этом случае одним из ключевых работников организовываются регулярные занятия в форме вебинаров для заинтересованных исполнителей. *Первичная оценка качества* – обсуждение полученных решений. Если не удается выбрать решения, пригодные для развития разрабатываемой web-системы и/или библиотеки, то организуется мини-цикл обучения или переход к итерации цикла адаптации. Коммуникации этапа – обсуждение документов, заранее подготовленных и отправленных по электронной почте под контролем менеджера. В обсуждении обязательно участвует исполнитель (ключевой или привлекаемый работник).

• **Фаза обучения.** *Обзор качества* – оценка проведенных работ и решение о продолжении проекта. Целью обзора является принятие решения о выпуске релиза или организации перехода к итерации цикла адаптации. Коммуникации этапа не отличаются от проведения обсуждения на этапе первичной оценки качества. *Итоговый обзор качества и выпуск релиза* для заказчика. Содержание деятельности этапа складывается из определения уровня успешности выполнения работ в целом и организации мероприятий, обеспечивающих включение модуля в библиотеку, встраивание модуля в пользовательскую web-систему. Коммуникации этапа – Скайп-обсуждение успешности выполнения всех фаз проекта с целью корректировки будущей деятельности команды и критериев оценки с учетом полученного опыта, а также взаимодействия с пользователями и заказчиком, регламентируемые последним. В обсуждении успешности участвуют все исполнители проекта. Взаимодействия с заказчиком проводит менеджер, который при необходимости может привлекать к ним других исполнителей.

Во втором описываемом опыте междисциплинарной проектной деятельности основой послужил адаптированный процесс объектно-ориентированного моделирования с использованием шаблонов (patterns) проектирования и универсального языка моделирования UML. Процесс ориентирован на построение объектно-ориентированных моделей предметной области и включал фазы планирования, построения, развертывания в соответствии с идеями К. Лармана [2] об оптимальных приемах и этапах объектно-ориентированного моделирования с применением шаблонов проектирования. В данном случае ведущей среди нижеперечисленных оказалась именно фаза планирования.

• **Фаза планирования.** После составления спецификации проекта и его словаря, описываются основные режимы использования программной системы или прецеденты. Для каждого режима составляется таблица типичного поведения (прецедентов) системы. Первоначально таблицы составляются без учета интерфейса системы. Это делается намеренно, чтобы как можно четче отделить проектирование от реализации. И только после этого студентам рекомендуется проектировать макеты интерфейсов. Стоит отметить, что ребята все равно потихоньку пытались писать программный код, а при использовании визуальных сред проектирования быстро переходить к использованию библиотек стандартных компонентов. Поэтому задача педагога по возможности пресекать кодирование до построения моделей. Далее на основе макетов интерфейсов уже можно рассматривать поведение проектируемой программной системы более определенно, с применением средств интерфейса: кнопок, надписей, меню, диалоговых окон. Студенты строят таблицы реальных прецедентов вновь для каждого режима использования. Перечисленная документация обязательно представляется командой на предзащите проектов.

• **Фаза построения**. На последующую реализацию, составление текстов программ отводится в два раза меньше времени, чем на проектирование. И как показывает многолетний опыт, студенческие команды в такие сроки вполне укладываются.

• **Фаза развертывания**. Для защиты проекта требуется пройти внешнее тестирование, также желательно реализовать дистрибутив системы. Отдельно оценивается справочная система, которая является необходимой составляющей проекта.

В последнем случае процесс оказался достаточно систематизированным и послужил хорошей иллюстрацией технологии объектно-ориентированного проектирования прикладных программных систем не только отдельных студентов, но и всего потока, и послужил основой развернутого педагогического исследования [1] с обработкой данных педагогического эксперимента. Основу образовательной технологии составил метод учебно-профессиональных проектов, сочетающий этапы как педагогического метода проектов, так и методов профессионального проектирования программ.

Рассмотренные опыты организации командной проектной деятельности студентов демонстрируют два способа интеграции технологий и методов обучения с практическими технологиями области специализации, в данном случае информатики и компьютерных наук. В первом из них происходил подбор подходящей методологии, уже включающей возможность обучения. Во втором – обучающие мероприятия были эффективно привнесены в технологический процесс, и наоборот. В условиях командной работы студентов особую значимость приобрели методы и средства дистанционной коммуникации, такие как общение по электронной почте, с помощью видеоконференций.

Методология, сформировавшаяся при дистанционной разработке серии проектов web-систем, опробована в специфической ситуации организации студентом дистанционной команды, состоящей из студентов. Она не претендует на всеобщность, тем не менее применение подхода в подобных ситуациях возможно, в частности, в научно-исследовательской работе, в курсовом и дипломной проектировании. Существенным моментом представленной методологии является обучающая составляющая. В условиях обсуждаемого проекта обучение можно охарактеризовать как тактическое, подчиненное нуждам разрабатываемой системы. Если же мыслить перспективно и настраиваться на формирование дистанционной команды с высоким производственным потенциалом, то становится понятно, что использованных образовательных мероприятий недостаточно. Второй из рассмотренных опытов использует потенциал дистанционного общения, но в минимальной степени.

В качестве **заключения,** обсуждения выполнения проектов студенческими командами отметим следующее. На основе сравнительного анализа показана принципиальная возможность эффективной организации дистанционного выполнения командных студенческих проектов разработки программных систем при использовании в рассмотренной междисциплинарной технологии формирования готовности к учебно-профессиональному проектированию методов и средств коммуникационных технологий. Экспериментальная работа по адаптации данной образовательной технологии к дистанционному взаимодействию ведется кафедрой информатики АГАО и лабораторией НГУ – Intel.

Работа выполняется при поддержке РГНФ, проект № 12-06-00103а «Организация дистанционного учебно-профессионального проектирования программных систем».

Список литературы

1. Дудышева Е.В. Междисциплинарное проектирование на младших курсах специальности «Информатика» в педагогическом вузе // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – № 2 (14). – С. 215–219.

2. Лармен К. Применение UML и шаблонов проектирования. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.

3. Скопин И.Н. Основы менеджмента программных проектов: курс лекций. – М.: ИНТУИТ.РУ «Интернет-университет информационных технологий», 2004.

4. Cockburn A.R. Characterizing people as non-linear, first-order components in software development. – Humans and Technology. 1999.03, 1999. – URL: http://alistair.cockburn.us / Characterizing+people+as+non-linear,+first-order+components+in+ software+development (дата обращения: 17.08. 2012).

5. Highsmith J.A. Adaptive Software Development: A Collaborative Approach to Managing Complex Systems. – New York: Dorset House, 2000. – 392 p.

References

1. Dudysheva E.V. Mezhdisciplinarnoe proektirovanie na mladshih kursah special'nosti «Informatika» v pedagogicheskom vuze // Mir nauki, kul'tury, obrazovanija. 2009. no. 2 (14). pp. 215–219.

2. Larmen K. Primenenie UML i shablonov proektirovanija. M.: Izdatel'skij dom «Vil'jams», 2001.

3. Skopin I.N. Osnovy menedzhmenta programmnyh proektov. Kurs lekcij. M.: INTUIT.RU «Inter-net-Universitet Informacionnyh tehnologij», 2004.

4. Cockburn A.R. Characterizing people as non-linear, first-order components in software development. – Humans and Technology. 1999.03, 1999. URL: http://alistair.cockburn.us/ Characterizing+people+as+non-linear,+first-order+components+in+ software+development.

5. Highsmith J.A. Adaptive Software Development: A Collaborative Approach to Managing Complex Systems. – 2000 New York: Dorset House, 392 p.

Рецензенты:

Веряев А.А., д.п.н., профессор кафедры информационных технологий ФГБОУ ВПО «АлтГПА», г. Барнаул;

Мокрецова Л.А., д.п.н., профессор, проректор по научной работе ФГБОУ ВПО «АГАО», г. Бийск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 796.011.3:37.026.6-057.87(470.47)

ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНЫЕ ИНТЕРЕСЫ УЧАЩЕЙСЯ И СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

Калдариков Э.

ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет», Элиста, e-mail: sport@kalmsu.ru

Анкетирование учащейся и студенческой молодежи позволяет определить их физкультурно-спортивные интересы, обеспечивает информированность педагогов в принятии управленческих решений в процессе реализации двигательных задач. Физкультурно-спортивные интересы различного контингента жителей Республики Калмыкия (учащиеся в возрасте 10–15 и 16–17 лет, студенты Калмыцкого государственного университета 1–5 курсов) изучались методом анкетного опроса. Всего в анкетировании принимало участие 329 человек мужского пола. По нашим данным, стабильно растет интерес к использованию национально-регионального компонента в процессе урочных форм занятий (учащиеся среднего школьного возраста – 32,5%, ученики старшего школьного возраста – 41,2%, студенты вуза – 52,7%), но это направление физкультурно-спортивной работы реализуется только специалистами-энтузиастами. В учебном процессе по физической культуре общеобразовательной школы используются следующие национальные упражнения и виды спорта: подвижные игры, элементы национальных танцев, национальная борьба «Бек ноолдан», метание аркана. В вузе в основном применяются элементы национальной борьбы, метание аркана и копья. Результаты анкетирования школьников и студентов свидетельствуют о том, что только небольшое число обследуемых устремлены на занятия физической культурой и спортом, по мере их взросления этот показатель заметно уменьшается. Необходимо в учебном процессе образовательных учреждений широко использовать национальные виды спорта и упражнения.

Ключевые слова: учащиеся, студенты, физкультурно-спортивные интересы, республика Калмыкия

PHYSICALCULTURAL-SPORT INTERESTS OF STUDING PUPILES AND STUDENTS IN KALMYK REPUBLIC

Kaldarikov E.

FGBOU VPO «Kalmytskij gosudarstvennyj universitet», Elista, e-mail: sport@kalmsu.ru

Questioning of a studying and student's youth allows to define their physical-cultural sports interests, provides knowledge of teachers in acceptance of administrative decisions during realization of impellent problems. Physical-cultural -sports interests of a various contingent of residents of Republic Kalmykia (pupils in the age of 10–15 and 16–17 years, students of Kalmyk state university of 1–5 rates) were studied by a method of questionnaire. In total in questioning took part 329 person of a male. On our data, stably grows interest to use of a national-regional component during fixed forms of employment (pupils of average school age – 32,5%, disciples of the senior school age – 41,2%, students of high school – 52,7%), but this direction of physical-cultural sports work is realized only by experts-enthusiasts. In educational process on physical training of a comprehensive school following national exercises and sports are used: outdoor games, elements of national dances, national struggle « Bek nooldan», throwings of a lasso. In high school basically elements of national struggle, a throwing of a lasso and a spear are applied. Results of questioning of students and students testify, that only a small number surveyed are aimed on employment by physical training and sports, in process of their growing up this parameter noticeably decreases. It is necessary to make wide use of national sports and exercises in educational process of educational establishments.

Keywords: pupils, students, physical culture and sports interests, Kalmyk Republic

Анкетирование учащейся и студенческой молодежи позволяет определить их физкультурно-спортивные интересы и обеспечивает информированность педагогов в принятии управленческих решений в процессе решения двигательных задач [2, 3, 4, 5]. В.К. Бальсевич [1] считает, что для учащихся различного возрастного периода необходимо сначала определить их физкультурно-спортивные интересы, выявить особенности физического развития и физической подготовленности, а затем разрабатывать содержание учебного процесса по физической культуре. Однако данные материалы часто не учитываются при разработке методик физического воспитания учащейся и студенческой молодежи. Данное положение обусловливает актуальность настоящего исследования.

Цель исследования – выявить физкультурно-спортивные интересы учащейся и студенческой молодежи Республики Калмыкия.

Методы исследования: теоретический анализ и обобщение литературных источников, анкетирование, методы математической статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

Физкультурно-спортивные интересы различного контингента жителей Республики Калмыкия (учащиеся в возрасте 10–15 и 16–17 лет, студенты Калмыцкого государственного университета 1–5 курсов) изучались методом анкетного опроса. Всего в анкетировании принимало участие 329 человек мужского пола.

Только 41,2% учащихся среднего школьного возраста, 31,4% старшеклассников, 22,7% студентов вуза удовлетворены содержанием уроков физической культу-

ры в образовательных учреждениях. Ученики в возрасте 10–15 лет наиболее привлекательными считали спортивные игры (57,3%), старшеклассники – спортивную борьбу (44,1%), а студенты вуза – спортивные игры (49,1%). Вместе с тем в каждой возрастной группе обследуемых выявлено достаточно большое количество анкетируемых, которым не нравятся традиционные средства физической культуры. По мере увеличения возраста обследуемых данный показатель увеличивается (с 29,9 до 43,6%).

Опрос респондентов показал, что стабильно растет интерес к использованию национально-регионального компонента в процессе урочных форм занятий (учащиеся среднего школьного возраста – 32,5%, ученики старшего школьного возраста – 41,2%, студенты вуза – 52,7%). К сожалению, данное направление физкультурно-спортивной работы реализуется только специалистами-энтузиастами.

Нами были оценены знания анкетируемых о возможности использования национальных видов спорта в своей физкультурно-спортивной деятельности. Результаты ответов респондентов свидетельствуют о низком уровне знаний у многих из них: оценку «отлично» получили 9,4% учащихся среднего школьного возраста, 8,8% учеников старших классов и 9,1% студентов вуза; оценку «хорошо» – соответственно 16,2; 13,7 и 15,7%. Наибольшее число респондентов (соответственно 38,5; 42,2; 51,8%) получили оценку «удовлетворительно». Достаточно большое число (35,9; 35,3; 23,4%) опрошенных не знают ничего о национальных видах спорта и физических упражнениях, не владеют навыками этих средств, не знают традиций их развертывания, правил соревнований.

Вместе с тем большинство (68,4%) анкетируемых желают получить новые знания по данному разделу работы, что обязывает широко использовать национальные виды спорта в учебном процессе общеобразовательных школ и вуза Республики Калмыкия.

В учебном процессе по физической культуре общеобразовательной школы используются следующие национальные упражнения и виды спорта: подвижные игры, элементы национальных танцев, национальная борьба «Бек ноолдан», метание аркана. В вузе в основном применяются элементы национальной борьбы, метание аркана и копья. Доля национальных физических упражнений составляет в среднем 15,4% от материала вариативной части учебной программы общеобразовательной школы. В вузе данный показатель составляет всего 10,8%. Анализ содержания уроков физической культуры в общеобразовательной школе и учебных занятий по физической культуре вуза показывает большие резервы для повышения интереса занимающихся к средствам физической культуры и спорта, широко используя национальные виды спорта и упражнения в учебном процессе.

Опрос показал, что многие анкетируемые (ученики среднего школьного возраста – 50,4%, старшеклассники – 61,8%, студенты вуза – 70,9%) редко (1–2 раза в год) принимают участие в спортивных соревнованиях. В основном эти соревнования направлены на сдачу контрольных нормативов по физической подготовке. Данные респонденты не отмечают среди названных мероприятий соревнований по национальным видам спорта. Только отдельные респонденты (ученики среднего школьного возраста – 7,7%, старшеклассники – 10,8%, студенты вуза – 5,5%) принимают активное участие в спортивно-массовой работе: участвуют в спортивных соревнованиях, тренируются в спортивных секциях, регулярно выполняют утреннюю гигиеническую гимнастику. Среди них многие респонденты (84,6%) участвовали в соревнованиях по национальным видам спорта.

Большинство анкетируемых (ученики среднего школьного возраста – 58,1%, старшеклассники – 57,8%, студенты вуза – 54,5%) имеют низкий уровень двигательной активности. Только отдельные респонденты (ученики среднего школьного возраста – 11,1%, старшеклассники – 8,8%, студенты вуза – 10,9%) обладают высоким уровнем двигательной активности.

Основные причины, ограничивающие двигательную активность у учащихся среднего школьного возраста: отсутствие желания заниматься физическими упражнениями (35,9%), недостаток материальной базы (31,6%), не привлекателен выбор видов занятий (23,1%). У старшеклассников выделяются такие сдерживающие факторы: отсутствие интересной программы занятий (36,3%), отсутствие свободного времени (33,3%), недостаточная материальная база для занятий (23,5%). Отсутствие индивидуализации учебного процесса (34,5%), недостаточная мотивированность занятий физической культурой (31,8%), собственная лень (21,8%) – основные сдерживающие причины повышения двигательной активности студентов вуза.

Многие анкетируемые (ученики среднего школьного возраста – 59,0%, старшеклассники – 65,7%, студенты вуза – 64,5%) испытывают проблемы в оценивании своего уровня физической подготовленности:

не могут назвать результаты тестовых заданий учебной программы, не знают наборы упражнений тестирования и оценочные уровни тестов, не могут назвать дату последнего приема контрольных нормативов. Только каждый четвертый респондент (ученики среднего школьного возраста – 21,4%, старшеклассники – 25,5%, студенты вуза – 29,1%) справляются с данным заданием. Они даже пытаются помогать педагогу в проведении тестирования своих одноклассников (характерно только для школьников).

Большинство анкетируемых (ученики среднего школьного возраста – 53,0%, старшеклассники – 54,9%, студенты вуза – 61,8%) указывают на важность и полезность занятий физической культурой для укрепления своего здоровья. Вместе с тем с возрастом увеличивается доля респондентов, которая считает, что без занятий физическими упражнениями можно обойтись.

Многие школьники (85,4%) и студенты (77,3%) не принимают участие в подготовке и проведении физкультурно-спортивных мероприятий. Они даже уклоняются от такой работы, считают себя не подготовленными к такой деятельности. Результаты самооценки здоровья показали, что у школьников данные показатели выше, чем фактические, а у студентов вуза в большей мере проявляется адекватность этих характеристик.

По результатам анкетирования многие ученики (средний школьный возраст – 76,1%, старший школьный возраст – 67,6%) ведут здоровый образ жизни. К сожалению, у студентов вуза данная закономерность не проявляется: большинство данного контингента (59,1%) мало двигаются, употребляют спиртные напитки, нерегулярно питаются, не делают утреннюю гигиеническую гимнастику.

Заключение

Результаты анкетирования школьников и студентов свидетельствуют о том, что только небольшое число обследуемых устремлены на занятия физической культурой и спортом, по мере их взросления этот показатель заметно уменьшается. Необходимо в учебном процессе образовательных учреждений широко использовать национальные виды спорта и упражнения.

Список литературы

1. Бальсевич В.К. Спортивно ориентированное воспитание в общеобразовательной школе // Спорт в школе. – 2005. – № 14. – С. 4–8.

2. Бурлыков В.Д. Методика физического воспитания школьников Республики Калмыкия на основе мониторинга их физического развития и физической подготовленности: автореф. дис. … канд. пед. наук. – Волгоград: ВГАФК, 2006. – 25 с.

3. Германов Г.Н., Кубланов М.М., Злобина М.Е. Физическая культура школьников: учебное пособие для школьников и абитуриентов при подготовке к экзамену по предмету «Физическая культура». – Воронеж: ВГИФК, 2008. – 333 с.

4. Гордияш И.А. Модель организации учебно-воспитательного процесса по формированию физической культуры личности учащихся среднего школьного возраста: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Волгоград, 2009. – 21 с.

5. Щагина О.Ю. Мониторинг здоровья учащихся 2–9 классов г. Краснодара как средство коррекции совершенствования физического воспитания школьников // Мониторинг качества здоровья в практике формирования безопасной здоровьесберегающей образовательной среды: матер всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград: ВолГУ, 2011. – С. 176–179.

References

1. Balsevich V.K. *Sportivno orientirovannoe vospitanie v obsheobrazovatelnoy shckole* (Sport oriental upbringing at secondary school)-Sport v shckole, 2005, no. 14, pp. 4–8.

2. Burlykov V.D. *Metodica phisicheskogo vospitania shckolnikov Respubliki Kalmykia na osnove monitoringa ih physicheskogo razvitia i physicheskoy podgotovlennosty*: autoreph. dissert… cand.ped.nauk, Volgograd, VGAFK, 2006, p. 25.

3. Germanov G.N., Kublanov M.M., Zlobina M.E. *Phisicheskaya kultura shckolnikov – uchebnoe posobie dlya shckolnikov i abiturientov pri podgotovke k ekzamenu po predmetu «Physicheskaya kultura»*, Voronege, VGIFK, 2008, pp. 333.

4. Gordiyash I.A. *Model organisazii uchebno- vospitatelnogo processa po formirovaniu physicheskoy kultury lichnosti uchaschihsya srednego shckolnogo vozrasta* autoreph. dissert… cand.ped.nauk, Volgograd. 2009 pp. 21.

5. Shjagina O.U. *Monitoring zdorovja uchaschichsya 2–9 classov g.Krasnodara, kak sredstvo korrekzii sovershenstvovania physicheskogo vospitania schkolnikov* // Monitoring kachestva zdorovja v praktike formirovania bezopasnoy zdorovjesberegajushey obrazovatelnoy sredy / Proceedings of the All-Russian Conference of Scientists and Practical, Volgograd, VOLGU, 2011, pp. 176–179.

Рецензенты:

Кудинов А.А. д.п.н., профессор, заведующий кафедрой теории и истории физической культуры и спорта ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», г. Волгоград;

Сентябрев Н.Н., д.б.н., профессор кафедры физиологии ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 793.3:796-053.2

НАПРАВЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ СПОСОБНОСТИ К УПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯМИ У ДЕТЕЙ 7–9 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТИВНЫМИ ТАНЦАМИ, ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТОДИНАМИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

[1]Карева И.В., [2]Репникова Е.А., [1]Сентябрёв Н.Н.

[1]ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», Волгоград, e-mail: Karev.vladimir2009@yandex.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет», Владимир

Исследовано влияние статодинамических упражнений на развитие способности к управлению движениями у юных танцоров 7–9 лет с целью повышения эффективности формирования навыка рабочей осанки. В исследованиях приняли участие 20 мальчиков и 20 девочек 7–9 лет, занимающихся спортивными танцами. Определяли: тонус напряжения, амплитуду тонуса, остаточный тонус четырёхглавой, двуглавой мышц бедра, двуглавой мышцы плеча и способность к оценке и воспроизведению мышечных усилий. В конце основной части тренировочного занятия экспериментальной группы выполнялись комплексы статодинамических упражнений на различные мышечные группы. Установлено, что чёткая регламентация статодинамических упражнений по амплитуде и темпу выполнения, а также применение специальных ориентиров, выполняющих роль биологической обратной связи, позволили существенно повысить способность детей экспериментальной группы управлять мышечным напряжением и дифференцировать мышечные усилия. Применение разработанной методики обусловило значительный рост функциональных возможностей нервно-мышечного аппарата юных танцоров. Результатом произошедших изменений является создание оптимальных условий для формирования навыка рабочей осанки.

Ключевые слова: спортивные танцы, статодинамические упражнения, тонус напряжения, амплитуда тонуса, остаточный тонус, формирование навыка рабочей осанки, мышечные усилия, мышечное напряжение

DIRECTED DEVELOPMENT OF THE MOVEMENTS CONTROL ABILITY OF CHILDREN 7–9 AGES, GOING FOR SPORT DANCING BY USING STATIC-DYNAMIC EXERCISES

[1]Kareva I.V., [2]Repnikova E.A., [1]Sentyabrev N.N.

[1]Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, e-mail: Karev.vladimir2009@yandex.ru;

[2]Vladimir State University, Vladimir

The theme of the research is influence of static-dynamic exercises on the development of the ability to movements control of young dancers 7–9 ages, aiming at increasing the efficiency of working posture skills formation. In the research participated 20 boys and 20 girls 7–9 ages, going for sport dancing. Items tested: the tonus of tension, the amplitude of tonus, residual tonus, of quadriceps and bicapital femoris, bicapital brachii and the ability of evaluation and reproduction of muscular efforts. At the end of the main part of training class experimental group made the sets of static-dynamic exercises on different muscle groups. It is stated that definite regulation of static-dynamic exercises according to the amplitude and rate of action, so as the usage of the special marks, having the function of biofeedback, made possible the significant increasing of children's ability to control muscle tension and differentiate muscle efforts. The usage of the developed method resulted in the significant growth of neuro muscular system functional possibilities of young dancers. The result of objective changes is making optimal conditions for working posture skills formation.

Keywords: sport dance, static-dynamic exercises, tonus of tension, the amplitude of tonus, residual tonus, working posture skills formation, muscle efforts, muscle tension

В спортивных танцах на этапе начальной подготовки вопросом центрального значения является формирование рабочей осанки как базового двигательного навыка. При исполнении танцевальных фигур даже небольшие, но превышающие допустимые границы отклонения от заданных пространственных параметров могут привести к искажению действия [3]. Двигательный навык как форма действия базируется на сознательном освоении и овладении им.

Рационально сформированный двигательный навык характеризуется оптимальным соотношением функций сознания и автоматизмом в управлении движениями, при котором действие в целом направляется сознанием, а составные операции (не требующие в обычных условиях непосредственного регулирования сознанием) доведены до определенной степени автоматизации. При этом навык базируется на способности управлять мышечным напряжением, связанной у спортсменов с их квалификацией, что требует значительного времени и усилий в процессе обучения [5].

Повысить способность управления мышечным напряжением можно и в короткие сроки, применив срочную обратную связь [2]. Именно информация о пространственных перемещениях тела и его частей

обеспечивает высокий уровень процесса управления движениями [5].

Одним из средств, позволяющих развивать способность юных танцоров 7–9 лет управлять мышечным напряжением, являются статодинамические упражнения. Оценка эффективности их влияния стали целью данного исследования.

Материалы и методы исследования

Для оценки функционального состояния мышц использовался метод миотонометрии [4]. Определяли: тонус напряжения (Тн), амплитуду тонуса (Ат), остаточный тонус (То) следующих мышц: четырёхглавой и двуглавой мышц бедра и двуглавой мышцы плеча; способность к оценке и воспроизведению мышечных усилий. В исследованиях приняли участие дети в возрасте 7–9 лет, в количестве 40 человек (20 мальчиков и 20 девочек). Из их числа были созданы две группы: контрольная и экспериментальная. Экспериментальная группа три раза в неделю выполняла статодинамические упражнения (в виде комплексов ОФП), контрольная же – динамические силовые упражнения.

Результаты исследования и их обсуждение

В процесс физической подготовки танцоров экспериментальной группы были включены комплексы статодинамических упражнений, направленных на развитие силовой выносливости основных мышечных групп, участвующих в удержании «рабочей осанки» при исполнении танцев европейской и латиноамериканской программ. Статодинамические упражнения имели чёткую регламентацию по амплитуде и темпу выполнения.

Мы учитывали то, что управление движениями может быть более эффективным при наличии дополнительной информации о различных сторонах движения, о его качественных особенностях и количественных параметрах, например, угол сгибания. В связи с этим упражнения последовательно выполняли при различных амплитудах движения: 15, 30, 45°. В совокупности процесс выполнения упражнения для одной мышечной группы представляет собой последовательный переход от одной амплитуды движения к другой без интервалов отдыха межу ними.

С целью обучения детей технике выполнения статодинамических упражнений на первом этапе применялись специальные ориентиры, соответствующие заданным амплитудам движения, что может оцениваться как вариант биологически обратной связи – БОС [2]. В качестве таких ориентиров использовали предметы разной высоты, за счёт которых осуществляли управление амплитудой движения.

Результаты исследования тонуса мышц детей экспериментальной группы через семь месяцев выявили положительную динамику в изменении Тн всех исследуемых мышц, отражающую способность детей к произвольному напряжению (табл. 1).

В частности, у мальчиков показатель Тн четырёхглавой мышцы бедра улучшился на 11,8%, двуглавой мышцы бедра – на 20,2% и двуглавой мышцы плеча – соответственно на 11,9%.

У девочек этой же группы выявлены однонаправленные изменения по данному показателю, что составило для четырёхглавой и двуглавой мышц бедра 17,1 и 19,7% соответственно, двуглавой мышцы плеча – 9,7%. В контрольной группе юных танцоров также были выявлены изменения тонуса напряжения, но они не носили достоверного характера ($p > 0,05$).

Произошедшие положительные изменения в Тн мышц юных танцоров позволяют утверждать, что в процессе выполнения статодинамических упражнений создаются условия, когда обычно неощущаемые и неосознаваемые функции и процессы переводятся в ощущаемые и, следовательно, осознаваемые, сначала путём контролирования внешних сигналов, а затем путём сознательного регулирования внутреннего физиологического состояния или усвоения такого типа поведения, которое будет предотвращать или ослаблять их вскоре после возникновения.

Показателен тот факт, что все эти изменения происходят на фоне улучшения функционального состояния нервно-мышечного аппарата детей экспериментальной группы. Объективным критерием повышения функциональных возможностей исследуемых мышц было увеличение у них Ат (см. табл. 1). У мальчиков показатель Ат четырёхглавой мышцы бедра улучшился на 54,5%, двухглавой мышцы бедра – на 55,9%, двуглавой мышцы плеча – соответственно на 55,2%. У девочек аналогичные изменения Ат выразились в росте величины Ат четырёхглавой и двуглавой мышц бедра на 69,0 и 80,3% соответственно, двуглавой мышцы плеча – на 29,1%.

Полученные данные позволяют предположить, что по своему воздействию на мышечную систему статодинамические упражнения, применяемые в тренировочном процессе юных танцоров, являются вполне адекватным средством.

Оценка функционального состояния мышц юных танцоров экспериментальной группы выявила положительную тенденцию изменений То четырёхглавой и двуглавой мышц бедра и у мальчиков, и у девочек (см. табл. 1). Этот показатель у мальчиков улучшился на 46,2%, а у девочек – на 28,6%. То двуглавой мышцы бедра улучшился на 47,3% у мальчиков и на 50% у девочек. Та-

кие сведения показывают положительные изменения релаксационных возможностей мышечного аппарата, что для спортсменов имеет важное значение [1]. В контрольной группе изменения релаксационных возможностей были менее выражены ($P < 0,05$).

Таблица 1

Показатели изменения тонуса различных мышц детей 7–9 лет, занимающихся спортивными танцами, миотон (M ± m)

	Название мышц	Пол	Экспериментальная группа(n = 10)				Контрольная группа (n = 10)			
			Этап исследования		*t*	Δ,%	Этап исследования		*t*	Δ,%
			Начальный	Конечный			Начальный	Конечный		
Тн	Четырехглавая мышца бедра	М	89,7 ± 2,81	101,7 ± 2,02	3,47**	11,8	83,1 ± 2,89	90,2 ± 1,96	2,03	7,87
		Д	81,0 ± 1,56	97,7 ± 2,33	5,96***	17,1	81,1 ± 2,73	88,8 ± 2,65	2,02	8,7
	Двуглавая мышца бедра	М	80,0 ± 2,32	100,3 ± 2,49	5,98***	20,2	84,4 ± 2,60	90,0 ± 3,05	1,39	6,2
		Д	74,4 ± 1,89	92,7 ± 2,58	5,74***	19,7	76,3 ± 2,04	85,4 ± 2,74	2,14	10,7
	Двуглавая мышца плеча	М	96,6 ± 4,16	109,7 ± 2,37	2,74*	11,9	87,8 ± 3,22	96,6 ± 4,16	1,55	9,1
		Д	89,4 ± 3,78	99,0 ± 4,06	2,31*	9,7	85,4 ± 2,53	91,2 ± 3,24	1,41	6,4
Тп	Четырехглавая мышца бедра	М	80,9 ± 2,50	83,1 ± 2,42	0,66	2,7	78,4 ± 2,26	83,5 ± 2,23	1,59	6,1
		Д	74,3 ± 1,72	76,1 ± 2,61	1,02	2,4	72,9 ± 2,98	77,2 ± 2,75	1,06	5,6
	Двуглавая мышца бедра	М	80,0 ± 2,31	84,6 ± 2,38	1,38	5,4	76,9 ± 1,92	86,8 ± 3,46	2,49*	11,4
		Д	70,5 ± 2,79	72,9 ± 2,85	0,60	3,3	69,2 ± 2,63	76,9 ± 2,83	1,99	10,0
	Двуглавая мышца плеча	М	81,1 ± 2,99	86,9 ± 4,39	1,08	6,6	79,1 ± 2,0	83,8 ± 2,25	1,54	5,5
		Д	77,2 ± 2,66	81,8 ± 1,97	1,39	5,6	73,4 ± 2,81	76,4 ± 2,10	0,85	3,9
Тэ	Четырехглавая мышца бедра	М	80,0 ± 2,31	83,4 ± 2,26	0,66	4,1	78,0 ± 1,45	84,3 ± 2,19	2,38*	7,5
		Д	75,1 ± 1,98	76,5 ± 2,07	0,49	1,8	73,4 ± 2,84	79,2 ± 1,98	1,68	7,3
	Двуглавая мышца бедра	М	88,0 ± 3,27	84,3 ± 2,78	0,86	4,4	77,6 ± 2,05	83,3 ± 2,45	1,78	6,8
		Д	76,2 ± 2,87	72,5 ± 2,96	0,90	5,1	71,8 ± 2,75	79,7 ± 2,06	2,30*	9,9
	Двуглавая мышца плеча	М	82,1 ± 3,18	84,3 ± 2,81	0,51	2,6	76,7 ± 3,16	82,0 ± 2,39	1,35	6,5
		Д	78,2 ± 2,42	80,6 ± 3,02	0,62	3,0	75,4 ± 2,87	81,6 ± 2,05	1,76	7,6
Ат	Четырехглавая мышца бедра	М	9,1 ± 3,23	20,0 ± 2,96	2,48*	54,5	5,6 ± 0,99	8,9 ± 1,38	1,95	37,1
		Д	6,7 ± 2,16	21,6 ± 2,28	4,73***	69,0	8,2 ± 1,25	11,6 ± 1,10	2,05	29,3
	Двуглавая мышца бедра	М	7,4 ± 2,13	16,9 ± 1,56	3,57**	55,9	8,0 ± 2,19	7,0 ± 1,77	2,86*	14,3
		Д	3,9 ± 2,9	19,8 ± 2,27	4,32***	80,3	7,1 ± 1,59	8,5 ± 0,09	1,12	16,5
	Двуглавая мышца плеча	М	16,0 ± 3,3	35,7 ± 4,04	3,78**	55,2	12,7 ± 2,24	15,0 ± 2,80	0,65	15,3
		Д	12,2 ± 0,12	17,2 ± 2,09	2,39*	29,1	12 ± 0,28	14,8 ± 1,14	2,39*	18,9
То	Четырехглавая мышца бедра	М	1,9 ± 1,21	1,3 ± 0,40	0,47	46,2	1,4 ± 0,62	1,7 ± 0,46	0,39	21,5
		Д	1,8 ± 0,63	1,4 ± 0,96	0,35	28,6	1,6 ± 0,75	1,4 ± 0,73	0,19	14,3
	Двуглавая мышца бедра	М	2,8 ± 0,84	1,9 ± 0,59	0,88	47,3	2,5 ± 0,65	2,0 ± 0,56	0,58	25,0
		Д	2,7 ± 0,74	1,8 ± 1,69	0,76	50,0	2,6 ± 0,54	2,1 ± 0,97	0,45	23,8
	Двуглавая мышца плеча	М	1,8 ± 2,18	2,6 ± 1,9	0,28	28,5	1,7 ± 1,05	2,4 ± 0,9	0,51	29,2
		Д	1 ± 0,54	1,2 ± 0,75	0,22	16,7	2,0 ± 1,91	2,3 ± 1,36	0,13	13,0

Примечание. Достоверность определялась по *t*-критерию Стьюдента: * – при $p < 0,05$, ** – при $p < 0,01$, $p < 0,001$***.

Динамика То двуглавой мышцы плеча у детей обеих групп по сравнению с мышцами бедра имела противоположный характер. В экспериментальной группе показатель двуглавой мышцы плеча вырос на 28,5% у мальчиков и на 16,7% у девочек, а в контрольной – на 29,2% у мальчиков и на 13% у девочек соответственно. Такая тенденция изменений То может отражать специфику работы рук при удержании рабочей осанки в спортивных танцах, для которой характерен в большей мере статический режим мышечной деятельности, в то время как в работе мышц нижних конечностей преобладает динамический компонент.

Кроме того, в экспериментальной группе по сравнению с детьми контрольной группы более существенно улучшилась способность к дифференцированию мышечных усилий: у мальчиков для левой руки – на 22,7%, для правой – на 24,0%, у девочек соответственно – на 23,1 и 18,5% (табл. 2).

Такие изменения способности к дифференцированию усилий показывают улучшение функционального состояния двигательного анализатора. Различия между экспериментальной и контрольной группами позволяют считать выявленные направления изменения способности к дифференцированию мышечных усилий как повышение уровня развития способности к управлению и воспроизведению силовых характеристик.

Таблица 2

Средние показатели ошибок при воспроизведении 50 % усилий от индивидуального максимума кистевой динамометрии у детей 7–9 лет, занимающихся спортивными танцами, кг

Группы испытуемых		Результаты исследования				
		Пол	До эксперимента M ± m	После эксперимента M ± m	Различие, %	$P(t)$
Экспериментальная	правая	М	3,1 ± 0,11	2,5 ± 0,13	24,0	< 0,05(3,0)
		Д	3,2 ± 0,20	2,6 ± 0,02	23,1	< 0,01 (3,0)
	левая	М	2,7 ± 0,16	2,2 ± 0,54	22,7	< 0,05(2,5)
		Д	3,2 ± 0,50	2,7 ± 0,35	18,5	< 0,05 (2,5)
Контрольная	правая	М	3,8 ± 0,54	3,6 ± 0,32	5,5	> 0,05(0,32)
		Д	2,0 ± 0,46	1,9 ± 0,18	6,8	> 0,05 (0,19)
	левая	М	3,1 ± 0,42	2,9 ± 0,23	6,9	> 0,05(0,42)
		Д	2,5 ± 0,44	2,3 ± 0,11	8,7	> 0,05 (0,44)

Данный факт свидетельствует об улучшении функционального состояния двигательного анализатора, и, как следствие, о повышении уровня развития способности к управлению и воспроизведению силовых характеристик движений в результате применения статодинамических упражнений.

Заключение

Результаты исследования показывают, что применение статодинамических упражнений в процессе физической подготовки танцоров 7–9 лет заметно улучшает способность детей к произвольному напряжению и дифференцированию силовых усилий. Это, в свою очередь, повышает эффективность процесса управления движениями в данном виде спорта. Улучшение релаксационных возможностей мышц в результате применения методического комплекса упражнений является важным фактором, повышающим эффективность тренировочного процесса [1]. Выполнение упражнений с четко заданными параметрами позволяет эффективнее контролировать технику их выполнения, что обеспечивается за счёт поступления объективной информации, содержащей сведения о количественной стороне движений. Такая информация выполняет роль каналов обратной связи, играющих существенную роль в формировании функциональной системы специфической спортивной деятельности.

Поскольку при выполнении танцевальных элементов положение тела и его частей имеет важное значение для организации рациональной техники, то обучение детей более точному осознаванию и количественной оценке параметров движения способствует созданию эффективных условий для формирования навыка рабочей осанки у юных танцоров, а также целенаправленному контролю и изменению различных параметров двигательной деятельности с целью достижения желаемого результата.

Список литература

1. Денисенко Ю.П., Высочин Ю.В., Яценко Л.Г. Принципы построения системы релаксационной подготовки спортсменов // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 4 – С. 38–39. – URL: www.science-education.ru/13-430 (дата обращения: 15.09.2012).

2. Кучкин С.Н. Биоуправление в медицине и физической культуре // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 10. – С. 41–44.

3. Радугин С.В., Коваленко А.А. Особенности технической подготовки танцоров старших возрастных групп по танцам стандартной программы: учебное пособие – М.: РГАФК, 2001. – 67 с.

4. Сентябрёв Н.Н, Шамардин А.И., Шамардин А.А. Определение функционального состояния мышечного аппарата футболистов: учебно-методическое пособие. – Волгоград: ВГАФК, 2000. – 15 с.

5. Фарфель В.С. Управление движениями в спорте – М.: Физкультура и спорт, 1975. – 208 с.

References

1. Denisenko Yu.P., Vysochin Yu.V., Yatsenko L.G. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija – Modern problems of education and science, 2006, no. 4, pp. 38–39.

2. Kuchkin S. N. Bioupravlenie v medicine i fizicheskoj kul'ture. Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury – Theory and Practice of Physical Culture, 1997, no 10, pp. 41–44.

3. Radugin S.V. Kovalenko A.A. Osobennosti tehnicheskoj podgotovki tancorov starshih vozrastnyh grupp po tancam standartnoj programmy – Features technical training dancers older age groups to dance the standard program. M., 2001. 67 p.

4. Sentyabrev N.N., Shamardin. A.I., Shamardin A.A. Opredelenie funkcional'nogo sostojanija myshechnogo apparata futbolistov – Determination of the functional state of muscular football players, Volgograd, 2000, 15 p.

5. Farfel V.S. Upravlenie dvizhenijami v sporte. M. «Fizkul'tura i sport» – Motion control in sports – M physical education and sports, 1975. – 208 с.

Рецензенты:

Якимович В.С., д.п.н., профессор, заведующий кафедрой «Физическое воспитание» ФБГО ВПО «Волжский институт строительства и технологий (филиал) Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета», г. Волжский;

Кудинов А.А., д.п.н., профессор, заведующий кафедрой теории и методики физического воспитания ФБГО ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 378

КОНТРОЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Левина Е.Ю.

Институт педагогики и психологии профессионального образования, Казань, e-mail: frau.levina2010@yandex.ru)

Автоматизированное тестирование применяется при текущем или итоговом контроле знаний студентов достаточно часто. Данные контроля знаний студентов были оценены с точки зрения статистических зависимостей. Анализ показал тип распределения, приближенный к биномиальному. Следовательно, существует возможность использования в компьютерном тестировании студентов схемы последовательного плана выборочного контроля качества. Размер частной выборки по числу вопросов теста заранее не устанавливается. При этом ориентировочная оценка считается известной уже после малого количества вопросов, с каждым новым вопросом (испытанием) оценка уточняется. Решение о прекращении тестирования принимается исходя из заданных минимальных рисков преподавателя и студента. Применение данной схемы в автоматизированном тестировании обеспечило оценки достоверности наряду с существенным сокращением трудоемкости текущего контроля знаний.

Ключевые слова: контроль обучения, тестирование студентов, статистические методы контроля качества

CONTROL OF LEARNING ACTIVITIES BASED ON THE QUALITY MANAGEMENT METHODS

Levina E.U.

Institute of Pedagogy and Psychology of Professional Education, Kazan, e-mail: frau.levina2010@yandex.ru

Automated testing is used in the current or final control of knowledge students often. data control knowledge were evaluated in terms of statistical dependencies. Analysis showed the type of distribution close to the binomial. Consequently, there is the possibility of using computer testing students circuit sequential sampling plan quality. The sample size of (number of questions) not installed in advance. In this case, approximate estimate is known already after a small number of questions, with each new question becomes more precisely estimate. The decision to terminate testing is conducted with minimal risk of teacher and student. The application of this scheme in automated testing provided the validation along with a significant reduction in the complexity of the current control knowledge.

Keywords: control training, student testing, statistical methods for quality control

Непосредственно в процессе обучения осуществляется контроль уровня усвоения знаний студентами – текущий, тематический, рубежный, итоговый контроль. Вовремя обнаруженные отклонения параметров качества позволяют внести коррективы в технологию обучения и контроля, что особенно важно при освоении новых дисциплин или специальностей. Качество обучения считается приемлемым, если студент может выполнить свои функции в полном объеме, соответственно уровню требований, предъявляемых преподавателем на данном уровне обученности [4].

Текущий контроль знаний – операция, имеющая определенную трудоемкость, а при использовании компьютерных средств еще и повышающая стоимость образования. Даже при хорошо отлаженной системе контроля знаний в вузах отклонения регистрируемых оценок от реальных уровней существуют практически всегда хотя бы потому, что контроль имеет выборочный характер.

В соответствии со стандартами государственной приемки в промышленности заключение о качестве изделий массового выпуска выводится из результатов исследований случайной выборки из больших партий, в которой объем и допустимый процент брака определяется в согласованных документах, формулирующих вид и условия приемки [3]. При этом предполагается, что в определенном числе случаев дешевле допустить присутствие нескольких процентов брака, чем стремиться к полному исключению некачественных изделий, повышая тем самым цену изделий в несколько раз. По ГОСТ Р50779.71–99 [2] партия изделий считается качественной в том случае, если она включает в себя процент бракованных изделий, не превышающий определенную норму, задаваемую потребителем.

Применяя этот стандарт к процессу контроля качества учебной деятельности студентов, реализуемой в вузе, можно сказать следующее: ввиду различных способностей учащихся, сформированных в одну группу, довольно часто существует процент студентов, плохо освоивших данную дисциплину (брак). Однако по основной массе учащихся, удовлетворительно прошедших контрольные процедуры, можно делать выводы о качестве технологии обучения данному предмету, поскольку дешевле допустить присутствие малого количества отстающих

студентов в группе, чем стремиться к полному исключению брака в процессе обучения, вводя корректирующие курсы, повышая тем самым стоимость обучения. При всем том, если количество отстающих студентов значительно (процент брака выше допустимого), то необходимо изменение технологии преподавания или контроля. Аналогично получается и в случае с одним студентом, когда идет его опрос по большому объему материала. Стопроцентный уровень знаний редко является достигнутым в силу разных обстоятельств, поэтому для удовлетворительной сдачи экзамена или зачета допускается некоторое количество ошибок в ответе обучаемого, при этом, если количество неправильных ответов значительно, экзамен (зачет) не принимается.

При исследовании качества обучения службами мониторинга может использоваться как сплошной контроль, так и выборочный контроль, когда заключение о качестве обучения выносится из результатов исследования случайной выборки студентов. При этом психолого-педагогические факторы, влияющие на качество обучения, многообразны и малопредсказуемы, что делает неизбежным привлечение специальных методов математической обработки результатов контроля.

Контроль качества товаров [2] включает в себя несколько планов выборочного контроля: одноступенчатый, двухступенчатый, многоступенчатый, последовательный план, при этом основной характеристикой партии изделий является генеральная доля дефектных изделий $Q = D/N$, где N – объем партии, а D – количество брака во всей партии. На практике генеральная доля Q (или число D) неизвестны и оцениваются по результатам контроля случайной выборки объемом n изделий из той же партии. Доля дефектных изделий в выборке:

$$q = d/n,$$

где d – количество дефектных изделий в выборке n.

Таким образом, проблема состоит в достоверном определении неизвестного D исходя из известных числа изделий в партии N, числа изделий в выборке n и числа дефектных изделий в выборке d.

Наибольший интерес представляют минимальные объемы выборки n, при которых D надежно определяется. Для того чтобы минимизировать n, используются различные планы контроля. Под планом статистического контроля понимается система правил, устанавливающих методы случайного выбора для проверки изделий из партии, а также условия на N, n, d, при выполнении которых партию следует принять, забраковать или продолжить контроль (увеличить значение n) [5].

Для процесса компьютерного контроля знаний минимизация объема n случайной выборки означает уменьшение трудоемкости и сокращение экономических затрат, либо при проверке остаточных знаний группы студентов по определенной дисциплине, либо при проверке одного студента по большому числу вопросов теста.

Тесты, используемые в вузах, реализуют, как правило, одноступенчатый план выборочного контроля, в котором оценка выставляется в жесткой связи с количеством (или процентом) правильных ответов на n вопросов, представляющих из себя частную выборку из их большого числа $Q >> n$.

В последовательном плане контроля знаний, который предлагается применить в системе проверки остаточных знаний, размер n частной выборки заранее не устанавливается. При этом ориентировочная оценка качества считается известной уже при небольших значениях n, с каждым новым вопросом (испытанием) оценка уточняется. Решение о прекращении тестирования принимается исходя из заданных максимальных рисков преподавателя (вероятности того, что выставлена завышенная оценка) и студента (вероятности того, что оценка занижена).

Таким образом, при последовательном контроле число заданных вопросов n вычисляется исходя из статистических критериев достоверности. При этом n оказывается случайной величиной, неодинаковой для различных студентов, однако полученный результат контроля получает статистическое обоснование. Задача правильного выбора плана контроля состоит в том, чтобы одновременно минимизировать риски приемщика и поставщика, то есть риска преподавателя выставить оценку уровня знаний выше заслуженной и риск студента получить оценку ниже существующего уровня знаний.

Несмотря на то, что используемые в настоящее время одноступенчатые планы весьма просты, тем не менее более сложные последовательные планы контроля обеспечивают при меньших объемах выборок большую достоверность принимаемых решений [1]. Такие планы требуют больших объемов вычислений, однако этот факт не оказывается решающим при наличии соответствующего программного обеспечения.

При реализации планов выборочного контроля существует вероятность получения завышенного или заниженного уровня знаний в связи со случайным выбором,

либо групп студентов из потока учащихся (например, факультета), либо более успевающих (или неуспевающих) студентов из группы, либо вопросов из всего множества вопросов по дисциплине, поэтому в соответствии с ГОСТ Р 50779.71–99 существует оперативная характеристика контроля, одновременно оценивающая уровни риска как преподавателя, так и студента.

Автором разработано несколько программных средств, реализующих стандартную методику планов выборочного контроля: одноступенчатого, двухступенчатого, многоступенчатого и программы последовательного контроля качества, осуществляющую расчет рисков выставления ошибочных оценок в процессе оценки знаний.

Работу программы последовательного контроля проиллюстрируем следующим примером. Предположим, необходимо оценить знание студентом 150 иностранных слов в виде оценки, определяемой в соответствии с таблицей.

Критерии выставления оценки
по результатам тестирования

Оценка	Доли z выученных слов
Отлично	$z \geq 0{,}89$
Хорошо	$0{,}89 > z \geq 0{,}62$
Удовлетворительно	$0{,}62 > z \geq 0{,}34$
Неудовлетворительно	$0{,}34 > z \geq 0{,}10$
Единица	$0{,}10 > z$

В процессе контроля знаний вопросы задаются студенту по одному, на каждом шаге подсчитывается количество правильных ответов и рассчитываются оперативные характеристики контроля, из которых интерполированием вычисляются для каждой оценки, с использованием границ интервалов из таблицы, риски преподавателя и студента. Например, если из 150 вопросов задано к настоящему моменту всего вопросов $n = 10$, из которых на 7 вопросов получены от студента верные ответы, итог проверки знаний может быть предположен в любом виде, т.е. все еще можно предположить в принципе любую итоговую оценку. При этом наиболее вероятной кажется оценка «хорошо», т.к. доля правильных ответов составляет 0,7.

С другой стороны, если принять оценку «хорошо» за данность, можно оценить вероятности того, что в процессе тестирования итоговая, реальная оценка окажется все-таки выше (риск студента) или ниже (риск преподавателя). Здесь риск студента определен как вероятность того, что студент в результате выборочного ($M < 150$) контроля получит заниженную оценку, а риск приемки – как вероятность того, что оценка окажется выше реальной – той, которая в точности соответствует результатам проверки знаний всех 150 слов. В результате расчета для рассматриваемого примера $Q = 150$ и этапа $n = 10$, $z = 0{,}7$ получено, что для оценки «хорошо» упомянутые риски ошибок составляют соответственно величины около 0,1 и 0,2. При этом для оценки «отлично» риск студента и приемки соответственно близки к нулю и к единице, а для оценки «неудовлетворительно» – наоборот, единица и ноль.

Этапы процедуры последовательного плана выборочного контроля знаний студента представлены на рис. 1.

На рис. 1, а видно, что при определении оценки «хорошо» на этапе $n = 10$ имеют место минимальные риски, однако остается достаточно вероятной и оценка «удовлетворительно». При продолжении тестирования эта возможность постепенно все более реализуется: при $n = 20$ риск приемки становится уже достаточно большим (70 %). При $n = 30$ для «удовлетворительно» повторяется примерно то же, что для «хорошо» при $n = 10$, а при $n = 50$ оценить знания на «удовлетворительно» уже можно достаточно определенно, т.е. с рисками ошибки и в большую, и в меньшую сторону – около 1 %.

В результате тестирования, проведенного до конца ($n = 150$), получено значение $z = 0{,}500$, действительно близкое к значению $z = 0{,}527$ этапа $n = 50$. Кстати, близкие к итоговой доле верных ответов 0,527 получены значения $z = 0{,}55$ при еще при $n = 20$, однако доверять этому значению, в силу больших рисков завысить или занизить оценку, не имело смысла.

Развернутая процедура контроля знаний представлена на рис. 2.

Видно, что в ходе контроля текущее значение z оказалось в рамках, определенных для оценки «удовлетворительно», уже при $n = 12$ и при дальнейшем тестировании (при $n > 12$) из этих рамок уже не выходило. При этом вероятности того, что реальная оценка окажется другой, стали менее 10 % при $n = 30$, когда студенту было задано всего около одной четвертой части вопросов (т.е. при $n > 35$).

Такие ситуации являются достаточно типичными. При более благоприятных стечениях обстоятельств на уровне рисков около 1 % тестирование оказывается возможным прекратить и ранее, когда доля заданных вопросов менее одной пятой.

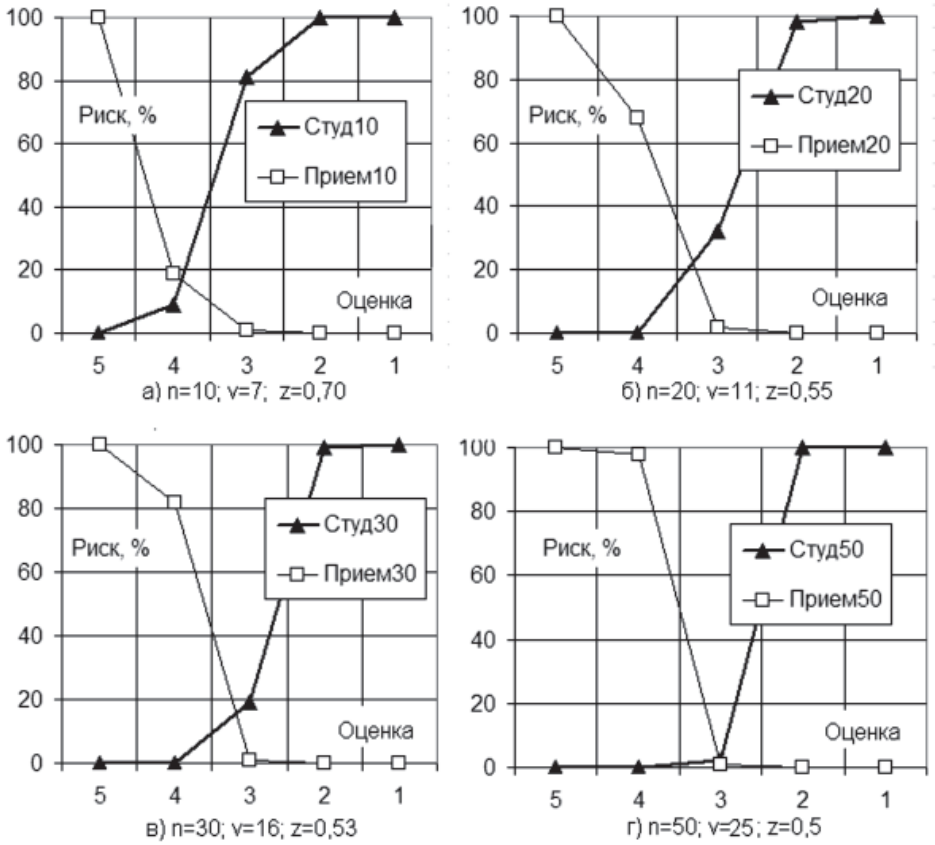


Рис. 1. Результаты расчета вероятностей ошибок при определении оценок 5 (отл), 4 (хор) и т.д. в процессе выборочного контроля для количеств заданных вопросов n = 10 (а), 20 (б), 30 (в), 50 (г). Величина v – это текущее значение количество правильных ответов на n вопросов, z = v/n, относительный уровень знаний

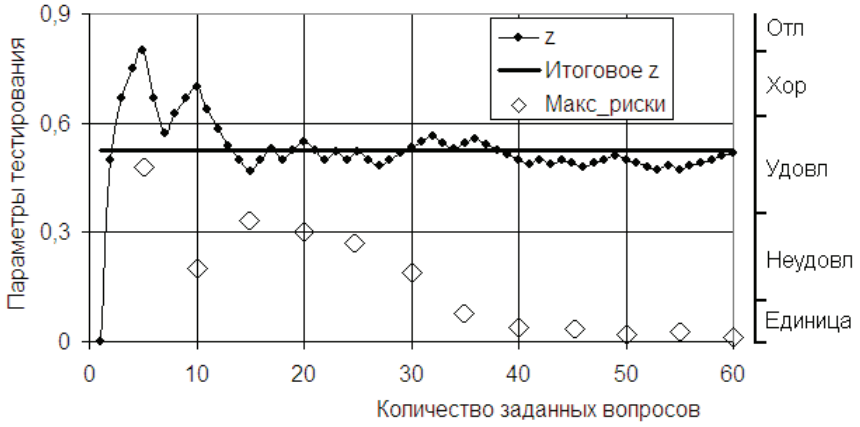


Рис. 2. Зависимости текущего значения зарегистрированного уровня знаний z = v/n и риска, определенного как максимум среди рисков студента и приемки, от n на этапе тестирования до n = 60

Наименее благоприятны с точки зрения последовательного контроля случаи, когда знания студента находятся у границы интервалов, для которых определены оценки с точностью до одного или нескольких правильных ответов. При этом процедура выборочного контроля затягивается, и хотя такие случаи не слишком часты, для достижения малых рисков приходится затягивать контроль до значений n, меньших максимального значения Q всего на несколько вопросов. Пример приведен на рис. 3 для описанной выше процедуры при $Q = 150$ и студента, уровень знаний которого $z = 0{,}34$ находится на нижней границе оценки «удовлетворительно».

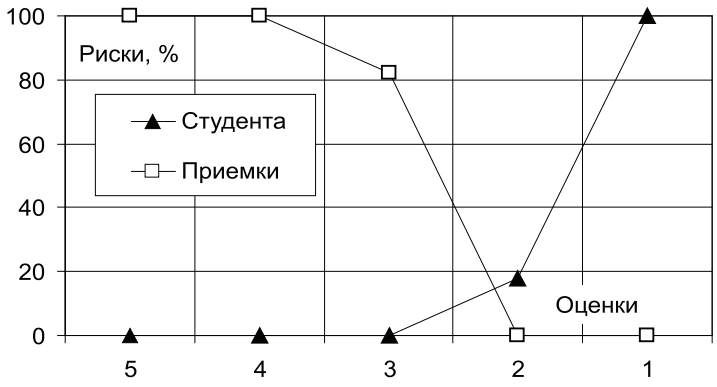


Рис. 3. Вероятности оценить неверно знания студента для оценок от 5 (отлично) до 1 (экстремально низкие знания) на этапе n = 100 с текущим значением z = 0,31, не соответствующим реальному

Для данной ситуации, несмотря на то, что большая часть вопросов студенту задана, полученному значению доле правильных ответов $z = 0{,}31$ (оценка 2 или «неудовлетворительно») доверять все еще нельзя, так как риск сделать ошибку в меньшую сторону еще достаточно велик (18%). При продолжении данной процедуры тестирования риски удалось свести к нулю только при $n = 148$, т.е. всего за два вопроса до окончания процедуры полной проверки всего набора иностранных слов.

Практика применения (проведено более 5000 испытаний) разработанного программного блока в учебном процессе показала, что при $24 \le Q \le 150$ более чем в 75% случаев удается сократить процедуру проверки уровней усвоения материала в два раза и более.

Список литературы

1. Горбань А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А.Н. Горбань, Д. Н. Россиев. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. – 276 с.

2. ГОСТ Р-50779.71-99 Статистические методы. Основные положения / Госстандарт России. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.

3. Ильенкова С.Д. Управление качеством: учебник для вузов / С.Д. Ильенкова, Н.Д. Ильенков, В.С. Мхитарян и др. / под ред. С.Д. Ильенковой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 199 с.

4. Качалов В.А. Стандарты ИСО 9000 и проблемы управления качеством в вузах (записки менеджера качества). – М., 2001. – 128 с.

5. Мишин В.М. Управление качеством: учебное пособие для вузов / В.М. Мишин. – М.: Юнити-дана, 2002. – 303 с.

References:

1. Gorban A. Neural network on a personal computer. Novosibirsk: Science (RAN), 1996. 276 p.

2. GOST-50779.71-99 Statistical methods. The main provisions: State Standard of Russia. – Moscow: Publishing IEC standards, 2001.

3. Ilyenkova S. Quality management. aid for students. Moscow: Banks and exchange units, 1998. 199 p.

4. Katchalov V. ISO 9000 quality management and issues in higher education (note manager of quality). Moscow: AT, 2001. 128 p.

5. Mishin V. Quality management. aid for students. MoscowUnity-dana, 2002. 303 p.

Рецензенты:

Данилаев П.Г., д.ф-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная математика» ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет», г. Казань;

Муравьева Е.В., д.п.н., заведующая кафедрой «Промышленная экология» ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет», г. Казань.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 378.1

СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ КАТЕГОРИИ «ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ»

Поздняков В.А.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. ак. И.Г. Петровского», Брянск, e-mail: pv01@mail.ru

Целью настоящего исследования явилось изучение структуры категории «человеческий капитал» в контексте высшего профессионального образования. Данной проблеме посвящены научные труды Г. Беккера, Т. Шульца, С. Боулса, Б. Вейсброда, Л. Хансена, М. Блауга, Дятлова С.А., Добрынина А.И., Ильинского И.В., Давыдова А.Ю. и других ученых. В работе приведены определения рассматриваемой категории известных ученых. В результате анализа категории «человеческий капитал» было продуцировано его определение, наиболее полно, на наш взгляд, отражающее специфику категории. Дальнейший анализ категории позволил выявить ее структуру в двух аспектах – компонентном и качественном. Итак, в компонентном аспекте структура категории «человеческий капитал» состоит из семи составляющих. Это знания, технологическая составляющая, профессиональное образование, природные задатки и способности, мотивационная составляющая, здоровье, общая культура. В качественном аспекте выявлено пять составляющих: профессиональные качества, лидерские качества, мотивационные качества, менеджерские качества, социально-психологические качества.

Ключевые слова: профессиональное образование, человеческий капитал, категория, компонента, информационные технологии, личностные качества

ESSENCE AND CONTENT OF CATEGORY «HUMAN CAPITAL»

Pozdnyakov V.A.

Bryansk state university of a name of academician I.G. Petrovsky, Bryansk, e-mail: pv01@mail.ru

The purpose of the real research was studying of structure of category «Human capital» in a higher education context. To this problem G. Becker, T .Schultz, S. Boulsa, B. Veysbrod, L. Hansen scientific works are devoted, to M of Blauga, Dyatlov S.A., Dobrynin A.I., Ilyinsky I.V., Davidov and other scientists. Definitions of considered category of known scientists are given in work. As a result of the category analysis «Human capital» its definition most fully, in our opinion, reflecting specifics of category was produced. The further analysis of category allowed to reveal its structure in two aspects – componental and qualitative. So, in componental aspect the category structure «Human capital» consists of seven components. It knowledge, technological component, professional education, natural inclinations and abilities, motivational component, health, general culture. In qualitative aspect five components are revealed: professional qualities, leader qualities, motivational qualities, management qualities, social and psychological qualities.

Keywords: professional education, human capital, category, component, information technologies, personal qualities

Сегодня одной из важнейших задач модернизации сферы высшего профессионального образования является обеспечение качества подготовки педагогических кадров.

Дмитрий Анатольевич Медведев на XIV Петербургском международном экономическом форуме (18 июня 2010 года) заметил: «…Россия должна стать страной, где благополучие и качество жизни граждан обеспечивается не столько за счет сырьевых источников, сколько интеллектуальными ресурсами…» В данном случае речь идет о человеческом капитале и, в частности, об одной из наивысших ступеней его развития – интеллектуальном капитале.

Таким образом, доминирующая роль при переходе экономики России на инновационный путь развития отводится человеческому капиталу.

Теоретическими положениями категории «человеческий капитал» послужили научные труды Г. Беккера, Т. Шульца, С. Боулса, Б. Вейсброда, Р. Лейарда, Дж. Минцера, Л. Хансена, М. Блауга, И. Бен-Порэта, Ф. Уэлча, Б. Чизвика и др. В России данную проблему разрабатывали ученые Дятлов С.А., Добрынин А.И., Ильинский И.В., Давыдов А.Ю., Критский М.М., Марцинкевич В.И., Курганский С.А., Майбуров И.А. и др.

Рассматривая дефиницию категории «человеческий капитал», выделим следующие определения данного термина.

«Человеческий капитал – совокупность знаний, умений, навыков, использующихся для удовлетворения многообразных потребностей человека и общества в целом» [8].

«Человеческий капитал – это интеллект, здоровье, знания, качественный и производительный труд и качество жизни» [4].

«Человеческий капитал есть мера воплощенной в человеке способности приносить доход. Человеческий капитал включает врожденные способности и талант, а также образование и приобретенную квалификацию» [9].

Сегодня динамика инновационного развития общества ставится в соответствие с темпами прироста высококвалифицированных кадров, инициированием новых знаний, а на их основе новых технологий и методик хозяйствования. Мы видим, что

«на передний план выдвигается способ производства и передачи знаний и, собственно, сам человек – его интеллектуальный потенциал» [1, с. 1]. Более того, предполагается, что человеческий капитал послужит основой для самореализации личности.

Рассмотрим структуру человеческого капитала в двух аспектах: компонентном и качественном.

Анализируя компонентную структуру категории «человеческий капитал», Ф. Нойманн выделяет образование как базисный элемент человеческого капитала, в который входят три компоненты: общее образование, профессиональное образование и ключевые квалификационные качества [7].

Сегодня значение образования существенно возрастает, т.к. в обществе происходит так называемая «knowledge-value revolution», которая компонент «знание» определяет как базис категории «человеческий капитал». Знания продуцируются соответственно из информации, средством доставки которой до недавнего времени служили информационные технологии, под которыми будем понимать «упорядоченную совокупность взаимосвязанных действий компьютерных и телекоммуникационных средств поиска, извлечения, передачи, хранения, обработки и отображения информации, направленную на получение и эффективное использование необходимых знаний, навыков и умений в той или иной области человеческой деятельности» [2, с. 9].

При переходе к информационному обществу информационные технологии «получают ключевое значение как технологии, направленные на создание и трансляцию информации» [5]. Значимость информационных технологий состоит в том, что, с одной стороны, они являются «проводником» индивида в виртуальное пространство социальных отношений и благодаря этой роли личность чувствует себя частью социума. С другой стороны, информационные технологии – адаптивный конструктор среды социальных отношений, т.к. индивид строит собственное пространство, детерминированное личностными интересами, потребностями, способностями и установками.

Таким образом, информационные технологии из средства развития человеческого капитала трансформируются в его структуру, обеспечивая тем самым базис для положительной динамики качества человеческого капитала.

Следовательно, мы можем сформулировать обобщенное определение категории «человеческий капитал». По нашему мнению, это набор определенных устойчивых качеств индивида, позволяющий ему продуцировать новые знания, эффективно внедрять их в практической деятельности, реализуя на практике собственный потенциал.

Тогда структуру категории «человеческий капитал» в компонентном аспекте определим следующим образом (рис. 1).

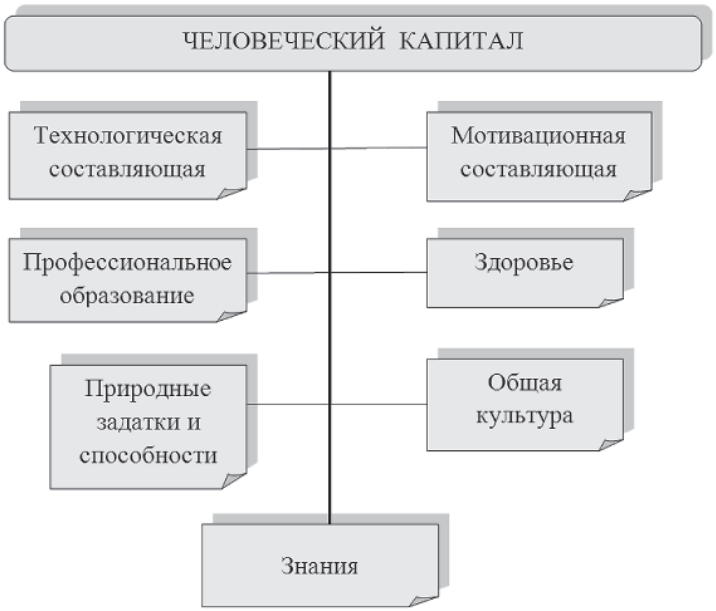


Рис. 1. Структура категории «человеческий капитал». Компонентный аспект

Далее проанализируем структуру категории «человеческий капитал» в качественном аспекте (рис. 2).

Кратко охарактеризуем каждую из компонент данной структуры.

Рис. 2. Структура категории «человеческий капитал». Качественный аспект

Итак, к профессиональным качествам личности отнесем следующие индикаторы:

– Когнитивный потенциал. Личность на постоянной основе совершенствует свои познания в конкретной предметной области либо посредством обучения, либо используя самоподготовку. При этом фактор рефлексивности актуален, что вызывает противоречие между уровнем достигнутых знаний и их недостаточностью для достижения определенного результата. Противоречие будет возникать время от времени, т.к. для индивида с творческим потенциалом свойственен путь исканий. Вектор накопления личностью когнитивного потенциала, естественно, восходящий.

– Высокая мотивированность. При решении задач перед индивидом не стоит вопрос «Зачем?», а все усилия направлены на результат. Он и является целью деятельности, которая в данном случае должна приносить удовлетворенность, а человек пытается оптимизировать каждый свой шаг, для того чтобы получить наиболее эффективное решение и по временным, и по физическим затратам.

– Комплекс эффективно работающих патернов. Подразумевается, что индивид знаком с наработками коллег и готов реализовывать их идеи на практике. При таком подходе зарождаются коллаборативные решения и осознание того, что работа в команде может привнести в деятельность значимый позитив.

– Нестандартность мышления. Если личность способна абстрагироваться от принятой логики размышления, то она становится способной инициировать ноу-хау, всевозможные оригинальные идеи и т.п.

– Практико-ориентированность знаний. Заметим, что лишь при использовании полученной информации в эмпирике мы получаем «настоящие» знания.

Менеджерские качества – это характеристики личности индивида, способствующие эффективной организации трудового коллектива, нацеленного на достижение высоких результатов в своей деятельности.

Под «высокими результатами деятельности» мы понимает научную организацию труда и обеспечение качества выпускаемой продукции.

Р. Стогдилл в своей работе [10] обобщил данные более чем 3500 исследований и выделил наиболее значимые менеджерские качества: креативность, стремление к достижениям, коммуникативность, предприимчивость, уверенность в своих потенциях, ответственность.

Согласно правилу «7М» в структуру менеджерских качеств личности необходимо включить те способности, которые позволят ей нести ответственность «за семь «М»: men (люди), method (методы), money (деньги), machines (машины), materials (материалы), marketing (сбыт), management (управление)» [3, с. 537].

Обобщив материалы исследований [3, 10], выделим следующие индикаторы, раскрывающие сущность менеджерских качеств: энергичность, инициативность, настойчивость, системное мышление; способность к организации коллектива и комфортных отношений между его членами; умение достигать целей деятельности и мотивировать членов коллектива на результат; готовность к использованию творческого подхода к работе; умение не только принимать взвешенные решения в условиях ограниченного времени и в ситуациях риска, но и нести за них ответственность; быть готовым к инновациям, управлять ими в интересах организации; использование открытого способа управления с интегрированием процессов сотрудничества; постоянная работа над собой с целью самосовершенствования.

Далее переходим к рассмотрению лидерских качеств. По нашему мнению, лидер – это неформальный менеджер.

«Лидерство – это тип управленческого взаимодействия, основанный на наиболее эффективном для данной ситуации сочетании различных источников власти и на-

правленный на побуждение людей к достижению общих целей» [6].

Лидерские качества характеризуются следующими индикаторами: умение планировать свою жизнь, ставить перед собой мотивированные цели и предпринимать активные действия для их реализации; навыки прогнозирования будущих событий; умение принимать коллегиальные решения; способность к внутренней рефлексии, выражающейся в умении признавать свои ошибки, постоянном совершенствовании своих знаний; умение реализовывать на практике принятые решения; способность к корректным формулировкам стоящих перед коллективом задач; увлеченность своей работой и умение передавать это качество другим людям; умение создавать микроколлективы, нацеленные на решение поставленных задач.

Характеристика мотивационных качеств личности может быть произведена с помощью следующих индикаторов (рис. 3): интересы, склонности, убеждения, идеалы, притязания, ожидания.

Рис. 3. Структура мотивационных качеств

На наш взгляд, в структуре социально-психологических качеств необходимо выделить три индикатора: доминантность, эмоциональная стабильность, стрессоустойчивость.

Заметим, что качества, входящие в структуру категории «человеческий капитал», взаимосвязаны и взаимообусловлены. Их формирование и развитие происходит в процессе становления личности как профессионала, т.е. детерминантой должна выступать сфера профессионального образования.

Список литературы

1. Балякина О.М., Шигаева Е.В. Роль человеческого капитала в развитии современной фирмы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://sisupr.mrsu.ru/2008-2/pdf/110-Baliakin.pdf (дата обращения: 13.07.12).

2. Дзегеленок И.И. Информационные технологии в управлении качеством образования. – М.: ИЦПКПС, 2004. – 68 с.

3. Карпов А.В. Психология менеджмента. – М.: Гардарики, 2005. – 584 с.

4. Корчагин Ю.А. Широкое понятие человеческого капитала. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.lerc.ru/?part = articles&art = 3&page = 22 (дата обращения: 13.07.12).

5. Красина О.В., Крутий И.А. Развитие человеческого капитала в условиях перехода к обществу знания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.muh.ru/content/niipo/11_2007%20.htm (дата обращения: 13.07.12).

6. Ларионов В.Г., Мельников О.Н. Природа лидерства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://creativeconomy.ru/library/ prd582.php (дата обращения: 13.07.12).

7. Нойманн Ф. Методика экономической оценки человеческого капитала. /Тезисы докладов международной научно-практической конференции. Государственное управление: трансформационные процессы в современном мире. Ч. 2. – Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2002. – С. 98.

8. Человеческий капитал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Человеческий_капитал (дата обращения: 13.07.12).

9. Щетинин В. Человеческий капитал и неоднозначность его трактовки. //Мировая экономика и международные отношения. – 2001. – № 12. – С. 6.

10. Stogdill R.M. Group productivity, drive and cohesiveness. //Organizational Behavior and Human Performance. – 1972. – V ol. 8. – P. 26–43.

References

1. Balyakina O.M., Shigayev E.V. A role of the human capital in development of modern firm. [Electronic resource]. Access mode: URL: http://sisupr.mrsu.ru/2008-2/pdf/110-Baliakin.pdf (address date: 13.07.12).

2. Dzegelenok I.I. Information technologies in education quality management. Moscow, 2004. 68 p.

3. Karpov A.V. Management psychology. Moscow: Gardarika, 2005. 584 p.

4. Korchagin Yu.A. Wide concept of the human capital. [Electronic resource]. Access mode: URL: http://www.lerc.ru/?part = articles&art = 3&page = 22 (address date: 13.07.12).

5. Krasin O.V., Kruty I.A. Development of the human capital in the conditions of transition to knowledge society. [Electronic resource]. Access mode: URL: http://www.muh.ru/content/ niipo/11_2007%20.htm (address date: 13.07.12).

6. Larionov V.G., Millers O.N. Priroda of leadership. [Electronic resource]. Access mode: URL: http://creativeconomy.ru/library/prd582.php (address date: 13.07.12).

7. Noymann F. Technique of an economic assessment of the human capital. Theses of reports of the international scientific and practical conference. Public administration: transformatsionny processes in the modern world. Part 2. Minsk: Management academy at the President of Republic of Belarus, 2002. pp. 98.

8. Human capital. [Electronic resource]. – Access mode: URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/ Chelovecheskiy_kapital (address date: 13.07.12).

9. Schetinin V. Human capital and ambiguity of its treatment. World economy and international relations. 2001. no. 12. pp. 6.

10. Stogdill R.M. Group productivity, drive and cohesiveness. Organizational Behavior and Human Performance. 1972. Vol. 8. P. 26–43.

Рецензенты:

Шлык В.В., д.п.н., профессор кафедры «Вычислительная техника и информационные технологии», Брянский государственный университет им. ак. И.Г. Петровского, г. Брянск;

Ретивых М.В., д.п.н., профессор, директор Социально-экономического института БГУ, Брянский государственный университет им. ак. И.Г. Петровского, г. Брянск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 159.922.4

СТРУКТУРНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭТНИЧЕСКОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ ПОДРОСТКОВ

Дагбаева С.Б.

ФГОУ ВПО «Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический университет имени Н.Г. Чернышевского», Чита, e-mail: soela@bk.ru

В статье представлены результаты исследования структурно-содержательных характеристик когнитивного, эмоционального и поведенческого компонентов этнической толерантности подростков. В результате исследования конкретизированы базовые структурно-содержательные характеристики этнической толерантности: этническая идентичность, этнические стереотипы, величина социальной дистанции, уровень эмпатии, ценностные ориентации и стратегии поведения в конфликтных ситуациях. Эмпирически выявлены особенности проявления базовых структурно-содержательных характеристик этнической толерантности у подростков с разным уровнем этнической толерантности. По итогам анализа результатов исследования этнической толерантности и в соответствии с выделенными ее базовыми структурно-содержательными характеристиками разработана и реализована программа этнокультурного тренинга, включающая культурный ассимилятор, для участников межэтнического взаимодействия в условиях Забайкальского края. Эффективность программы подтверждена результатами экспериментального исследования и математико-статистического анализа данных.

Ключевые слова: этническая толерантность, этническая идентичность, этнические стереотипы, этнокультурный тренинг

STRUCTURAL COTENT CHARACTERISTICS OF ETHNIC TOLERACE TEENAGERS

Dagbaeva S.B.

Zabaikalsky State Humaitarian university named after N.G. Chernyshevsky, Chita, e-mail: soela@bk.ru

The article presents results investigation of structural and content characteristics of the cognitive, emotional and behavioral components of ethnic tolerance teenagers. The research specified the basic structural and substantial characteristics of ethnic tolerance: ethnic identity, ethnic stereotypes, the value of social distance, level of empathy, values and strategy of behavior in conflict situations. Empirically identified the basic features of the manifestation of structural and content characteristics of ethnic tolerance in adolescents with different levels of ethnic tolerance. Developed and implemented a program of ethnic and cultural training, including cultural assimilator for members of ethnic interaction in the Trans-Baikal region. Effectiveness of the program confirmed the results of of experimental investigation and mathematical and statistical data analysis.

Keywords: ethnic tolerance, ethnic identity, ethnic stereotypes, ethnic and cultural training

Современное полиэтническое общество находится в состоянии кризиса, и этот кризис не только проявляется в экономической и политической сферах, но и глубоко затрагивает духовную жизнь общества. Одной из форм проявления кризисной ситуации выступает этническая нетерпимость, в основе которой лежит повышенная чувствительность к лицам других национальностей. В данной обстановке одним из важных условий построения позитивных отношений с представителями других национальностей является взаимодействие на основе толерантности, понимания, уважения их взглядов, мнений, традиций. Международная практика определила толерантность в качестве необходимого условия общения людей разных культур, этнических и межконфессиональных групп. Культивирование толерантности на уровне индивидуального и общественного сознания – необходимое условие создания демократического государства. Исходя из этого формирование толерантности и установок толерантного сознания выступает и как условие успешного развития современного полиэтнического общества, и как социальный заказ системе образования.

Цель исследования – выявить базовые структурно-содержательные характеристики этнической толерантности.

Материалы и методы исследования

Метод теоретического анализа литературы; метод психодиагностического исследования; метод формирующего эксперимента; метод математико-статистического анализа (критерий Спирмена, Т-критерий Вилкоксона). Методики исследования: экспресс-опросник «Индекс толерантности» Г.У. Солдатовой и др.; «Диагностический тест отношений» Г.У. Солдатовой; «Шкала социальной дистанции» Э. Богардуса; «Типы этнической идентичности» Г.У. Солдатовой и С.В. Рыжовой; методика «Гражданская идентичность» Н.М. Лебедевой, А.Н. Татарко; опросник для диагностики способности к эмпатии А. Мехрабиан, Н. Эпштейн; «Ценностные ориентации» М. Рокича; методика Ш. Шварца «Ценностные ориентации личности»; методика К. Томаса «Стратегии поведения в конфликтных ситуациях». Количество испытуемых – 97 человек в возрасте 12–14 лет.

Результаты исследования и их обсуждение

Этническая толерантность определяется Н.М. Лебедевой как принятие этнокультурных различий и исключение развития этнофобий и межэтнических конфронтаций. Основой этнической толерантности является позитивная этническая идентичность, а негативные компоненты этнической идентичности приводят к этнической нетерпимости. На этническую толерантность оказывают действие такие социально-психологическое факторы, как:

1) степень этнокультурной компетентности;

2) психологическая готовность к межкультурному диалогу;

3) опыт и навыки межкультурного взаимопонимания и взаимодействия.

Все эти параметры поддаются формированию и развитию и нуждаются в профессиональной разработке средствами просвещения и социально-психологического тренинга межкультурного взаимодействия [2].

Попытка описания содержательных характеристик этнической толерантности предпринята Г.У. Солдатовой, которая выделяет следующие ее характеристики: знание самого себя, своих достоинств, недостатков; умение брать ответственность на себя (толерантный человек не склонен в своих бедах обвинять окружающих); ощущение безопасности и убежденность, что с угрозой можно справиться; меньшая потребность в определенности (толерантный человек не делит мир на черное и белое, а признает его многообразие, готов выслушать любую точку зрения и чувствует меньший дискомфорт в состоянии неопределенности); ориентация на себя и личностную независимость; меньшая приверженность к порядку (в том числе и социальному); способность к эмпатии; чувство юмора (способность посмеяться не только над другими, но и над собой, своими недостатками и ошибками); предпочтение не авторитаризма, а свободы и демократии (для толерантного человека общественная иерархия не имеет большого значения) [5, с. 18].

Н.А. Асташова рассматривает этническую толерантность как систему и выделяет следующие ее подсистемы:

1) когнитивную – знания человека, его представления о толерантности и ее роли в жизни;

2) эмоциональную – эмоционально-ценностное отношение к окружающим, мнению другого, этническим вопросам, собственным чувствам;

3) деятельностную – предрасположенность к тому или иному типу социального поведения, в основе которого лежит понимание и сотрудничество с представителями других этносов [2].

Таким образом, следует отметить, что этническая толерантность – это многогранный, многосторонний феномен, проявляющийся как в личностном пространстве индивида, так и в особенностях межличностного и межгруппового взаимодействия. В основе феномена – позитивное отношение к собственному и другим народам. При этом важной отличительной характеристикой этнической толерантности является ее активный характер: она включает не просто принятие чужого мнения, привычек и поведения представителей других этносов, но и активную позицию на установление взаимопонимания и взаимоуважения, признание единства и многообразия многомерности человеческой культуры. На основе анализа литературы в структуре этнической толерантности выделены три ее главных содержательных компонента: когнитивный, эмоциональный и поведенческий.

Базовыми характеристиками когнитивного компонента этнической толерантности являются: знания обычаев, традиций, особенностей своей и других этнических групп; позитивная этническая идентичность, отсутствие негативных этнических стереотипов и установок, ценностное отношение к «другому», субъективные представления индивидов о социальной и психологической дистанции по отношению к представителям своей и других этнических групп. Эмоциональный компонент этнической толерантности включает также умение адекватно принимать собственную личность, терпимое отношение к различным эмоциональным проявлениям других людей, преодоление раздражительности, высокий уровень самоконтроля, эмпатию, уважение и интерес. Показателями поведенческого компонента выступают: способность осуществлять выбор собственных целей и стратегий поведения в межэтническом пространстве, включенность в коммуникативный процесс, стремление к сотрудничеству и оказанию поддержки представителям других этносов, применение на практике теоретических знаний об особенностях других этносов.

По мнению современных исследователей, многие «составляющие» этнической толерантности могут быть сформированы – путем специального обучения, социально-психологических тренингов и т.д. [3, С. 30]. Кроме того, этническая толерантность формируется в результате влияния множества социальных и психологических факторов, действующих в одном направлении и в це-

лом определяющих позитивный или негативный взгляд человека на мир.

Важнейший период в психосоциальном развитии человека – подростковый возраст. В этот период все стороны психики ребенка подвергаются качественной перестройке, возникают новые психологические образования. Динамика развития и процесс формирования этнической толерантности в подростковом возрасте определяются спецификой полиэтнической среды, кругом значимых лиц, которые оказывают существенное влияние на процесс самоопределения, а также индивидуальными особенностями развития личности подростка. Одним из главных социальных институтов, способствующих формированию этнической толерантности, является образование, важную роль играет школа, в образовательном пространстве которой необходимы меры, направленные на формирование и укрепление толерантного поведения у учащихся. Как пишет А.Г. Асмолов, образование может выступить как один из ведущих факторов формирования толерантности и профилактики ксенофобских установок. Вместе с тем возможности общего образования как ресурса формирования толерантности у детей и подростков используются с чрезвычайно низкой эффективностью. Посредством специально разработанных социально-психологических технологий учителя, преподаватели, школьники и студенты в ходе различных тренингов толерантности и социальной компетентности могут научиться разрешать конфликтные ситуации, вести переговоры, вставая на позиции противоборствующих сторон и пытаясь увидеть мир глазами другого человека [1].

Таким образом, можно констатировать, что осмысление круга вопросов, связанных с формированием этнической толерантности молодого поколения, – настоятельное практическое требование общественной жизни, характеризующейся не только переплетением культур, размыванием традиционных устоев межкультурного взаимопонимания, но и обострением чувства национального самосохранения. Обобщая в научной литературе различные взгляды на толерантность, необходимо отметить, что толерантность рассматривается как моральное качество личности, принцип, условие взаимоотношений между людьми, характеризующееся терпимостью, пониманием, стремлением к диалогу с «другим». Толерантность выражается в стремлении достичь взаимного уважения, понимания и согласования разнородных интересов и точек зрения без применения насилия, преимущественно методами разъяснения и убеждения. Толерантность нельзя отождествлять с индифферентностью, сводить к необходимости преодоления чувства неприятия другого, так как эти обстоятельства упускают из поля зрения важные составляющие общения – чуткость и внимание к партнеру, проявление эмпатии, доброжелательность по отношению к окружающим.

Основываясь на изложенных фактах, мы провели исследование этнической толерантности подростков, конкретизировали базовые структурно-содержательные характеристики у подростков с разным уровнем этнической толерантности. С помощью корреляционного исследования проверено наличие значимых взаимосвязей между уровнем толерантности и наличием стереотипов, величиной социальной дистанции испытуемых по отношению к представителям других национальностей, типом этнической идентичности, уровнем эмпатии, выбором стратегий поведения в конфликтных ситуациях, ценностными ориентациями подростков. Выявлены достоверные положительные взаимосвязи между уровнем толерантности подростков и их оценкой «себя» (при уровне значимости $p < 0,01$), «идеала» ($p < 0,05$), «типичного представителя другой национальности» ($p < 0,01$); наличием позитивной этнической идентичности ($p < 0,001$); уровнем эмпатии ($p < 0,001$); выбором компромисса в качестве стратегии поведения в конфликтных ситуациях ($p < 0,05$); ценностью материально-обеспеченной жизни ($p < 0,001$) (между уровнем толерантности и другими ценностями статистически-значимых взаимосвязей не выявлено).

Достоверные отрицательные взаимосвязи выявлены между уровнем толерантности и уровнем этноэгоизма ($p < 0,001$); этноизоляционизма ($p < 0,001$); и этнофанатизма ($p < 0,001$). Таким образом, результаты корреляционного исследования показали наличие значимых взаимосвязей по каждой из базовых структурно-содержательных характеристик этнической толерантности.

Был проведен анализ базовых структурно-содержательных характеристик этнической толерантности подростков с разным уровнем этнической толерантности, в результате которого было выявлено, что выделенные характеристики, входящие в три компонента – когнитивный, эмоциональный и поведенческий – у подростков с разным уровнем этнической толерантности действительно отличаются, имеют разные тенденции и характер связей.

Для подростков с высоким уровнем этнической толерантности характерно на-

личие позитивной этнической и гражданской идентичности, близкой или средней социальной дистанцией по отношению к представителям других национальностей, положительная самооценка, а также положительная оценка «типичных представителей» собственной и «чужих» национальностей (когнитивный компонент). Эмоционально-ценностный компонент характеризуется высоким уровнем эмпатии, а также ценностными ориентациями на универсализм, безопасность и самостоятельность как на уровне нормативных идеалов, так и на уровне поведения. Поведенческий компонент характеризуется стремлением к компромиссу, сотрудничеству или приспособлению в трудных ситуациях взаимодействия.

Когнитивный компонент у подростков со средним уровнем этнической толерантности характеризуется наличием позитивной этнической, и также среднего уровня этнической индифферентности, наличием среднего уровня гражданской идентичности, а также средней или близкой социальной дистанцией по отношению к представителям других национальностей. Для подростков характерно положительное оценивание самих себя, «типичных представителей» собственной и «чужих» национальностей. Однако представителей других национальностей подростки оценивают ниже. Эмоциональный компонент характеризуется также наличием среднего уровня эмпатии, ценностными ориентациями на универсализм, безопасность, доброту на уровне нормативных идеалов, и универсализм, безопасность, самостоятельность на уровне индивидуальных приоритетов. Поведенческий компонент характеризуется стремлением к компромиссу, приспособлению или избеганию трудных ситуаций взаимодействия.

У подростков с низким уровнем этнической толерантности когнитивный компонент характеризуется наличием позитивной этнической, но таким же уровнем этнофанатизма, средним уровнем гражданской идентичности или отсутствием интереса к ней, наличием высокой или средней социальной дистанцией по отношению к представителям других национальностей. Кроме того, при положительном оценивании самих себя подростки низко оценивают «типичных представителей» собственной и отрицательно типичных представителей «чужих» национальностей. Эмоциональный компонент характеризуется также низким уровнем эмпатии, но ценностными ориентациями на универсализм, самостоятельность и доброту на уровне нормативных идеалов, на уровне поведения ориентацией на самостоятельность, безопасность и достижения.

В соответствии с поставленной далее задачей нашего исследования нами была разработана и реализована программа этнокультурного тренинга, включающая технику культурного ассимилятора. Техника разработана специально для подростков, живущих в Забайкальском крае, она позволяет сформировать межкультурную сензитивность подростков. После реализации программы этнокультурного тренинга, включающей технику культурного ассимилятора, проанализирована динамика базовых структурно-содержательных характеристик этнической толерантности подростков экспериментальной группы. В результате вторичной диагностики выявлено, что уровень толерантности в экспериментальной группе повысился на 9,5 %. Анализ различий с помощью Т-критерия Вилкоксона подтвердил их достоверность на уровнях $p < 0,01$ и $p < 0,05$ (в контрольной группе повышение уровня этнической толерантности подростков не отмечается). Отмечается снижение предубежденности подростков по отношению к представителям других национальностей, снижение уровня этноцентризма, этнической индифферентности, этнофанатизма и этнонигилизма. Этническая идентичность большинства подростков находится в пределах нормы и является позитивной (повысилась в экспериментальной группе). Наблюдается повышение уровня позитивной самооценки, а также оценки типичного представителя собственной национальности, наблюдается уменьшение социальной дистанции по отношению к представителям других этносов. Кроме того, отмечаются изменения в выборе стратегий поведения подростками в конфликтных ситуациях, так они стали чаще стремится к сотрудничеству. Отмечаются изменения ценностных ориентаций подростков. Так, более важными стали ценности традиций, а менее важными – ценности конформности. Важно отметить, что на уровне индивидуальных приоритетов (поведения) изменения в ценностных ориентациях менее выражены, в то время как на уровне нормативных идеалов более. Мы полагаем, это связано с тем, что для изменения ценностей на уровне поведения необходимо большее количество времени, кроме того важно учитывать возрастные особенности испытуемых и возможности их изменения в дальнейшем. Также мы полагаем, что для закрепления достигнутых результатов необходима систематическая и целенаправ-

ленная работа не только психологов, но нужна комплексная работа с родителями учащихся и педагогами школ.

Выводы

Таким образом, проведенное нами исследование этнической толерантности подростков выявило определенную избирательность в межэтнических отношениях и недостаточный уровень этнической толерантности, выражающуюся в социальной дистанции по отношению к представителям некоторых национальностей. Данные результаты актуализируют проблему формирования и укрепления этнической толерантности подростков средствами психологической коррекции и развития. Экспериментальное исследование выявило положительную динамику в уровне этнической толерантности подростков после реализации программы этнокультурного тренинга, включающей культурный ассимилятор, для участников межэтнического взаимодействия в условиях Забайкальского края.

Список литературы

1. Асмолов А.Г. Стратегия и методология социокультурной модернизации образования. – М.: Изд-во ФГАУ Федеральный институт развития (ФИРО), 2011. – 73 с.

2. Асташова Н.А. Проблема воспитания толерантности в системе образовательных учреждений / Толерантное сознание и формирование толерантных отношений (теория и практика): сборник научно-метод. статей. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2006. – С. 74−85.

3. Братченко С.Л. Психологические основания исследования толерантности в образовании. [Электронный ресурс]. – URL: http://hpsy.ru/public (дата обращения: 27.02.2012).

4. Лебедева Н.М. Этническая толерантность в России и способы ее укрепления [Электронный ресурс]. – URL: http://stav-geo.ucoz.ru/publ (дата обращения 15.09.2009).].

5. Психодиагностика толерантности личности / под ред. Г.У. Солдатовой, Л.А. Шайгеровой. – М.: Смысл, 2008. – 172 с.

References

1. Asmolov A.G. *Strategija i metodologija sociokulturnoj modernizacii obrazovanija* [Strategy and methodology of social and cultural modernization of education]. M., 2011. 73 p.

2. Astashova N.A. *Problema vospitanija tolerantnosti v sisteme obrazovatelnyh uchrezhdenij* (*Tolerantnoe soznanie i formirovanie tolerantnyh otnoshenij (teorijaipraktika). Sborniknauchnometodstatej)* [Problem promote tolerance among the educational institutions. Tolerance and Tolerance relations (theory and practice). Collection of scientific method. Article]. M., 2006. pp. 74−85.

3. Bratchenko S.L. *Psihologicheskie osnovanija issledovanija tolerantnosti v obrazovanii* [Psychological basis of tolerance studies in education]. Available at: http://hrsy.ru/public (accessed: 27.02.2012).

4. Lebedeva N.M. *Jetnicheskaja tolerantnost v Rossii i sposoby ee ukreplenija* [Ethnic tolerance in Russia and how to strengthen]. Available at: http://stav-geo.ucoz.ru/publ/ (accessed: 15.09.2009).

5. Psihodiagnostika tolerantnosti lichnosti pod red [Psychodiagnostics of tolerance personality]. G.U. Soldatovoj, L.A. Shajgerovoj. M. 2008. 172 p.

Рецензенты:

Виноградова Н.И., д.псх.н., профессор, зав. кафедрой психологии образования ФГОУ ВПО «Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Чита;

Эрдынеева К.Г., д.п.н., профессор, зав. кафедрой психологии ФГОУ ВПО «Забайкальский государственный университет», г. Чита.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 159.942:355.233

ПРОБЛЕМЫ ГЕНДЕРНОГО ПОДХОДА К ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ВОЕННЫХ ВУЗАХ

Емельяненко А.А., Петровская М.В.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: emelya-kurs@list.ru

Рассмотрены проблемы и возможности реализации гендерного подхода к организации образовательного процесса в военном вузе. Практика свидетельствует, что в настоящее время наблюдается устойчивая тенденция использования полоролевого подхода к процессу обучения и воспитания курсантов. Применяемые в военных вузах гендерные стереотипы не только не способствуют развитию внутреннего потенциала курсанта, но и не соответствуют основным мировым тенденциям гуманизации образования, в том числе и военного. Гендерный подход позволяет формировать в курсанте независимо от его пола конкурентоспособную, самореализующуюся личность, развивать у субъектов педагогического взаимодействия гендерную толерантность и гендерную компетентность. Применение гендерного подхода к организации образовательного процесса в военных вузах будет способствовать повышению качества военно-профессиональной подготовки курсантов, что, несомненно, отразится в сформированных профессиональных компетенциях будущих офицеров.

Ключевые слова: образовательный процесс военного вуза, полоролевой подход, гендерный подход

GENDER PROBLEMS TO THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE MILITARY INSTITUTION

Emelyanenko A.A., Petrovskaya M.V.

Military Air Force Education and Research Center «The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy», Voronezh, e-mail: emelya-kurs@list.ru

The problems and the feasibility of a gender approach to the organization of the educational process in the military institution has been considered. Practice has shown that now there is a steady trend of sex-role-based approach to training and education of the cadets. Gender stereotypes used in military institution not only fail to contribute to the development of cadets inner potential, but also do not meet basic international trends in humanization of education, including military education. Gender approach allows to create in cadets competitive, independent personality, to develop gender tolerance and gender competence, in the subjects of pedagogical process regardless of sex. A gender approach to the educational process organization will contribute to the quality of cadets military- professional training, that, will positively affect, reflected the professional competence in future officers.

Keywords: educational process of the military institution, sex-role-based approach, gender approach

Вопрос о допуске женщин к службе в армии совсем не нов. Существует мнение, что женское дело, которому они предназначены самой природой, – рождение и воспитание детей. И лишь отдельные женщины, воспринимающие свой пол, как ошибку природы, способны помышлять о военной службе [3]. А ведь опыт привлечения на военную службу женщин имеет достаточно глубокие корни. Сведения об этом встречаются уже в первой половине III века и относятся к греческой армии [7]. В российской истории к первым женским подразделениям относят те, в которые привлекались представители слабого пола в качества медсестёр, фельдшеров и врачей. Об этом имеются свидетельства с Крымской (1854–1855), Франко-прусской (1870–1871), Русско-турецкой (1877–1878) войн, Русско-японской кампании (1904–1905). В Первую мировую войну призыв на военную службу женщин носил уже массовый характер. В годы Второй мировой войны численность женщин составляла 8% от общей численности регулярных вооружённых сил [5]. В настоящее время их количество превышает 10% [3].

Подписание Россией Факультативного протокола (12.04.2001 г.) в рамках соблюдения «Конвенции ООН о ликвидации всех форм дискриминации в отношении женщин» привело к изменению роли и места женщины в современном обществе, органах государственного управления, сфере занятости, системе семейных взаимоотношений, обозначило новые ориентиры самореализации российских женщин. Это позволило им претендовать на самые амбициозные и самые сложные должности, включая должности в рядах Вооружённых Сил Российской Федерации.

При этом организация военных образовательных учреждений достаточно чётко отражает гендерную стратификацию вооружённых сил, демонстрируя на своём примере неравный статус мужчин и женщин, гендерную стратификацию военно-педагогической профессии, гендерную асимметрию педагогических кадров и обучающихся курсантов. В настоящий момент в 19 учреждениях высшего образования Министерства обороны обучаются около 450 девушек по 30 военным специаль-

ностям. Гендерная асимметрия в военном вузе означает фактическую диспропорцию удельного веса девушек и юношей в подготовке специалистов различного профиля и отражает неравенство в этой сфере по признаку пола.

При этом, как показывают наблюдения и специальные исследования, практика ведения образовательной деятельности с девушками-курсантами требует иного подхода, явно отличающегося от построения процесса обучения и воспитания курсантов-юношей.

Анализируя традиционную модель организации образовательного процесса в военном вузе, можно констатировать факт, что на настоящий момент даже при наличии среди переменного личного состава курсантов-девушек имеет место подход, существовавший не одно десятилетие и ориентированный на сугубо мужские коллективы курсантов, не учитывающий полоролевых особенностей обучающихся.

Основные положения полоролевого подхода в социализации курсантов-юношей и курсантов-девушек можно представить как комплекс представлений командного и профессорско-преподавательского состава о том, что:

– существует два биологических пола – мужской и женский, и им должны соответствовать две роли, два различных жизненных сценария;

– эти роли равнозначные, но разные по содержанию и неравные по статусу;

– различия мужских и женских ролей существенны в основных сферах самореализации человека: семейной, профессиональной общественной и т.п., а также в психологических качествах (мужественности и женственности) [10].

Сторонники полоролевого подхода характеризуют типично мужской образ как набор черт, связанных со свободным стилем поведения, компетентностью, рациональными способностями, активностью и эффективностью. Типично женский облик включает коммуникативные качества, эмоциональную зависимость. При этом в целом мужчинам приписывается больше положительных качеств по сравнению с женщинами. Общая закономерность состоит в том, что «эталонные образы мужчин» представляются как властные, независимые, активные, смелые, доминирующие, прогрессивные и мудрые. О женщинах же говорят как о зависимых, слабых, боязливых, эмоциональных и суеверных [6].

Полоролевой подход определяет пол как врожденную биосоциальную программу, которая предопределена репродуктивными различиями и объясняет социальные разрывы в условиях жизни мужчин и женщин. Одним из приоритетов полоролевого подхода, на наш взгляд, является подтверждение интеллектуального, морального или иного «врожденного» превосходства «мужского» над «женским».

В рамках настоящего исследования был проведен анкетный опрос офицерского состава военных вузов, воинских частей и соединений мужского пола по данной проблеме. Количество респондентов составило 288 человек.

Как показали результаты исследования, к женщинам-офицерам в Вооруженных Силах РФ 57,1% респондентов относятся положительно, 19,4% – отрицательно, 13,2% – с сочувствием и 10,3% – нейтрально.

При этом иметь в своем подчинении женщин-офицеров хотели бы лишь 22,9% респондентов, 44,3% допускают такую возможность, 8,2% – по возможности избегали бы этого и 24,6% опрошенных выступают категорически против женщин-офицеров в своем подчинении. Среди причин нежелания работать с женщинами-офицерами респондентами были названы такие причины, как «нет желания решать женские проблемы», «женщины вообще неуправляемые», «женщины много уделяют времени семье, а не службе», «армия и женщина несовместимы», «у женщин низкие морально-деловые качества», «женщины неспособны качественно выполнять задачи повседневной деятельности», «женщины отвлекают» и т.п.

На вопрос «Как Вы относитесь к женщине в качестве руководителя воинского коллектива?» ответы распределись следующим образом: «положительно» – 22,8%, «положительно, только если коллектив женский» – 13,4%, «зависит от человека» – 2,9% и «отрицательно» – 60,1%.

Наконец, самые негативные ответы относительно женщин были получены на предложение продолжить фразу «Если бы моим командиром была женщина…». Среди ответов были такие, как: «я бы уволился», «попытался бы её соблазнить», «такого категорически не может быть», «пытался бы поставить каждое её решение под сомнение», «мне не понравилось бы», «моя самооценка резко упала бы», «чувствовал бы унижение своего достоинства», «лучше застрелиться», «по возможности игнорировал», «трудно было бы ей подчиняться», «она бы стопроцентно не справилась» и т.п. Лишь около 10% опрошенных офицеров-мужчин указали на то, что продолжали бы выполнять свои обязанности согласно уставу и другим нормативным документам.

Таким образом, результаты проведенного опроса подтверждают общую тенденцию негативного отношения к присутствию женщины в армии, в том числе и в военных вузах, свидетельствуют о нежелании рассматривать женщину как полноправного субъекта военно-профессиональной деятельности, что как раз и отражается в демонстрации полоролевого подхода.

Популярность полоролевого подхода в условиях военного вуза, очевидно, связана с тем, что:

– подход для абсолютного большинства кажется очевидным и понятным;

– в войсках и в военных вузах доминирует мужская ролевая модель;

– доминантность мужчин поддерживается общественным мнением и многими авторитетными социальными институтами, такими как семья, церковь, средства массовой информации и др.;

– многие, пройдя полоролевую социализацию, вполне довольны своей жизнью и считают себя успешными;

– отечественной наукой еще недостаточно разработаны теории гендерной социализации на основе эгалитарных ценностей, тем более в условиях военно-профессиональной деятельности.

При этом следует отметить, что полоролевой подход:

– не отражает объективного разнообразия ролей женщин и мужчин в современном мире;

– вступает в противоречие с ведущей тенденцией развития человечества: поворотом от ценностей рода к ценности индивидуальности;

– ограничивает развитие индивидуальных способностей;

– сохраняет доминантно-зависимые отношения между полами.

В то же время следует отметить, что на современном этапе развития человеческого общества общеизвестно существование стереотипов мужественности и женственности, отражающих различия в предназначении и психики мужчин и женщин. Но факт телесного несходства мужчин и женщин ещё не говорит о том, что именно от него происходят все остальные наблюдаемые различия между ними. Помимо конституциональной стороны эти отличия имеют социокультурный контекст, который отражает то, что в данное время в данном обществе считается свойственным и приемлемым для мужчин, а что для женщин. Для выделения и объяснения социокультурных причин межполовых различий введён в 1975 году термин «гендер», обозначающий специфический набор культурных характеристик, которые определяют социальное поведение женщины и мужчины [2] и вскрывают отличия «социального пола» от биологического [9].

Широкая проблематика гендерного подхода и его критическая направленность за последние двадцать лет позволили включить гендерный аспект во все существующие на сегодняшний день социально-гуманитарные исследования – от философии, социологии, права, истории до психологии, педагогики и лингвистики. Как показал анализ работ, посвященных проблемам пола в психолого-педагогической литературе, ведущие их темы – сексуально-физиологические и медицинские аспекты воспитания (П.П. Блонский, Д.И. Исаев, В.Е. Каган), анализ совместного и раздельного обучения полов (В.Д. Еремеева, А.В. Мудрик, И.А. Тупицина), учет половых различий в обучении и воспитании (Г.М. Бреслав, И.С. Кон). По данным сайта одного из центров гендерных исследований, за эти годы было представлено более двух тысяч кандидатских и докторских диссертаций, в названии которых звучал этот термин. Во многих крупных вузах созданы центры или лаборатории гендерных исследований. Одним из существенных достижений является возникновение сообщества гендерных экспертов, появившееся в конце 1990-х годов и принимающее участие в обсуждении законопроектов разного уровня и профиля. Однако при этом следует констатировать, что столь интенсивное развитие нового научного направления пока не привело к системному внедрению гендерного подхода в содержание отечественного высшего образования, тем более реализуемого в военных вузах, ранее не ориентированных на подготовку девушек-курсантов.

По определению Л.В. Штылевой, гендерный подход – это «совокупность представлений, предполагающих, что различия в поведении и воспитании мужчин и женщин определяются не столько их физическими особенностями, сколько воспитанием, распространенными в каждой культуре представлениями о сущности мужского и женского, государственной гендерной политикой» [11].

Социальные изменения в обществе ведут к существенным переменам в культурных стереотипах поведения мужчин и женщин. Это вызывает у людей некоторый психологический дискомфорт. Одни говорят об опасности феминизации мужчин, другие – о возрастающей маскулинизации женщин. Еще в 80-е гг. И.С. Кон отмечал, что «происходит ломка традиционной системы половых ролей и соответствующих ей культурных стереотипов» [8].

В настоящий момент эти процессы идут наиболее интенсивно и накладывают определенный отпечаток на формирование гендерных стереотипов поведения современной молодежи. Гендерный подход предполагает освоение позитивных поведенческих моделей, способных минимизировать риск возникновения гендерных конфликтов в образовательной среде.

Юноши и девушки, поступающие в военные вузы, уже имеют достаточно сформированные стереотипы своего поведения и опыт коммуникативных отношений, не всегда позитивный. Поэтому в процессе обучения необходимо воспитывать у курсантов обоих полов толерантное отношение к проявлению черт, свойственных противоположному полу. Как показывают проведенные опросы, около 40% курсантов-юношей негативно относятся к тому, что девушки получают военную специальность, 18% юношей считают обучение девушек пустой тратой времени и денег, 37% подозревают девушек в том, что они пришли в военный вуз не за образованием, а за женихами.

В отличие от полоролевого гендерный подход базируется на идеях о том, что:

– не пол человека обладает врожденными «мужскими» и «женскими» качествами, а «мужские» и «женские» качества приписываются человеку с раннего детства и направляют его развитие в определенное русло;

– гендер создается обществом как социокультурная модель женственности и мужественности, определяющая положение человека в семье, обществе, учебной и профессиональной сфере, экономике, политике и т.д. [4];

– гендерно-ролевая социализация играет решающую роль в формировании половой идентичности и ролевых предпочтений человека;

– конструирование гендерного сознания каждого человека происходит посредством распространения и поддержки гендерных стереотипов, норм и правил.

Стоит заметить, что гендерный подход в образовании не подвергает сомнению природные предпосылки, влияющие на самоопределение человеком своей половой идентичности.

При этом Ш. Берн считает, что «…искусственное разделение качеств на мужские и женские приводит к наложению бессмысленных ограничений на оба пола и способствует развитию гендерных конфликтов. Мы, естественно, должны ценить некоторые качества, которые в прошлом считались мужскими (или женскими), но при этом не следует считать, что человек непременно должен принадлежать к определенному полу, чтобы обладать ими» [1].

Принятие гендерного подхода в образовательном процессе военного вуза предполагает, что:

– командному и профессорско-преподавательскому составу военных вузов необходимо пересмотреть своё отношение к «фактору пола», отказаться от бесконтрольного использования гендерных стереотипов в педагогическом взаимодействии с курсантами;

– точкой отсчета для принятия компетентных педагогических решений в отношении образования и развития каждого курсанта должен стать не пол курсанта, а его (её) способности и задатки, актуальные потребности, а также индивидуальная ситуация развития;

– командному и профессорско-преподавательскому составу требуется профессиональная компетентность для того, чтобы критически оценивать и при необходимости эффективно использовать в работе результаты психолого-педагогических исследований различий курсантов-юношей и курсантов-девушек в учебно-познавательных интересах, способностях, мотивации и др. Проведенное исследование выявило достоверные различия между курсантами-юношами и курсантами-девушками по показателям эмоциональной устойчивости, саморегуляции поведения, мотивации достижения успеха и избегания неудач, субъективного контроля, коммуникативных и рефлексивных способностей. Кроме того, установлено, что наибольшую успешность учебной деятельности демонстрируют феминные курсанты-юноши и маскулинные курсанты-девушки;

– деятельность командного и профессорско-преподавательского состава должна осуществляться с пониманием и учетом воздействия образования (содержания, среды и процесса) на формирование гендерных представлений курсантов, активно влияющих на определение курсантами своих жизненных планов и стратегий.

Реализация гендерного подхода в военном вузе должна способствовать гуманизации образовательной среды; формированию у субъектов педагогического взаимодействия эгалитарного мировоззрения, характеризующегося гендерной компетентностью, гендерной сензитивностью и гендерной толерантностью; системным изменениям в гендерных отношениях между мужчинами и женщинами в межличностной, семейной и профессиональной сферах.

Гендерный подход к обучению и воспитанию курсантов военных вузов должен позволить отойти от традиционных тракто-

вок представлений о понятиях «мужественное» и «женственное», которые, в свою очередь, являются конструктами индивида и культуры. Использование гендерного подхода в военном вузе обусловлено востребованностью целостной, саморазвивающейся, самореализующейся, конкурентоспособной личности, способно жить в новых условиях российской действительности и выполнять эффективно профессиональные обязанности в условиях модернизации вооруженных сил; необходимостью научного обоснования ценностно-целевого содержания учебно-воспитательного процесса в военных вузах с учетом гендерного потенциала.

Список литературы

1. Берн Ш. Гендерная психология. – СПб.: Прайм-Еврознак, 2001. – С. 119–120.

2. Боброва И.А. Психологические особенности личности женщин-сотрудников органов внутренних дел МВД России: дис. ... канд. психол. наук. – СПб., 2005. – 200 с.

3. Богословский М.М. Гендерный вопрос в российских Вооружённых силах / Независимое военное обозрение. – № 42(638). – 12–18 ноября 2010 г. – С. 8.

4. Воронина О.А. Гендер / Словарь гендерных терминов. – М., 2002. – С. 21–22.

5. Горелов А.А., Абаплов Ю.В. О взаимосвязи показателей успешности образовательной деятельности и функционального состояния девушек, обучающихся в вузах МО РФ с уровнем из двигательной активности // Культура физическая и здоровье. – 2011. – № 2(32). – С. 60.

6. Ильин Е.П. Дифференциальная психология мужчины и женщины. – СПб.: Питер, 2002. – С. 55–56.

7. Итс Р.Ф. Женский лик земли. – Л.: Лениздат, 1988. – 224 с.

8. Кон И.С. Психология половых различий // Вопросы психологии. – 1981. – № 2. – С. 54.

9. Словарь философских терминов / под науч. ред. проф. В.Г. Кузнецова. – М.: ИНФРА-М, 2009. – С. 532.

10. Штылева Л.В. Фактор пола в образовании: гендерный подход и анализ. – М.: ПЕР СЭ, 2008. – С. 145–160.

11. Штылева Л.В. Теоретические подходы к разработке методики гендерного анализа в образовании // Гендерная социализация и высшее профессиональное образование: материалы науч.-практ. конф. (Новосибирск, 24–25 мая 2006 г.). – Новосибирск: Изд-во НГИ, 2006. – С. 86–87.

References

1. Bern Sh. Gendernaya psikhologiya. [Psychology of gender] St. Petersburg: Praym-Evroznak, 2001. pp. 119–120.

2. Bobrova I.A. Psikhologicheskie osobennosti lichnosti zhenschin sotrudnikov organov vnutrennikh del MVD Rossii: dis. … kand. psikhol. nauk. St. Petersburg, 2005. 200 p.

3. Bogoslovskiy M.M. Gendernyy vopros v Rossiyskikh vooruzhennykh silakh. Nezavisimoe voennoe obozrenie. no42(638). 12–18 noyab. 2010. p. 8.

4. Voronina O.A. Gender. Slovar gendernykh terminov. [Glossary of Gender Terms] Moscow, 2002. pp. 21–22.

5. Gorelov A.A., Abaplov Yu.V. O vzaimosvyazi pokazateley uspeshnosti obrazovatelnoy deyatelnosti i funkcionalnogo sostoyaniya devushek, obuchayuschikhsya v vuzakh MO RF s urovnem ikh dvigatelnoy aktivnosti. Kultura fizicheskaya i zdorove. 2011. no 2(32). p. 60.

6. Ilin E.P. Differencialnaya psikhologiya muzhchiny i zhenschiny. [Psychology differentiated of men and women] St. Petersburg: Piter, 2002. pp. 55–56.

7. Its R.F. Zhenskiy lik zemli. [Female Face of the Land] Leningrad: Lenizdat, 1988. 224 p.

8. Kon I.S. Psikhologiya polovykh razlichiy. Voprosy psikhologii. 1981. no. 2 p. 54.

9. Slovar filosofskikh terminov. [Dictionary of philosophical terms] nauchnaya redakciya prof. V.G. Kuznecova. Moscow: INFRA-M, 2009. p. 532

10. Shtyleva L.V. Faktor pola v obrazovanii: gendernyy podkhod i analiz. [Factor of sex in education: gender approach and analysis] Moscow: PERSE, 2008. pp. 145–160.

11. Shtyleva L.V. Teoreticheskie podkhody k razrabotke metodiki gendernogo analiza v obrazovanii. Gendernaya socializaciya i vysshee professionalnoe obrazovanie: Materialy nauch.-prakt. konf. (Materials of science-practical conference: gender socialization and higher professional education) (Novosibirsk, 24–25 maya 2006 g.). Novosibirsk: NGI Publ, 2006. pp. 86–87.

Рецензенты:

Просветова Т.С., д.п.н., доцент кафедры морально-психологического обеспечения боевых действий авиации ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж;

Комарова Э.П., д.п.н., профессор, заведующая кафедрой межкультурных коммуникаций Воронежского института высоких технологий, г. Воронеж.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 676.1.022.1:668.743.54

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ЩЕЛОЧНО-ОКИСЛИТЕЛЬНО-ОРГАНОСОЛЬВЕНТНЫМ СПОСОБОМ

Вураско А.В., Дрикер Б.Н., Мертин Э.В., Астратова Г.В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, e-mail: vurasko2010@ya.ru

Исследована возможность получения целлюлозы из отходов переработки недревесного растительного сырья – соломы и шелухи овса – ступенчатым способом варки, где первая ступень – щелочная, вторая – окислительно-органосольвентная в присутствии озона. Изучен химический состав исходного растительного сырья и его анатомическое строение. Исследованы условия проведения каждой ступени варки: продолжительность, температура варки, расход варочного реагента, и установлены их оптимальные значения. Проведен анализ свойств полученной технической целлюлозы,установлено, что полученная в процессе делигнификации техническая целлюлоза обладает высокими показателями сорбционной способности, белизны. Это позволяет рекомендовать ее к использованию в качестве ценного сырья для производства продуктов косметической, фармацевтической и пищевой промышленности.

Ключевые слова: техническая целлюлоза, недревесное растительное сырье, солома и шелуха овса, лигнин, делигнификация, щелочно-окислительно-органосольвентный способ

ALKALINE OXIDIZING ORGANIC SOLVENT METHOD OF TECHNICAL CELLULOSE RECEIVING

Vurasko A.V., Driker B.N., Mertin E.V., Astratova G.V.

Ural State Forestry – Engineering University, Yekaterinburg, e-mail: vurasko2010@ya.ru

Possibility of receiving cellulose from a waste of processing of not wood vegetative raw materials – straw and oats peel – step way, where the first step – alkaline, the second – oxidation-organosolvent in the presence of ozone is investigated. The chemical composition of initial vegetative raw materials and its anatomic structure is studied. Conditions of carrying out each step of cooking – duration, cooking temperature, a consumption of cooking reagent are investigated, and their optimum values are established. The analysis of properties of the received technical cellulose is carried out, is established that the technical cellulose received in the course of a delignification possesses high indicators of sorbtsionny ability, a whiteness. It allows to recommend it for use as valuable raw materials for production of products of the cosmetic, pharmaceutical and food industry.

Keywords: technical cellulose, not wood vegetative raw materials, straw and oats peel, lignin, delignification, alkaline oxidizing organic solvent delignification method

Анализ литературных данных [1–5, 7, 8, 10] позволяет утверждать, что сейчас достаточно активно ведутся исследования по разработке альтернативных способов получения целлюлозы, например, варки с органическими растворителями. Эти способы делигнификации являются экологически малоопасными и позволяют получать целлюлозу с высоким выходом и свойствами, не уступающими целлюлозе, полученной традиционными способами.

Также остро стоит вопрос расширения сырьевой базы целлюлозно-бумажного производства. При этом многотоннажные отходы сельского хозяйства до сих пор не находят широкого применения. Все это свидетельствует об актуальности исследований по разработке экологически чистых технологий переработки растительного сырья и получению ценных продуктов пищевой и фармацевтической промышленности.

Целью данной работы является определение оптимальных условий получения технической целлюлозы из отходов переработки недревесного растительного сырья двухступенчатой щелочно-окислительно-органосольвентной делигнификацией в присутствии озона.

На первой ступени проводится варка в щелочной среде, позволяющая удалить минеральные компоненты и часть лигнина. При этом происходит набухание клеточных стенок волокон растительного сырья, что приводит к разрыхлению структуры материала. На второй ступени проводится окислительно-органосольвентная варка раствором перуксусной кислоты (ПУК) с использованием в качестве дополнительного окислителя озона.

Методы и материалы исследования

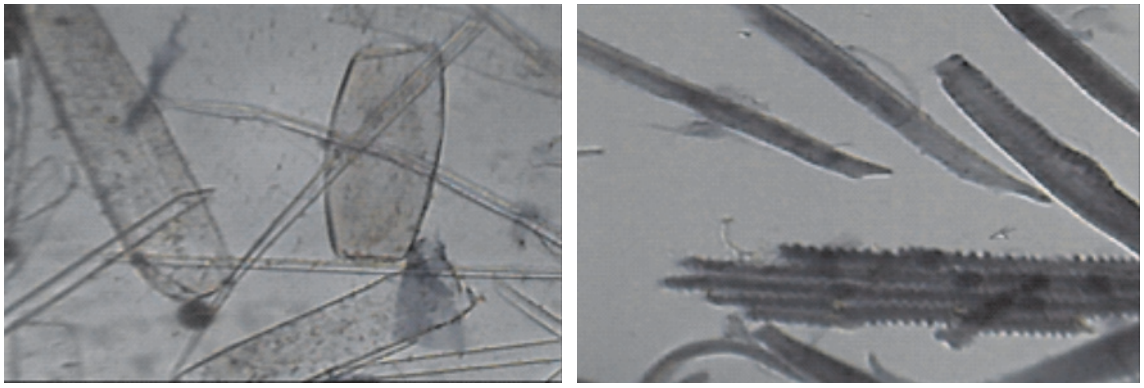
В качестве объектов исследования использовали шелуху и солому овса урожая 2010 г. Отбор шелухи овса осуществляли на Кедровском крупяном заводе г. Березовский Свердловской области. Шелуху просеивали на сите № 3 для удаления мелких механических включений (песок, камни). Солому сортировали для удаления оставшихся колосьев, листьев и прочих примесей. Отсортированное сырье кондиционировали на воздухе до равновесного воздушно-сухого состояния, упаковывали для хранения. Анализ исходного сырья и полученной технической целлюлозы проводили по методикам, изложенным в источнике [6].

Варки проводили в стеклянном реакторе вертикального типа с возможностью подачи газовой смеси в его нижнюю часть через пористую перегородку. Реактор установлен на водяной бане и снабжен обратным холодильником, перемешивающим устройством, пробоотборником.

Результаты исследования и их обсуждение

Микроскопические исследования исходного сырья в виде соломы и шелухи овса показали, что ткани растительного сырья состоят в основном из клеток прозенхимного характера разной длины, имеющих волокнистую структуру (рис. 1).

Шелуха овса содержит большое количество губковых волокон, которые после варки сохраняют свою первоначальную структуру и скреплены друг с другом, напоминая «пазл», а солома овса имеет гладкие и узкие волокна типа либриформа. Для соломы овса также характерно наличие большого количества сосудов.



а б

Рис. 1. Анатомические элементы соломы и шелухи овса: а – солома овса (×200); б – шелуха овса (×200)

Определение химического состава (табл. 1) сырья показало, что шелуха овса содержит значительное количество лигнина и веществ, растворимых в горячей воде, солома овса характеризуется малым количеством лигнина, экстрактивных и минеральных веществ.

Таблица 1

Химический состав растительного сырья

Компоненты, %	Солома овса	Шелуха овса
Холоцеллюлоза	72,7 ± 0,5	56,2 ± 0,5
Целлюлоза	47,0 ± 0,5	48,8 ± 0,5
Лигнин (ГОСТ 11960)	18,0 ± 0,5	23,2 ± 0,5
Вещества, растворимые: – в спиртобензольной смеси	2,3 ± 0,2	1,4 ± 0,2
– в воде	4,0 ± 0,2	14,8 ± 0,2
Минеральные вещества	3,0 ± 0,5	4,4 ± 0,5

Высокое содержание целлюлозы в шелухе и соломе свидетельствует о целесообразности использования такого сырья для переработки. Однако затруднения при варке могут вызывать содержащиеся в нем минеральные вещества, препятствующие проникновению варочных реагентов внутрь лигноуглеводной матрицы и извлечение прочих компонентов. Поэтому для получения технической целлюлозы из такого сырья целесообразно использование двухступенчатой варки, где на первой стадии при обработке раствором щелочи удаляются минеральные компоненты и часть лигнина, что способствует разрыхлению структуры лигноуглеводного материала. Далее на второй ступени – при окислительно-органосольвентной варке – завершается процесс делигнификации, при этом для интенсификации процесса удаления лигнина используется дополнительный окислитель – озон.

Первая ступень варки. В ходе работы было исследовано влияние основных факторов варки – продолжительности, температуры и расхода варочного реагента – на выход волокнистого остатка, содержание в нем лигнина и минеральных веществ. В качестве реагента для проведения первой ступени щелочной варки использовали гидроксид натрия.

Серию опытов организовывали по плану полного факторного эксперимента для трехфакторного анализа [9]. Математическую обработку результатов эксперимента проводили на ПЭВМ с помощью пакета прикладных программ Statgraphics. При этом независимыми переменными факторами процесса были: продолжительность процесса (уровни варьирования: 80…120 мин); температура процесса (уровни варьирова-

ния: 60…100 °С), расход гидроксида натрия (уровни варьирования: 0,3…0,5 г/г абсолютно сухого сырья (а.с.с.). Выходными параметрами процесса являлись: выход волокнистого остатка, %; массовая доля лигнина, %, содержание минеральных компонентов (зольность), %.

После проведения расчетов были получены уравнения регрессии, описывающие ход процесса I ступени по отношению к выходным параметрам – выходу волокнистого остатка и содержанию в нем лигнина варки при принятых пределах изменения переменных факторов:

Для шелухи овса:
Выход

$$y_1 = 83,9 - 0,8x_1 - 5,7x_2 - 1,6x_3 - 1,2x_1^2 - 3,8x_2^2 - 1,3x_3^2 - 0,5x_2x_3;$$

Массовая доля лигнина

$$y_2 = 15,4 - 0,3x_1 - 0,8x_2 - 1,4x_3 + 0,9x_3^2 + 2x_2^2 + 0,3x_2x_3;$$

Зольность

$$y_3 = 0,05 + 0,01x_1 - 0,02x_2 + 0,01x_3^2 - 0,01x_1x_3 + 0,01x_1x_2 - 0,01x_3x_3.$$

Для соломы овса:
Выход

$$y_1 = 85 - 1,2x_1 - 4,5x_2 - 2,5x_3;$$

Массовая доля лигнина

$$y_2 = 16 - 0,2x_2 - 0,5x_3 + 0,8x_2^2 + 0,5x_3^2 - 0,25x_2x_3;$$

Зольность

$$y_3 = 0,05 - 0,01x_2 - 0,02x_3 + 0,01x_1^2 + 0,01x_2^2 + 0,01x_3^2 + 0,01x_2x_3.$$

На основе полученных математических моделей был проведен компьютерный расчет оптимальных условий проведения I ступени варки (табл. 2). При рассчитанных условиях были получены образцы волокнистого остатка (табл. 3).

Таблица 2

Оптимальные условия проведения I ступени варки шелухи и соломы овса

Факторы	Значения факторов	
	шелуха овса	солома овса
Продолжительность варки, мин	91	90
Температура варки, °С	78	77
Расход NaOH, г/г	0,4	0,39

Таблица 3

Результаты проведения I ступени варки при рассчитанных оптимальных условиях

Параметры	Значения параметров	
	шелуха овса	солома овса
Выход волокнистого остатка, %	84,0	85,5
Массовая доля лигнина, %	15,0	16,1
Зольность, %	0,05	0,05

Полученный при оптимальных условиях I ступени варки образец далее использовался для проведения II ступени варки.

Вторая ступень варки. Процесс удаления лигнина на II ступени варки исследовали также в зависимости от трех переменных факторов: продолжительности (уровни варьирования: 90…180 мин) и температуры варки (уровни варьирования: 80…100 °С), расхода ПУК (уровни варьирования: 0,3…0,5 г/г а.с.с.). В качестве выходных параметров приняли выход технической целлюлозы и содержание в ней лигнина. Расход озона – 0,1 г/г а.с.с. Контрольные варки проводили в тех же условиях, но без озона.

Аналогично I ступени варки были составлены уравнения регрессии и рассчитаны оптимальные условия проведения II ступени варки. В табл. 4, 5 представлены рассчитанные оптимальные условия проведения варки и параметры полученной в присутствии озона технической целлюлозы.

Проведенные расчеты показали, что при прочих равных условиях в присутствии озона содержание остаточного лигнина в технической целлюлозе ниже в 1,5 раза.

Для II ступени варки при определенных оптимальных условиях была исследована кинетика процесса с целью определения влияния на него озона. При исследовании

кинетики варочного процесса контролировали изменение концентрации основных варочных реагентов (ПУК и пероксида водорода) в течение всего процесса. Зависимость изменения концентрации ПУК и пероксида водорода от продолжительности окислительно-органосольвентной варки соломы и шелухи овса в присутствии озона представлены на рис. 2. Контрольную варку проводили без озона.

Таблица 4

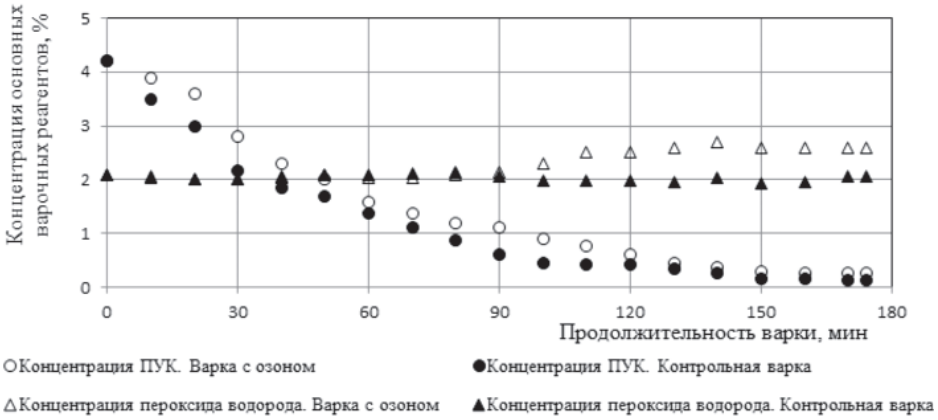
Оптимальные условия проведения II ступени варки шелухи и соломы овса

Факторы	Значения факторов			
	варка с озоном		варка без озона	
	шелуха овса	солома овса	шелуха овса	солома овса
Продолжительность варки, мин	174	136	174	136
Температура варки, °С	91	88	91	88
Расход ПУК, г/г	0,4	0,4	0,4	0,4

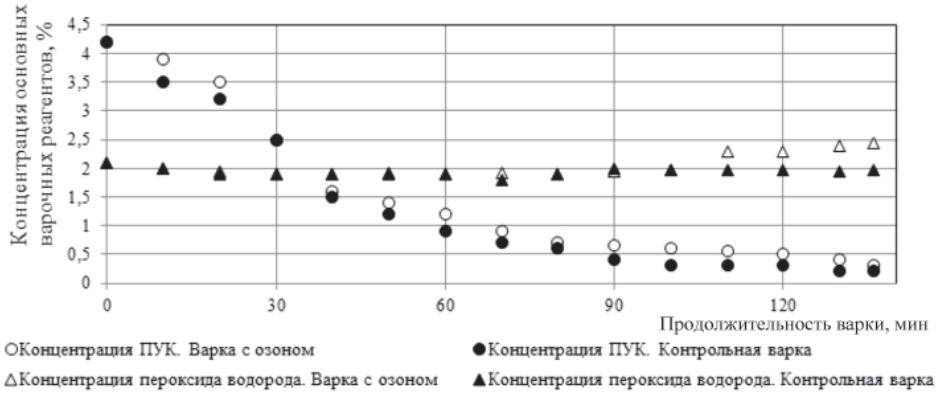
Таблица 5

Результаты проведения II ступени варки шелухи и соломы овса при рассчитанных оптимальных условиях

Параметры	Значения параметров			
	варка с озоном		варка без озона	
	шелуха овса	солома овса	шелуха овса	солома овса
Выход технической целлюлозы, %	70,0	62,8	70,0	63,0
Массовая доля лигнина, %	3,1	4,2	5,6	5,6



а



б

Рис. 2. Зависимость изменения концентрации ПУК от продолжительности II ступени варки: а – варка шелухи овса; б – варка соломы овса

Из рис. 2 видно, в процессе варки активно расходуется только ПУК, в то время как концентрация пероксида водорода не снижается, это свидетельствует о том, что основным делигнифицирующим агентом является ПУК. Снижение концентрации ПУК в первые 90 мин процесса варки, вероятно, связано с проникновением раствора внутрь растительной клетки и ее сорбированием на поверхности, а также частичным термическим разложением.

Для количественной оценки процесса расходования ПУК были определены константы скорости реакции: для шелухи овса – при варке с озоном константа скорости составила $(3{,}1 \pm 0{,}2)\ 10^{-2}\ с^{-1}$, при контрольной варке – $(3{,}8 \pm 0{,}2)\cdot 10^{-2}\ с^{-1}$; для соломы овса – при варке с озоном – $(2{,}9 \pm 0{,}2)\ 10^{-2}\ с^{-1}$, при контрольной варке – $(3{,}2 \pm 0{,}2)\ 10^{-2}\ с^{-1}$. Очевидно, что снижение скорости разложения ПУК в присутствии озона свидетельствует о том, что он в процессе варки выполняет роль стабилизатора пероксидных соединений, а также участвует в образовании ПУК. Увеличение концентрации пероксида водорода при варке в присутствии озона на 5…7% может быть связано с тем, что в присутствии озона происходит накопление пероксида в результате взаимодействия с органическими веществами, образующимися в процессе варки.

Также было исследовано влияние озона на выход технической целлюлозы и удаление лигнина на протяжении всего процесса варки (рис. 3, 4).

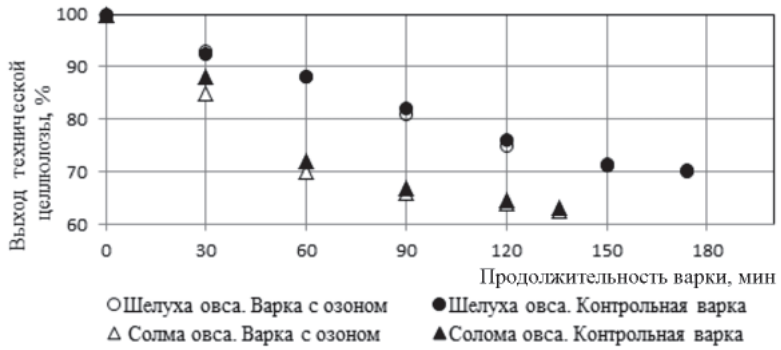


Рис. 3. Зависимость выхода технической целлюлозы от продолжительности II ступени варки

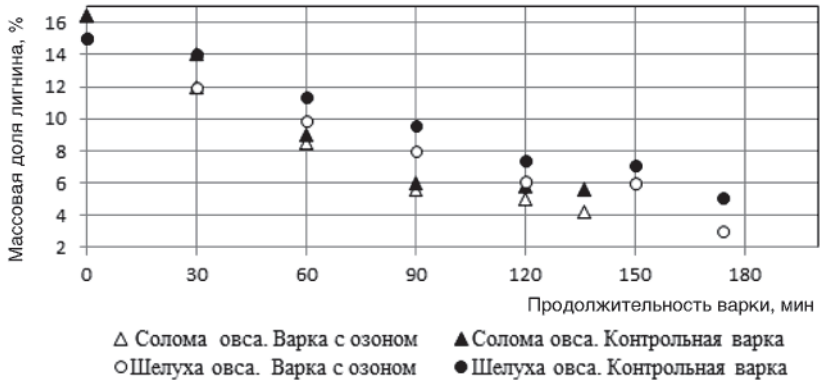


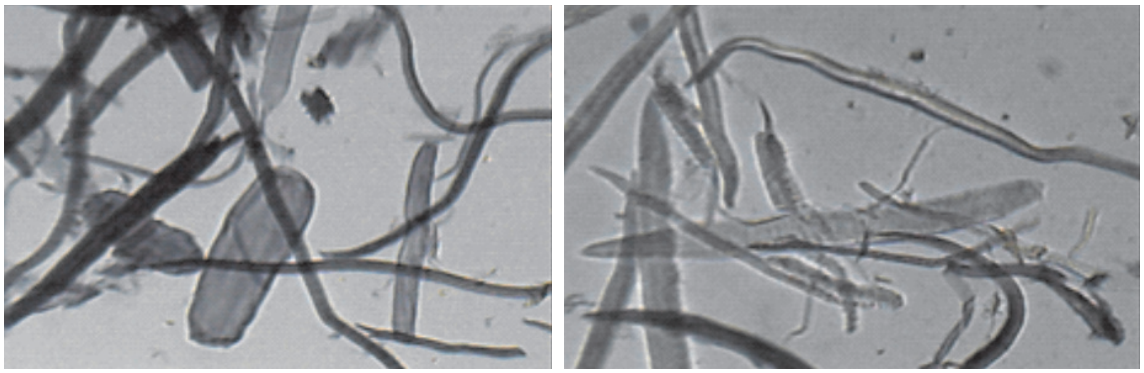
Рис. 4. Зависимость содержания лигнина в технической целлюлозе от продолжительности II ступени варки

Выход технической целлюлозы как в присутствии озона, так и без него, одинаков (в пределах погрешности эксперимента) (рис. 3). Однако количество удаленного лигнина при варке с озоном выше (рис. 4), чем при контрольной варке, это связано с тем, что в присутствии озона содержание лигнина снижается уже на стадии подъема температуры (первые 30 мин).

Анатомические элементы полученной технической целлюлозы из шелухи и соломы овса исследованы микроскопическим способом (рис. 5).

Из рис. 5 видно, что полученная техническая целлюлоза состоит из протяженных тонких, лентообразных волокон с мелкими порами и заостренными концами, также встречаются клетки эпидермиса с характерными зубчатыми краями, сохраняющимися в процессе варки.

Для полученной целлюлозы были также определены физико-химические показатели, представленные в табл. 6.



а б

Рис. 5. Анатомические элементы технической целлюлозы соломы и шелухи овса: а – солома овса (×200); б – шелуха овса (×200)

Таблица 6

Физико-химические показатели полученной технической целлюлозы

Показатели	Целлюлоза	
	шелухи овса	соломы овса
Выход целлюлозы, %	54 ± 0,2	48,3 ± 0,2
Массовая доля лигнина, % (ГОСТ 11960)	3,1 ± 0,1	4,2 ± 0,1
α-целлюлоза, %	71 ± 0,2	69 ± 0,2
Степень полимеризации (ГОСТ 9105)	1150 ± 50	1350 ± 50
Сорбционная способность по йоду, мг/г	63,0 ± 0,2	50,5 ± 0,2
Содержание карбоксильных групп, %	0,43 ± 0,1	0,42 ± 0,1
Белизна, %	94,0 ± 0,2	93,0 ± 0,2
Реверсия белизны	0,32 ± 0,1	0,41 ± 0,1

Из табл. 6 видно, что в процессе варки почти полностью сохраняется углеводная часть – общие потери от холоцеллюлозы для шелухи овса составляют 5,3 %, что свидетельствует о высокой избирательности процесса. Потеря углеводных компонентов при варке соломы овса до 28 %, видимо, связаны с окислительной деструкцией гемицеллюлоз.

Полученная техническая целлюлоза из соломы и шелухи овса обладает высокими показателями сорбционной, впитывающей способности. Высокая степень белизны полученной целлюлозы (до 94 %) после варки позволяет использовать ее в дальнейшей переработке без дополнительной отбелки. Это делает ее пригодной для получения материалов для пищевой и фармацевтической промышленности.

Выводы

1. Исследовано анатомическое строение и химический состав исходного сырья – шелухи и соломы овса. Подтверждено, что шелуха и солома овса состоит преимущественно из узких волокон типа либриформа разной длины (0,2…2,0 мм), также характерно наличие большого количества сосудов. Встречаются зубчатые волокна, скрепленные друг с другом, напоминая «пазл», сохраняющиеся и после варки.

2. Установлено, что основными факторами, влияющими на выход волокнистого остатка, содержание в нем лигнина и минеральных веществ (в порядке уменьшения их влияния) являются: продолжительность и температура варки, расход варочного реагента.

3. Определены оптимальные условия получения технической целлюлозы двухступенчатой щелочно-окислительно-органосольвентной делигнификацией недревесного растительного сырья – соломы и шелухи овса.

Для шелухи овса: – I ступень варки: продолжительность варки – 91 мин; температура варки – 78 °С; расход гидроксида натрия – 0,4 г/г а.с.с.

– II ступень варки: продолжительность варки – 174 мин; температура варки – 91 °С; расход ПУК– 0,4 г/г а.с.с.

Для соломы овса: – I ступень варки: продолжительность варки – 90 мин; температура варки – 77 °С; расход гидроксида натрия – 0,39 г/г а.с.с.

– II ступень варки: продолжительность варки – 136 мин; температура варки – 88 °С; расход ПУК – 0,4 г/г а.с.с.

4. Установлено, что полученная в процессе делигнификации техническая целлюлоза обладает высокими показателями сорбционной способности, белизны. Это позволяет рекомендовать ее к использованию в качестве ценного сырья для производства продуктов косметической, фармацевтической и пищевой промышленности.

Список литературы

1. Боголицын К.Г. Физическая химия лигнина: монография / К.Г. Боголицын, В.В. Лунин, Д.С. Косяков и др.; под ред. К.Г. Боголицына, В.В. Лунина. – М.: Изд-во «Академкнига/Учебник», 2010. – 492 с.

2. Каретников Н.В. Низкотемпературная окислительная делигнификация древесины. 10. Перуксусная варка древесины разных пород / Н.В. Каретников, Р.З. Пен, А.В. Бывшев, В.Е. Тарабанько // Химия растительного сырья. – 2002. – № 2. – С. 21–24.

3. Изучение органосольвентной варки целлюлозы в присуствии различных катализаторов / Б.Н. Кузнецов, А.А. Ефремов, С.А. Кузнецова, В.Г. Данилов, И.В. Кротова, Г.Г. Первышина // Химия растительного сырья. – 1999. – № 2. – С. 85–90.

4. Минакова А.Р. Получение целлюлозы окислительно-органосольвентным способом при переработке недревесного растительного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03. – Архангельск, 2008 – 151 с.

5. Эффективные экологически безопасные процессы химической переработки древесины в волокнистые полуфабрикаты / А.И. Михайлов, Л.Д. Каплун и др. // Российский химический журнал. – 2004. – Т. XLVIII, № 3. – С. 70–79.

6. Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М.: Лесная промышленность, 1991.

7. Способ получения целлюлозы: пат. 2321696 Российская Федерация МПК D21 C/02. / Вураско А.В.; заявитель Уральский государственный лесотехнический университет; патентообладатель Вураско А.В., Дрикер Б.Н., Мозырева Е.А., Галимова (Минакова) А.Р., заявл. 11.08.2006; опубл. 10.04.2008., Бюл. №10. – 4 с

8. Способ получения целлюлозы из соломы риса: пат. 2418122 Российская Федерация МПК C07C407/00 / Вураско А.В.; заявитель Уральский государственный лесотехнический университет; патентообладатель Вураско А.В., Дрикер Б.Н., Галимова А.Р., Мертин Э.В., Чистякова К.Н. – № 2010118642/12; заявл. 07.05.2010; опубл. 10.05.2011. Бюл. № 13 – 5 с.

9. Пен Р.З. Планирование эксперимента в Statgraphics. – Красноярск: СибГТУ – Кларетианум, 2003. – 264 с.

10. Херирт Г., Пай Е. Исследования в области органосольвентной варки. – М.: Мир, 1991. – 763 с.

References

1. Bogolicyn K.G. Fizicheskaja himija lignina: Monografija. K.G. Bogolicyn, V.V. Lunin, D.S. Kosjakov i dr.; pod red. K.G. Bogolicyna, V.V. Lunina. Moskva, izd. «Akademkniga/Uchebnik» 2010. 492 p.

2. Kuznecov B.N. Izuchenie organosol'ventnoj varki celljulozy v prisustvii razlichnyh katalizatorov. B.N. Kuznecov, A.A. Efremov, S.A. Kuznecova, V.G. Danilov, I.V. Krotova, G.G. Pervyshina – Himija rastitel'nogo syr'ja, no. 2, 1999, pp. 85–90.

3. Karetnikov N.V. Nizkotemperaturnaja okislitel'naja delignifikacija drevesiny. 10. Peruksusnaja varka drevesiny raznyh porod. N.V. Karetnikov, R.Z. Pen, A.V. Byvshev, V.E. Taraban'ko. Himija rastitel'nogo syr'ja, no. 2, 2002, pp. 21 – 24.

4. Minakova A.R. Poluchenie celljulozy okislitel'no-organosol'ventnym sposobom pri pererabotke nedrevesnogo rastitel'nogo syr'ja: Dis. kand. tehn. nauk: 05.21.03. A. R. Minakova. – Arhangel'sk. 2008 151 p.

5. Mihajlov A.I. Jeffektivnye jekologicheskibezopasnye processy himicheskoj pererabotki drevesiny v voloknistye polufabrikaty [Tekst]. A.I. Mihajlov, L.D. Kaplunidr. –Rossijskij himicheskij zhurnal, tom XLVIII, no. 3, 2004. pp. 70–79.

6. Obolenskaja A.V. Laboratornye raboty po himii drevesiny i celljulozy. A.V. Obolenskaja, Z.P. El'nickaja, A.A. Leonovich. M.: Lesnaja promyshlennost', 1991.

7. Pat. 2321696 Rossijskaja Federacija MPK D21 S/02. Sposob poluchenija celljulozy [Tekst]. Vurasko A.V.; zajavitel' Ural'skij gosudarstvennyj lesotehnicheskij universitet; patentoobladatel' Vurasko A.V., Driker B.N., Mozyreva E.A., Galimova (Minakova) A.R., zajavl.11.08.2006; opubl. 10.04.2008., Bjul. no. 10. 4 p.

8. Pat. 2418122 Rossijskaja Federacija MPK S07S407/00. Sposob poluchenija celljulozy iz solomyrisa. Vurasko A.V.; zajavitel' Ural'skij gosudarstvennyj lesotehnicheskij universitet; patentoobladatel' Vurasko A.V., Driker B.N., Galimova A.R., Mertin Je.V., Chistjakova K.N.– no. 2010118642/12; zajavl. 07.05.2010; opubl. 10.05.2011.Bjul. no. 13. 5 p.

9. Pen R.Z. Planirovaniej eksperimenta v Statgraphics. – Krasnojarsk: SibGTU Klaretianum, 2003. 264 p.

10. Herirt G., Paj E. Issledovanija v oblasti organosol'ventnoj varki [Tekst]. M.: Mir, 1991. 763 p.

Рецензенты:

Петров Л.А., д.х.н., ведущий научный сотрудник ФБУН «Институт органического синтеза им. Постовского» УрО РАН, г. Екатеринбург;

Хакимова Ф.Х., д.т.н., зав. каф. «Технология целлюлозно-бумажного производства» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.373.826

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННЫЙ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ИНЖЕКЦИОННЫЙ ЛАЗЕР-МОДУЛЯТОР ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

[1]Денисенко М.А., [1,2]Рындин Е.А., [3]Левин Д.Д.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: dema.bmfe@gmail.com;
[2]ФГБУН «Южный научный центр Российской академии наук», Ростов-на-Дону, e-mail: rynenator@gmail.com;
[3]ФГБО ВПО «Национальный исследовательский университет МИЭТ», Зеленоград, e-mail: vkn@nanotube.ru

Одним из наиболее перспективных путей построения сложных быстродействующих систем мониторинга и анализа информации в настоящее время является создание гибридных интегральных схем, сочетающих использование кремниевых технологий и материалов группы $A^{III}B^{V}$. Рассмотрен метод построения быстродействующих интегральных модулируемых источников излучения для оптической коммутации компонентов оптоэлектронных систем мониторинга параметров и состояния. Предложены принципы построения и структура интегрального инжекционного лазера с функционально интегрированным модулятором на основе управляемой передислокации максимума амплитуды волновых функций носителей заряда, обеспечивающим амплитудную модуляцию стимулированного излучения сигналами терагерцового диапазона. Представлены модель и методика моделирования быстродействующих интегральных лазеров-модуляторов для оптоэлектронных компонентов систем мониторинга и обработки информации. Обсуждаются результаты численного моделирования. Приведены рекомендации по проектированию сверхбыстродействующих интегральных систем оптической коммутации компонентов оптоэлектронных систем мониторинга.

Ключевые слова: наногетероструктура, инжекционный лазер, амплитудная модуляция, терагерцовый диапазон

FUNCTIONALY INTEGRATED HIGH-SPEED INJECTION LASER-MODULATOR FOR OPTOELECTRONIC COMPONENTS OF MONITORING SYSTEMS

[1]Denisenko M.A., [1,2]Ryndin E.A., [3]Levin D.D.

[1]Southern Federal University, Taganrog, e-mail: kb@tti.sfedu.ru;
[2]Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, e-mail: rynenator@gmail.com;
[3]National Research University of Electronic Technology MIET, Zelenograd, e-mail: vkn@nanotube.ru

One of the most promising ways of constructing complex high-speed monitoring and information analysis systems is creating a hybrid integrated circuits that combine the use of silicon technology and $A^{III}B^{V}$ materials. The method of construction of high-speed integrated light sources-modulators for optical commutation of optoelectronic monitoring systems components is presented. The principle of construction and structure of the functionally integrated injection laser and modulator based on a managed amplitude maximum of the charge carriers wave functions relocation, providing amplitude modulation of terahertz signals stimulated emission are suggested. The model and methodology for high-speed integrated laser-modulators for optoelectronic components of monitoring and processing simulation are submited. The results of numerical modeling of high-speed injection laser are discussed. The recommendations for the design of high-speed integrated optical switching systems components monitoring systems are requested.

Keywords: nanoheterostructures, injection laser, amplitude modulation, teraherz range

Оптоэлектроника как научно-техническое направление предполагает развитие целого ряда базовых технологий и главным образом технологии создания новых типов высокоэффективных полупроводниковых материалов и структур на их основе, включая квантово-размерные структуры [5, 6].

Метод построения модулируемых источников оптического излучения

Одним из наиболее перспективных путей построения сложных быстродействующих систем мониторинга и анализа информации в настоящее время является создание гибридных УБИС: отдельные ядра на кристалле, содержащие схемы обработки электронных сигналов, изготавливаются на основе кремния, а системы оптической коммутации ядер формируются на основе полупроводниковых соединений типа $A^{III}B^{V}$ и функционально интегрируются с кремниевыми ядрами в едином технологическом процессе, что обеспечивает интеграцию оптоэлектронного интерфейса для соединений между компонентами УБИС. Кроме того, оптоэлектронные компоненты могут использоваться для получения, преобразования и передачи информации непосредственно внутри систем.

Инжекционные лазеры являются важнейшими элементами интегральных оптоэлектронных информационно-измерительных систем мониторинга. В данной работе описывается структура функционально

интегрированного лазера-модулятора, обеспечивающего внутреннюю амплитудную модуляцию оптического излучения. Это устройство имеет ряд преимуществ, в частности, позволяет отказаться от использования модуляторов как отдельных устройств, кроме того, описываемые устройства значительно превосходят лазеры с модуляцией посредством управления плотностью тока накачки по быстродействию [2].

Учитывая масштабность современных исследований, направленных на создание различных по назначению систем терагерцового диапазона (в том числе и интегральных систем оптической коммутации компонентов систем мониторинга и обработки информации), повышение максимальной частоты амплитудной модуляции излучения, генерируемого интегральными инжекционными лазерами, является актуальной проблемой.

В работах [7, 9, 11] представлены результаты разработки и исследования интегральных логических элементов и коммутаторов с управляемой передислокацией максимума амплитуды волновых функций носителей заряда в связанных квантовых областях с взаимодополняющими типами проводимости на основе гетероструктур материалов группы $A^{III}B^{V}$. Показано, что использование методов зонной инженерии, принципа управляемой передислокации максимума амплитуды волновых функций носителей заряда в сочетании с принципами комплементарной логики обеспечивает сокращение минимального времени задержки интегральных элементов до значений менее 0,2 пс.

В данной работе исследуется возможность создания на основе перечисленных принципов интегральных инжекционных лазеров с функционально интегрированными амплитудными модуляторами, обеспечивающими модуляцию стимулированного излучения в терагерцовом диапазоне частот для оптической коммутации компонентов систем мониторинга и обработки информации. Областью применения таких инжекционных лазеров являются интегральные системы оптической коммутации многоядерных УБИС, телекоммуникационные и вычислительные системы, средства связи, высокочувствительные системы медицинской диагностики, системы регистрации и анализа быстропротекающих физических процессов и др.

Основными требованиями, предъявляемыми к модуляторам лазерного излучения интегральных систем оптической коммутации компонентов систем мониторинга, являются высокое быстродействие (соответствующее гигагерцовому, а в ближайшей перспективе – терагерцовому диапазону частот) и возможность изготовления в едином технологическом цикле с инжекционными лазерами и остальными компонентами систем мониторинга.

Модель функционально-интегрированных лазеров-модуляторов

Традиционно динамику функционирования инжекционных лазеров описывают уравнениями кинетики, представляющими собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Эта модель не позволяет учесть влияние пространственного распределения концентраций подвижных носителей заряда и фотонов в активной области лазера на интенсивность генерируемого стимулированного излучения [1, 4].

Учет данного фактора может быть осуществлен в процессе численного решения фундаментальной системы уравнений (ФСУ) полупроводника в диффузионно-дрейфовом приближении, однако в этом случае не учитывается влияние фотонов лазерной моды на распределение концентраций подвижных носителей, скорость излучательной рекомбинации и, как следствие, на интенсивность генерируемого излучения [3].

Особенность структуры предложенного устройства состоит в том, что в отличие от традиционных инжекционных лазеров предусмотрены два дополнительных управляющих контакта, создающих в активной области лазера-модулятора поперечное управляющее поле.

Для решения задачи моделирования инжекционных лазеров-модуляторов в данной работе используется комплексная модель, учитывающая влияние пространственного распределения концентраций электронов, дырок и фотонов в активной области лазера на интенсивность генерируемого стимулированного излучения. Разработанная модель в векторной форме в базисе переменных $\{n, p, \varphi, f\}$ для двух пространственных измерений может быть записана следующим образом:

$$\varepsilon_0 div(\varepsilon \cdot grad(\phi)) = e(n - p - N); \quad (1)$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{e} div(\overrightarrow{j_n}) + G - R; \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{1}{e} div(\overrightarrow{j_p}) + G - R; \quad (3)$$

$$\frac{df}{dt} = -\frac{f}{\tau_f} + \beta\frac{n}{\tau_S} + \alpha \cdot n \cdot f\ ; \quad (4)$$

$$\overrightarrow{j_n} = -e\mu_n n \cdot grad(\phi + V_h) + eD_n grad(n); \quad (5)$$

$$\overrightarrow{j_p} = -e\mu_p p \cdot grad(\phi - V_H) - eD_p grad(p); \quad (6)$$

$$N = N_D - N_A, \quad (7)$$

где ε_0 – электрическая постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость полупроводника; φ – электростатический потенциал; e – электростатический потенциал; n – концентрация электронов; p – концентрация дырок; N – эффективная концентрация примесей; t – время протекания процессов в активной области лазера; j_n – электронная составляющая плотности тока; j_p – дырочная составляющая плотности тока; G – скорость генерации электронно-дырочных пар в активной области; R – скорость рекомбинации электронно-дырочных пар в активной области; f – плотность фотонов в лазерной моде; τ_f – время жизни фотона в резонаторе; τ_S – время спонтанной излучательной рекомбинации; α – коэффициент оптического усиления; β – доля спонтанного излучения, попадающего в лазерную моду; μ_n – подвижность электронов; μ_p – подвижность дырок; V_h – гетероструктурный потенциал в области зоны проводимости; V_H – гетероструктурный потенциал в области валентной зоны; D_n – коэффициент диффузии электронов; D_p – коэффициент диффузии дырок; N_D – концентрация доноров; N_A – концентрация акцепторов.

Граничные условия на металлических контактах принимаются в соответствии с условиями Дирихле на свободных поверхностях гетероструктуры – Неймана.

Начальные условия определяются по результатам решения соответствующей стационарной задачи.

В виду того, что предложенная модель не учитывает квантовых эффектов в активной области структуры лазера-модулятора, была разработана методика численного моделирования, предполагающая на одном из этапов оценку быстродействия моделируемого элемента посредством численного решения нестационарного уравнения Шредингера. Основные этапы предложенной методики моделирования могут быть сформулированы следующим образом:

– на начальных этапах решается нестационарное уравнение Шредингера с целью оценки быстродействия системы с учетом квантовых эффектов. Для получения начального условия выполняется самосогласованное решение стационарного уравнения Шредингера и уравнения Пуассона;

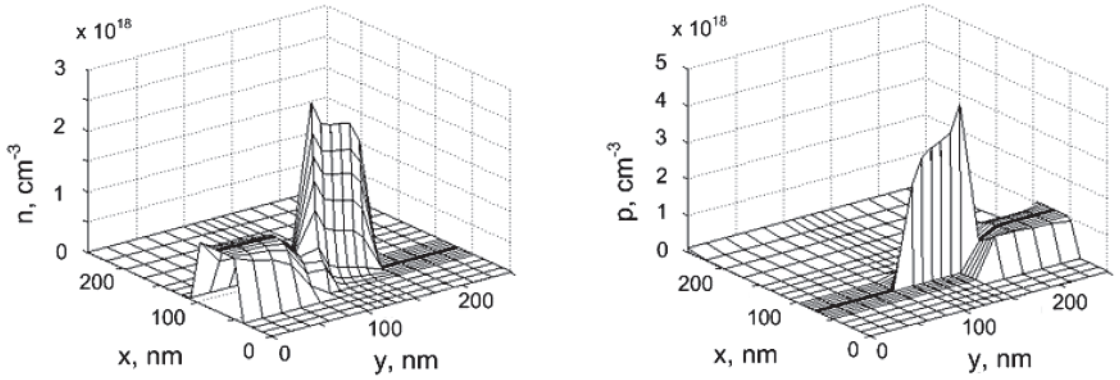
– для получения начального приближения к решению разработанной комплексной модели выполняется численное решение ФСУ полупроводника в диффузионно-дрейфовом приближении в базисе «потенциал, экспоненты квазиуровней Ферми для электронов и дырок» методом конечных разностей с использованием итерационной схемы Гуммеля в сочетании с методом продолжения решения по параметру (параметром является напряжение питания лазера);

– с использованием полученного начального приближения выполняется численное решение разработанной комплексной модели с учетом пространственного распределения концентраций электронов, дырок и фотонов методом Ньютона–Рафсона в сочетании с методом продолжения решения по параметру (параметром является управляющее напряжение);

– применение метода продолжения решения по параметру позволяет эффективно решить проблему начального приближения при моделировании режима высокого уровня инжекции, характерного для моделируемых лазеров-модуляторов, и повысить скорость сходимости вычислительного процесса [8, 10].

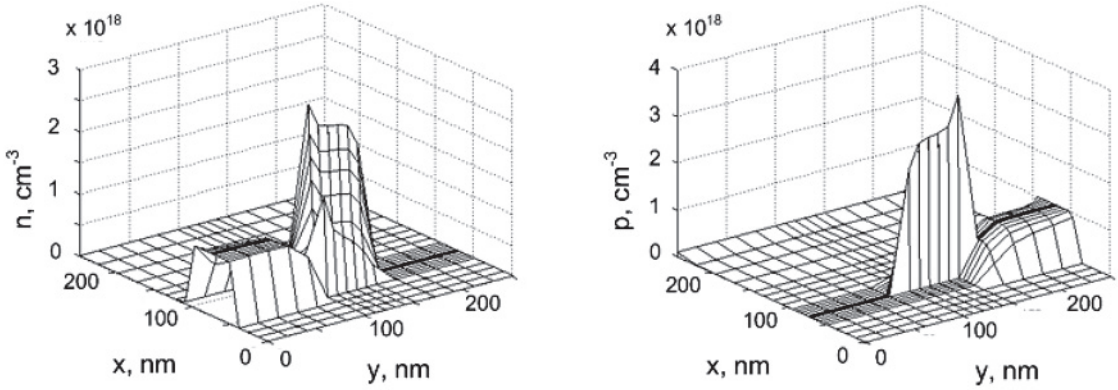
На основе предложенных моделей и методики моделирования разработаны программные средства численного моделирования функционально интегрированных лазеров-модуляторов. Отдельные результаты численного моделирования представлены на рис. 1–3.

В соответствии с полученными результатами численного решения уравнений разработанной модели управляемая поперечным электрическим полем передислокация максимумов плотности электронов и дырок в пространственно смещенных квантовых областях лазера-модулятора обеспечивает амплитудную модуляцию стимулированного излучения с коэффициентом, превышающим 0,9 при неизменном токе по цепи питания лазера.



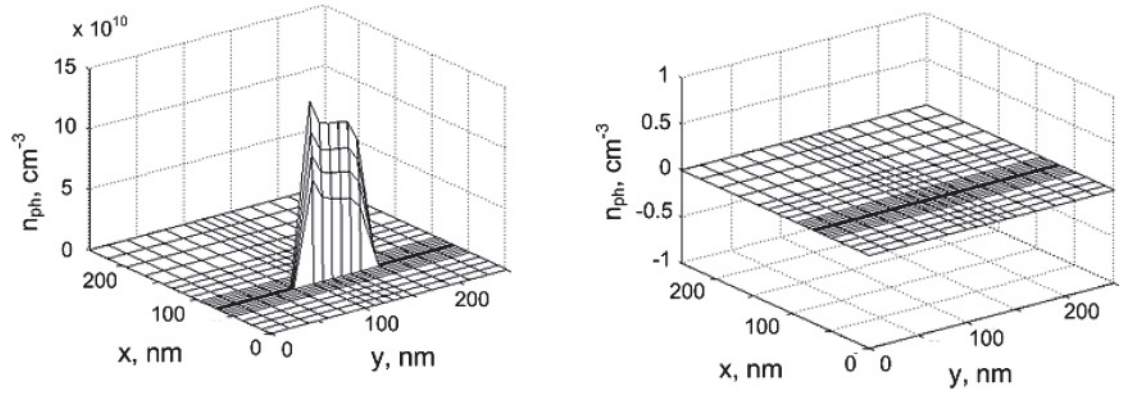
а б

Рис. 1. Распределение концентрации электронов и дырок по координатам в лазере-модуляторе в режиме лазерной генерации; а – распределение концентрации электронов по координатам; б – распределение концентрации дырок по координатам



а б

Рис. 2. Распределение концентрации электронов и дырок по координатам в лазере-модуляторе в отсутствие лазерной генерации: а – распределение концентрации электронов по координатам; б – распределение концентрации дырок по координатам



а б

Рис. 3. Распределения концентрации фотонов по координатам в лазере-модуляторе в режиме лазерной генерации: а – в режиме лазерной генерации; б – в отсутствие лазерной генерации

По результатам численного решения уравнения Шредингера показано, что время управляемой передислокации максимума амплитуды волновых функций носителей заряда в квантовых областях составляет (0,09–0,13) пс в зависимости от ширины данных областей. Таким образом, максимальная частота амплитудной модуляции стимулированного излучения в рассматриваемых интегральных системах оптической коммутации может достигать единиц ТГц.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Гос. контракт № 16.740.11.0425 от 03.12.2010, гос. соглашение № 14.A18.21.0126) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

Список литературы

1. Абрамов И.И., Харитонов В.В., Шашкова А.Г. Численное моделирование элементов интегральных схем. – Минск: Выш. шк., 1990. – 224 с.

2. Алферов Ж.И. Двойные гетероструктуры: концепция и применение в физике, электронике и технологии // Успехи физических наук. – 2002. – Т. 172, № 9. – С. 1068–1086.

3. Бондаренко Д.В. Моделирование динамического поведения инжекционного лазера при проектировании оптических систем связи // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 1999. – № 5–6. – С. 44–45.

4. Бубенников А.Н., Садовников А.Д. Физико-технологическое проектирование биполярных элементов кремниевых БИС. – М.: Радио и связь, 1991. – 288 с.

5. Ермаков О.Н. Прикладная оптоэлектроника. – М.: Техносфера, 2004. – 416 с.

6. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. – 2011. – Т. 6, № 1–2. – С. 13–23.

7. Коноплев Б.Г., Рындин Е.А. Элементная база нанокомпьютеров на основе связанных квантовых областей // Вестник Южного научного центра РАН. – 2005. – Т. 1, № 3. – С. 22–28.

8. Рындин Е.А. Разработка и исследование быстродействующих интегральных наноструктур СБИС с управляемой передислокацией максимума амплитуды волновых функций носителей заряда. – Таганрог, 2007. – С. 374–386.

9. Рындин Е.А. Сверхбыстродействующие электронные коммутаторы на основе управляемой передислокации максимума волновой функции носителей заряда // Вестник Южного научного центра РАН. – 2006. – Т. 2, № 2. – С. 8–16.

10. Inoue K., Sakaki H., Yoshino J., Hotta T. Self-consistent calculation of electronic states in AlGaAs/GaAs/AlGaAs selectively doped double heterojunction systems under electric fields // J. Appl. Phys. – 1985. – Vol. 58, no. 11. – P. 4277–4281.

11. Konoplev B.G., Ryndin E.A. A Study of the Transport of Charge Carriers in Coupled Quantum Regions // Semiconductors. – 2008. – Vol. 42, № 13. – P. 1462–1468.

References

1. Abramov I.I., Haritonov V.V., Shashkova A.G. Chislennoe modelirovanie elementov integralnyh shem // Minsk.: Vysh. shk., 1990. 224 p.

2. Alferov J.I. *Dvoynye heterostruktury: kontseptsiya I primenenie v fizike, elektronike I tekhnologii*. Uspekhi fizicheskih nauk. 2002. T. 172, no. 9. pp. 1068-1086

3. Bondarenko D.V. Modelirovanie dinamicheskogo povedeniya inzhekcionnogo lazera pri proektirovanii opticheskih sistem svyazi // Tehnologija i konstruirovanie v elektronnoi' apparature. 1999. no. 5-6. pp. 44–45.

4. Bubennikov A.N., Sadovnikov A.D. Fiziko-tekhnologicheskoe proektirovanie bipolyarnyh elementov kremnievyh BIS // M.: Radio i svjaz', 1991. 288 p.

5. Ermakov O.N. Prikladnaya optoelektronika. Moscow: Technosphere, 2004. 416 p.

6. Kovalchuk M.V. *Konvergenciya nauk i tehnologiy – proryv v buduschee.* Rossiyskie nanotehnologii. 2011. T. 6, no. 1–2. pp. 13–23.

7. Konoplev B.G., Ryndin E.A. Elementnaya baza nanokompyuterov na osnove svyazannyh kvantovyh oblastey. Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN 2005. T. 1, no. 3. pp. 22–28.

8. Ryndin E.A. Razrabotka i issledovanie bystrodeistvuyuschih integral'nyh nanostruktur SBIS s upravlyaemoi' peredislokaciei' maksimuma amplitudy volnovyh funkciy nositelei zaryada // Taganrog, 2007. pp. 374–386.

9. Ryndin E.A. Sverkhbystrodeystvuyuschie electronnye kommutatory na osnove upravlyaemoy peredislokatsii maksimuma volnovoy funktsii nositeley zaryada. Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN 2006. T. 2, no. 2. pp. 8–16.

10. Inoue K., Sakaki H., Yoshino J., Hotta T. Self-consistent calculation of electronic states in AlGaAs/GaAs/AlGaAs selectively doped double heterojunction systems under electric fields // J. Appl. Phys. 1985. Vol. 58, no. 11. pp. 4277–4281.

11. Konoplev B.G., Ryndin E.A. A Study of the Transport of Charge Carriers in Coupled Quantum Regions // Semiconductors. 2008. Vol. 42, no. 13. pp. 1462–1468.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор НОЦ «Нанотехнологии»;

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии ФГБОУ ВПО ТГПИ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 303.732.4

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Добаев А.З.

ФГБОУ ВПО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», Владикавказ, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

Работа посвящена разработке структуры системы моделирования электроэнергетических сетей и алгоритмов функционирования ее подсистем. Предлагаемые алгоритмы охватывают все этапы функционирования такой модели: построение структуры электросети, описание используемых в ней электроприемников и приборов учета, моделирование действий конечных потребителей электроэнергии, расчет электропотребления в каждой точке сети, расчет показаний приборов учета. Действия конечных потребителей моделируется на основании известного метода Монте-Карло с учетом особенностей различных типов электроприемников и суточных графиков нагрузки электрической сети. Расчет показаний приборов учета производится на основании данных о времени работы электроприемников и точках безучетного потребления (хищения) электроэнергии. Реализация предложенных алгоритмов позволит исследователю строить модели достаточно сложных электросетей, а также получить необходимый набор экспериментальных данных для дальнейшей работы.

Ключевые слова: системный анализ, электроэнергия, прибор учета, имитационное моделирование, метод Монте-Карло

METHODS OF CONSTRUCTION SIMULATION MODELS OF COMPLEX SYSTEMS BY THE EXAMPLE OF LOW-VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORKS

Dobaev A.Z.

North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy, Vladikavkaz, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

The workis devoted tothe system structuredeveloping of electric networks and algorithms of its subsystems functioning.The proposed algorithms cover all stages of thestructuring of such models: the formation of the structure of electric circuit,the description of the used power consuming and metering devices, modelingof the actions of the final consumers, thecalculation of the electricity consumption at each point, the calculation of meter readings. Actions of final consumers is modeled on thebasis of the famous Monte Carlo method, taking into consideration the featuresof different types of electrical equipment and daily load functionof the electric network.Calculation of metering devices testimony is based on the power consuming time of the electric equipment.Implementation of the proposed algorithmsallows the researcher to build rather acomplex model of electric network, aswell as to get the required set ofexperimental data for the further research.

Keywords: system analysis, electricity, metering device, simulation model, Monte Carlo method

В настоящее время широкое распространение получили автоматизированные информационно-измерительные системы контроля и учета электроэнергии (АИИСКУЭ). Это позволяет сделать вывод о том, что задача разработки интеллектуальных методов анализа данных в таких системах с целью выявления фактов безучетного потребления электроэнергии является актуальной. Однако при разработке подобных методов исследователь столкнется с определенными трудностями в сборе данных и постановке эксперимента. Наибольшую сложность составляют получение достоверных исходных данных для анализа и проверка полученных результатов. Так, для проверки корректности разработанного метода необходимо тщательно проверить не только выявленные системой возможные точки безучетного потребления, но и каждую точку сети. Число точек может измеряться сотнями и потребовать значительных трудовых и временных ресурсов [2].

Предложенные в данной работе методы позволяют построить имитационную модель, предназначенную для исследования функционирования сложной электроэнергетической сети, состоящей из узлов, на которых установлены приборы учета потребленной электроэнергии, и электроприемников, подключенных к узлам. Результатом работы модели является имитация данных, поступающих в систему АИИСКУЭ с узлов электрораспределительной сети, а также данных о реальном электропотреблении на узлах при отсутствии безучетного потребления.

Примером моделируемой сети может быть многоквартирный дом, подключенный к системе АИИСКУЭ. Узлами сети являются квартирные счетчики электроэнергии, соединенные с центральным узлом – домовым счетчиком. В каждой квартире используются осветительные приборы и различная бытовая техника. При включении в квартире какого-либо бытового прибора его электропотребление фиксирует квартирный и домовой счетчики, суммирующие потребление всех приборов на своем

уровне. В случае, когда имеет место безучетное потребление, данные квартирного счетчика могут быть искажены. Однако домовой счетчик фиксирует потребление в полном объеме. Через заданные интервалы времени (как правило час или полчаса) показания со всех счетчиков поступают в систему АИИСКУЭ, где сохраняются в базе данных и могут быть подвергнуты всестороннему анализу.

Общая схема разработанной модели представлена на рис. 1.

Рис. 1. Схема сегмента модели электросети

Входными параметрами для модели являются:

• структура электроэнергетической сети – содержит информацию об узлах сети, на которых установлены приборы учета, а также электроприемников, подключенных к каждому узлу;

• электроприемники – характеристики используемого в сети электрооборудования;

• точки безучетного потребления – описание случаев вмешательства в структуру сети, препятствующих корректной регистрации потребленной электроэнергии приборами учета;

• распределение суточной нагрузки – описание общего потребление системы в зависимости от времени суток. Может значительно отличаться для разных типов потребителей в сети (промышленные предприятия, бытовые пользователи и т.д.).

Выходными данными являются показания приборов учета, регистрируемые через заданные промежутки времени, а также данные о реальном потреблении на каждом узле сети.

Развернутая структура функционирования модели представлена на рис. 2.

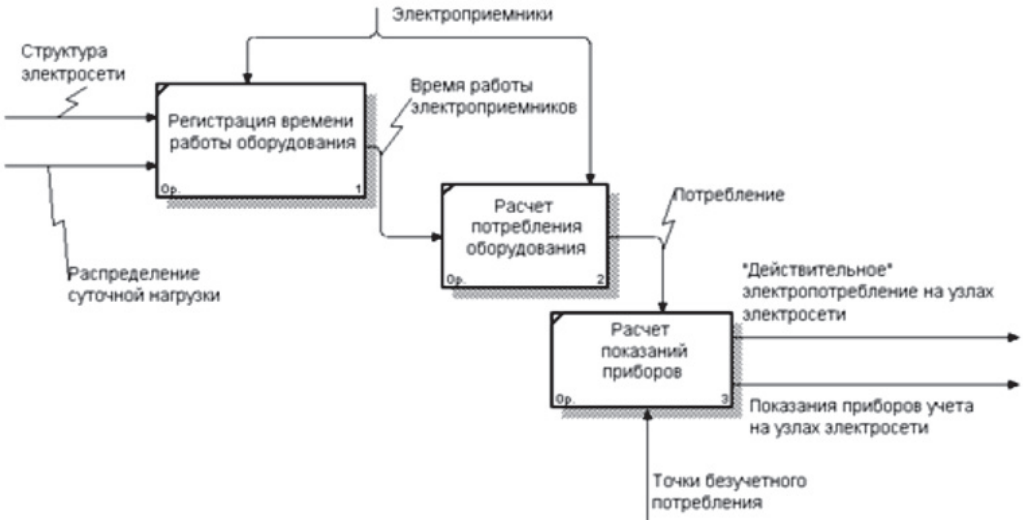


Рис. 2. Развернутая схема функционирования модели электросети

Как показано на рис. 2, работа модели состоит из трех основных этапов. На первом этапе на основании данных о структуре электроэнергетической сети и особенностей используемых в ней электроприемников производится регистрация времени работы каждого электроприемника.

На втором этапе по данным о работе электроприемников и потребляемой каждым электроприемником энергии производится расчет потребления электроэнергии

каждым электроприемником. Также на данном этапе путем суммирования рассчитывается потребление на каждом узле сети.

Полученные данные корректируются на третьем этапе с учетом данных о вмешательстве в нормальное функционирование приборов учета. Результатом являются данные о показаниях приборов учета, поступающие в систему АИИСКУЭ.

Полученные на третьем этапе данные могут быть подвергнуты анализу с помощью методов математического, статистического анализа, алгоритмов интеллектуального анализа данных и т.д. на предмет выявления точек безучетного потребления. Эффективность используемых методов может быть проверена с помощью данных, полученных на втором этапе.

Регистрация времени работы оборудования

Для построения имитационной модели электроэнергетической сети первым шагом является построение модели действий конечных потребителей электроэнергии, роль которых заключается последовательном включении или выключении оборудования, присоединенного к рассматриваемой сети.

В данном исследовании для этого был применен метод Монте-Карло, который является одним из самых распространенных методов статистических испытаний. Использование данного метода позволяет получить данные о времени работы каждого электроприемника, присоединенного к сети.

Суть метода заключается в последовательном выборе на основании таблицы распределения вероятностей и генератора случайных чисел электроприемника, который будет включен или выключен в определенный момент времени из рассматриваемого временного интервала [5]. При этом время включения и выключения электроприемников регистрируются для последующего расчета потребления электроэнергии.

При формализации модели поведения конечных потребителей электроэнергии с использованием метода Монте-Карло для облегчения ее математического описания был принят ряд допущений [3]:

1. Рассматриваемый интервал времени T, на котором проводятся испытания, представлен в виде множества более коротких непересекающихся временных отрезков t_i, равных между собой. То есть $T = \{t_1, t_2, \ldots, t_n\}$, $t_1 = t_2$, $t_1 = t_3$, …, $t_1 = t_n$.

2. Каждая единица оборудования включается или выключается в определенный интервал времени t_i.

3. Две единицы оборудования не могут быть включены или выключены в один и тот же момент времени t при условии, что точность определения момента времени t достаточно высока для этого (в общем случае, при $t_i \to 0$).

4. В целях упрощения построения модели длина интервала времени t_i, при которых выполняются предыдущие условия, принимается равной 1 секунде.

Имея в качестве исходных данных массив оборудования $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$ на основании принятых допущений можно утверждать, что в каждую секунду произойдет одно из трех событий: какое-либо оборудование будет включено, какое-либо оборудование будет выключено, состояние системы не изменится. Отсюда следует, что

$$p_0 + \sum_{i=1}^{N} p_i = 1, \quad (1)$$

где p_0 – вероятность того, что состояние системы не изменится; p_i – вероятность того, что оборудования x_i изменит свое состояние (выключенное оборудование будет включено, включенное – выключено).

В простейшем случае $p_0 = \text{const}$, а $p_i = (1 - p_0)/N$. То есть вероятности включения или выключения каждой единицы оборудования равны между собой (2).

$$\text{const} + \sum_{i=1}^{N} \frac{1 - \text{const}}{N} = 1. \quad (2)$$

Однако на практике время работы различных видов оборудования различается. Некоторые электроприемники практически всегда подключены к электросети. Другие же – включаются лишь изредка. Поэтому для каждого вида оборудования предлагается внести отдельную оценку, определяющую частоту включения той или иной единицы оборудования p_i. При этом оценка p_i должна меняться в зависимости от того, включено оборудование или выключено. В общем случае для последующего уточнения модели значение вероятности p_i может быть заменено функцией $p(x_i)$, которая в настоящее время имеет вид (3).

$$p(x_i) = \begin{cases} p_i^{\text{вкл}}, & \text{если } x_i \text{ включено} \\ p_i^{\text{выкл}}, & \text{если } x_i \text{ выключено} \end{cases}. \quad (3)$$

Алгоритм, моделирующий регистрацию включения и выключения оборудования потребителями, согласно предложенному методу Монте-Карло, представлен на рис. 3.

Работа алгоритма состоит в последовательном определении изменения состояния системы для каждого момента времени t_i, входящего в рассматриваемый интервал времени. На каждом шаге цикла алгоритма для каждого t_i выполняются следующие действия:

1. Строится таблица распределения вероятностей наступления каждого из событий. Расчет кумулятивной вероятности производится по формуле (4)

$$p_i^{\text{к}} = p_i + \sum_{j=0}^{i-1} p_j . \qquad (4)$$

В представленной табл. 1 распределения вероятностей 1 нулевому событию соответствует отсутствие изменений в системе; каждому последующему соответствует какой-либо электроприемник, который меняет свое состояние.

Таблица 1

Распределение вероятностей между событиями

Электроприемник	Вероятность, p	Кумулятивная вероятность, $p^{\text{к}}$
-	$p_0 = \text{const}$	const
x_1	$p_1 = p(x_1)$	$\text{const} + p_1$
x_2	$p_2 = p(x_2)$	$\text{const} + p_1 + p_2$
…	…	…
x_n	$p_n = p(x_n)$	1

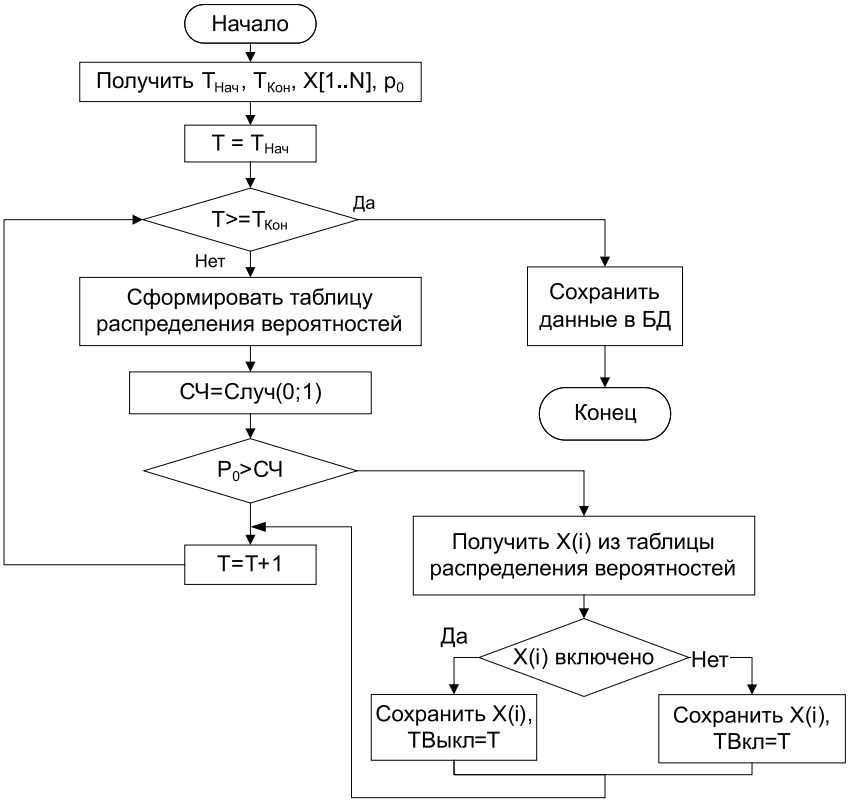


Рис. 3. Блок-схема алгоритма регистрации работы электроприемников

2. Генератором случайных чисел выбирается число СЧ в интервале [0..1] (с требуемым числом разрядов).

3. В таблице распределения вероятностей выбирается строка с минимальным значением $p^{\text{к}}$, удовлетворяющим условию $p_i^{\text{к}} > \text{СЧ}$. Электроприемник данной строки и будет использоваться в дальнейшей обработке. Если $p^{\text{к}}$ соответствует нулевому событию, то алгоритм переходит к следующей итерации цикла.

Очевидным недостатком приведенной модели является то, что она не учитывает особенности потребления электроэнергии определенной группой потребления, в частности бытовым сектором. Как было сказано выше, действия отдельного потребителя бытового сектора носят случайный характер, не позволяющий описать или спрогнозировать его поведение. Вместе с тем в действиях совокупности потребителей, как правило, можно выявить закономерно-

сти. Энергетики в своей работе используют графики распределения суточной нагрузки, которые наглядно отражает влияние времени суток на величину потребления электроэнергии [1]. Очевидно, что распределение суточной нагрузки является достаточно важным параметром любой энергетической системы и должен быть обязательно учтен в модели.

Устранение данного недостатка модели достигается заменой $p_0 = \text{const}$ на функцию $p_0 = F(t)$, где $F(t)$ – функция, обратная функции распределения суточной нагрузки. Функция принимает значения в диапазоне [0;1] и определяет уровень вероятности того, что в рассматриваемый момент времени состояние системы не изменится. Функция достигает максимального значения в моменты наиболее низкой активности потребителей (согласно графику – ночные часы) и минимального – в момент наиболее высокой активности.

Определение особенностей подключения оборудования и особенностей работы измерительных приборов

Параметры, определяющие точки вмешательства в нормальное функционирование электрической сети и приборов учета, задаются двумя матрицами

$$A = \{a_1, a_2, \ldots, a_m\}, B = \{b_1, b_2, \ldots, b_n\},$$

где $a_i = [0, 1]$, $b_i = \{0, 1\}$.

Матрица A содержит коэффициенты, определяющие, какая часть действительного потребления в данном узле сети фиксируется прибором учета. Так, коэффициент $a_i = 0{,}5$ определяет, что прибор x_i регистрирует половину действительного потребления. Значения матрицы B принимают значения 0 или 1 и определяют, регистрируется ли потребление данного электроприемника вышестоящим прибором учета.

Расчет показаний измерительных приборов

Расчет показаний измерительных приборов производится в два этапа: расчет потребления каждого электроприемника и расчет показаний приборов учета.

Расчет потребления каждой единицы оборудования, подключенного к измерительным приборам, производится для каждого интервала снятия показаний. Моделированию потребления различных видов электрооборудования посвящено множество работ, однако в рамках данного исследования точное моделирование потребления каждого вида электрооборудования не применяется, так как высокая стохастическая составляющая исследуемого процесса снижает его ценность. Таким образом, для расчета потребления была использована простейшая формула расчета с добавлением стохастической составляющей (5). В качестве исходных данных о потреблении различными видами оборудования электроэнергии используются данные из учебных пособий [4]

$$P = (P_{\text{уст}} + P_{\text{случ}}) \cdot t, \qquad (5)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность оборудования, кВт; $P_{\text{случ}}$ – мощность, рассчитываемая на основании случайной составляющей, суммируемая с мощностью, кВт; t – время работы оборудования в рассчитываемый интервал времени, ч.

Случайная составляющая задается для каждого вида электроприемника в процентах, определяет величину, на которую потребление оборудования может отклоняться от установленной мощности и рассчитывается по формуле (6):

$$P_{\text{случ}} = \frac{P_{\text{уст}} \cdot \text{СЛУЧ(ОТК)}}{100}, \qquad (6)$$

где ОТК – заданное для электроприемника отклонение от установленного (в процентах).

Время работы t за интервал $(t_1, t_2]$ рассчитывается по формуле (7):

$$t = \sum_{i=1}^{n} \left(\min\left(t_2, t_i^{\text{к}}\right) - \max\left(t_1, t_i^{\text{н}}\right) \right), \qquad (7)$$

где n – количество периодов работы электроприемников в заданном интервале; t_1, t_2 – время начала и время окончания интервала t; $t_i^{\text{к}}$, $t_i^{\text{н}}$ – время начала и время окончания работы оборудования.

Расчет показаний счетчика производится по формуле (8)

$$V = a\left(\sum_{i=1}^{n} P_i b_i + \sum_{j=1}^{m} V_j \right), \qquad (8)$$

где P_i – потребление оборудования, подключенного напрямую к измерительному прибору; b_i – коэффициент искажения для оборудования, принимает дискретные значения (0 – потребление оборудования не фиксируется измерительным прибором, 1 – потребление оборудования фиксируется измерительным прибором); a – коэффициент искажения показаний рассчитываемого измерительного прибора, принимающий значения в интервале [0; 1].

Обобщив формулы (5), (6), (7) и (8), получим общую формулу расчета показаний счетчика в указанный интервал (9)

$$V = a\left(\sum b_i P_{\text{уст},i} \left(1 - Rnd\left(\text{ОТК}_i\right) \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(\min\left(t_2, t_i^{\text{к}}\right) - \min\left(t_1, t_i^{\text{н}}\right) \right) \right) + \sum_{j=1}^{m} V_j \right). \qquad (9)$$

Преобразовав таблицу в вид, представленный ниже (табл. 2), можно получить исходные данные для исследования.

В заключение следует отметить, что реализация и использование представленных алгоритмов невозможно без использования средств вычислительной техники. Реализация модели в виде программного продукта для ЭВМ позволит создавать модели достаточно сложных электросетей предоставляя обширное поле деятельности для исследований. В настоящее время автором ведется разработка такого программного продукта, которая будет завершена в ближайшем будущем.

Таблица 2

Формат представления выходной информации модели

Период	Прибор учета № 1	Прибор учета № 2	…	Прибор учета № *N*	Сумма показаний	Корневой прибор учета	Небаланс

Список литературы

1. Большая энциклопедия нефти и газа. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ngpedia.ru/id649229p1.html (Дата обращения 14.08.2012 г.).

2. Добаев А.З. К вопросу об использовании данных АСКУЭ для разработки методов выявления безучетного потребления электроэнергии // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – Саратов, 2011. – С. 49–55.

3. Добаев А.З. Алгоритм моделирования действий бытовых потребителей электроэнергии с использованием метода Монте-Карло // Физико-математические науки и информационные технологии: прошлое, настоящее, будущее. – Новосибирск, 2012. – С. 57–63.

4. Хузмиев И.К., Пагиев К.Х., Кумаритов А.М. Учебное пособие к практическим и лабораторным занятиям «Энергоменеджмент и энергоаудит». – Владикавказ, 2004. – 392 с.

5. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Изд-во «Мир», 1978. – 418 с.

References

1. Big Encyclopedia of Oil and Gas // URL: http://www.ngpedia.ru/id649229p1.html (accessed 14 August 2012).

2. Dobaev A.Z. On the use of metering data to develop methods to identify unregistered electricity consumption // Proceedings of the International Scientific Conference, Saratov 2011, pp. 49–55.

3. Dobaev A.Z. Simulation algorithm of consumers actions using the Method of Monte Carlo // Physical and Mathematical Sciences and Information Technologies: Past, Present, Future. Novosibirsk, 2012, pp. 57–63.

4. Huzmiev I.K., Pagiev K.K., Kumaritov A.M. Study guide to practical and laboratory work on Energy management and energy audi, Vladikavkaz, 2004, 392 p.

5. Shannon R., Systems simulation – the art and science // Mir, Moscow, 1978, 418 p.

Рецензенты:

Кумаритов А.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных систем в экономике, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет), г. Владикавказ;

Хузмиев И.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой организации производства и экономики промышленности, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет), г. Владикавказ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 669.046

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ СИНТЕЗЕ СИЛИКАТНЫХ ШИХТ В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧАХ

Игнатова А.М.

ГОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: ignatovaanna2007@rambler.ru

В статье рассматривается процесс расслоения неметаллического силикатного расплава в электродуговой печи на две несмешивающиеся фазы – силикатную и металлическую. Представлены предполагаемые реакции и механизм данного явления. Предложено практическое применение данного явления в петургии – вспененный слой силикатной фазы может использоваться для изготовления пеностекла и подобного ему пористого материала, средний слой – для изготовления непосредственно каменного литья (синтетических минеральных сплавов), а подовой является готовым продуктом для получения ферросплава. Для процесса получения расплава каменного литья характерно образование большого числа вторичных соединений, этот механизм является ключевым в понимании физико-химических процессов при плавлении каменного литья. Именно благодаря их присутствию возникают условия для образования сложных минеральных фаз и объединения их в единый синтетический материал.

Ключевые слова: силикаты, неметаллические материалы, вторичная металлургия, синтетические минеральные сплавы, угольная дуга

OXIDATION – REDUCTION REACTIONS AT THE SYNTHESIS OF SILICATE CHARGE IN AN ELECTRIC ARC FURNACE

Ignatova A.M.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: ignatovaanna2007@rambler.ru

The article deals with the process of differentiation of non-metal silicate melt in an arc furnace in two immiscible phases – silicate and metal. Presents the estimated response and the mechanism of this phenomenon. Proposed a practical application of this phenomenon in petrurgii – foam layer silicate phase can be used for the manufacture of foam glass, and the like of the porous material, the middle layer for the production of stone casting itself (synthetic mineral alloys) and hearth is the finished product for ferroalloy. For the process of obtaining a melt stone casting characterized by the formation of a large number of secondary compounds, this mechanism are key to understanding the physical and chemical processes in the melting of rock casting. It is thanks to their presence there are conditions for the formation of complex mineral phases and combining them into a single synthetic material.

Keywords: silicates, non-metallic materials, secondary metallurgy, synthetic mineral alloys, carbon arc

При синтезе камнелитых материалов важнейшим аспектом, определяющим качество отливок, является кристаллизационная способность расплава и процессы, происходящие в расплаве при его выплавке. Исследователями отмечается, что помимо состава и свойств самой шихты на кристаллизационную способность положительно влияет восстановительная атмосфера плавки. Как правило, она обеспечивается использованием дуговых плавильных агрегатов с графитовым электродом и подиной. Однако физико-химические процессы, происходящие в расплаве при плавлении шихты в таких агрегатах и роль окислительно-восстановительных реакций с участием углерода электрода, до настоящего времени не были полностью изучены.

Материалы и методы исследования

Настоящая работа преследует цель сформулировать реакции и физико-химические процессы, происходящие в шихте необходимые для получения камнелитых материалов, начиная с момента нагрева и до полного расплавления в электродуговых печах с графитовым электродом.

Объектом исследования является силикатная шихта, состоящая из горнблендита (90%), хромовой руды (4%), плавикового шпата (3%) и кварцевого песка (3%), содержащая оксиды SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, $FeO + Fe_2O_3$, MnO, MgO, CaO, $K_2O + Na_2O$, Cr_2O_3, в большей степени перечисленные компоненты являются тугоплавкими, кроме того, содержатся примеси соединений серы и фосфора в незначительном количестве.

Результаты исследования и их обсуждение

В твердом состоянии шихта не является электропроводной, поэтому для начала процесса плавления в электродуговой печи расплавляется небольшое количество предварительно увлажненной шихты. Образующееся небольшое количество расплава в свою очередь является уже электропроводным, и оно используется как затравочное, то есть постепенно к нему добавляют твердую шихту, и объем расплава доводится до требуемого.

В процессе плавки и варки расплава электрод погружен в расплав. В зоне контакта электрода и расплава температура достигает максимальных значений и именно в этой зоне концентрируется основная часть процессов взаимодействия углерода и расплава.

При температуре 1000–1250 °С расплав находится в вязко-подвижном состоянии, с повышением температуры возрастает жидкотекучесть, снижается вязкость, в полной мере в состояние расплава шихта переходит при температуре 1300–1700 °С, в данном температурном интервале и протекает основная часть восстановительных и окислительных процессов при плавке.

По ранее проанализированным данным термического анализа установлено, что [3] до момента образования жидкого расплава протекает ряд твердотельных реакций при температурах 635, 833, 1113 и 1210 °С.

При температуре 635 °С разлагается диаспор (AlOOH), который как примесь присутствует в горнблендите:

$$2\mathrm{AlOOH} \rightarrow \underset{(\text{тв.})}{\mathrm{Al_2O_3}} + \mathrm{H_2O}\uparrow. \qquad (1)$$

При температуре 833 °С происходит термическое разложение актинолита и его частичное взаимодействие с графитом электрода:

$$2\mathrm{Ca_2}\underset{(\text{тв.})}{\left(\mathrm{Mg,Fe}\right)_5\mathrm{Si_8O_{22}}\left(\mathrm{OH}\right)_2} + 6\mathrm{C(эл.)} \rightarrow \underset{(\text{тв.})}{4\mathrm{CaSiO_3}} + \underset{(\text{тв.})}{5\left(\mathrm{Mg,Fe}\right)_2\left[\mathrm{SiO_4}\right]} + 2\mathrm{H_2O}\uparrow + 6\mathrm{CO_2}\uparrow. \qquad (2)$$

При температуре 1113 °С происходит расплавление роговой обманки $((Na, K)_{0\text{-}1}[(Ca, Fe^{2+}, Mn, Mg)_{2\text{-}1.34}Na_{0\text{-}0,66}](Mg, Fe^{2+}, Mn, Al, Fe^{3+}, Ti)_5 [Si_{7,5\text{-}5,3}Al_{0,5\text{-}2,7}](O, OH)_{22}(OH, F, Cl, O)_2)$, входящей в состав горнблендита.

При температуре 1210 °С образуется расплав, представляющий собой смесь молекул оксидов, а также свободных ионов кислорода, металлов и неметаллов. В результате реакций, предшествующих расплавлению, из шихты удаляются все гидроксосоединения, а также выгорает большая часть примесей.

Основным компонентом расплава является диоксид кремния, причем кремнекислородные тетраэдры в расплаве имеют тенденцию к разной форме соединения, характерной для силикатов. Поэтому характер протекающих реакций может быть различен:

$$\mathrm{SiO_{2\,ж}} + 3\mathrm{C_{эл}} = \mathrm{SiC_{тв}} + 2\mathrm{CO}\uparrow, \qquad (3)$$

$$\mathrm{SiO_{2\,ж}} + 2\mathrm{C_{эл}} = \mathrm{Si_{мет}} + 2\mathrm{CO}\uparrow, \qquad (4)$$

$$\mathrm{SiO_{2\,ж}} + \mathrm{C_{эл}} = \mathrm{SiO_{ж}} + \mathrm{CO}\uparrow. \qquad (5)$$

В результате представленных реакций вокруг электрода образуется область высокой концентрации CO, учитывая вязкость расплава, это приводит к тому, что в зоне около электрода возникает «вспененный» слой. С этого момента можно рассматривать расплав уже не как однородный, а зонированный материал.

Указанные выше реакции не являются конечными, оксид углерода взаимодействует с электродом и образуется вторичный оксид углерода:

$$\mathrm{CO_2}\uparrow + \mathrm{C_{эл}} = 2\mathrm{CO}\uparrow. \qquad (6)$$

Наличие вторичного оксида углерода предполагает постоянную и высокую концентрацию газа в верхних слоях расплава, что является фактором, поддерживающим зонированность расплава. Однако насыщение углекислым газом происходит и в нижнем слое расплава, а в присутствии углекислого газа оксид хрома, марганца и алюминия диссоциируют значительно быстрее [4], в процесс восстановления включается кислород и вторичные продукты реакций.

Рассмотрим поведение основных компонентов расплава.

Тугоплавкий оксид хрома взаимодействует с углеродом и образует небольшое количество свободного хрома и углекислый газ, практически сразу хром взаимодействует с кислородом (свободных ионов кислорода достаточно много, так как они освобождаются при диссоциации диоксида кремния) и переходит уже во вторичный оксид хрома или сразу же взаимодействует с углеродом, образуя карбид хрома. Карбид хрома взаимодействует с кислородом, образуя вновь оксид хрома (тоже вторичный) и оксид углерода, затем уже вторичный оксид хрома взаимодействует с оксидом железа (который присутствует в расплаве как продукт разложения магнетита), в результате образуется минералоподобные соединение – хромит. Разумеется, такое взаимодействие возможно при условии высоких температур и достаточной концентрации углекислого газа.

$$\mathrm{Cr_2O_{3\,тв}} + \mathrm{C_{эл}} = 2\mathrm{Cr_{тв}} + \mathrm{CO}\uparrow, \qquad (7)$$

$$7\mathrm{Cr_2O_{3\,тв}} + 27\mathrm{C_{эл}} = 2\,\mathrm{Cr_7C_{3\,тв}} + 2\mathrm{CO}\uparrow, \qquad (8)$$

$$\mathrm{Cr_2O_{3\,тв}} + \mathrm{FeO_{ж}} = \mathrm{FeCr_2O_{4\,тв.}} \qquad (9)$$

В остальной массе расплава (средняя зона) более высокая концентрация ионов кислорода, она значительно выше, чем концентрация углекислого газ в верхних слоях расплава, а также присутствует оксид кальция, а потому имеет место быть реакция, при которой образуется хроматит:

$$2\mathrm{Cr_2O_{3\,тв}} + 4\mathrm{CaO_{ж}} + 3\mathrm{O_2}\uparrow = 4\mathrm{CaCrO_4}, \qquad (10)$$

который также может разлагаться и образовывать вторичные оксиды кальция хрома,

а вот уже вторичный оксид кальция вероятно образует волластонит:

$$CaO_{ж} + SiO_{2\,ж} = CaSiO_{3\,тв} \quad (11)$$

Другой тугоплавкий компанент шихты – оксид титана. При взаимодействии с углеродом образуется новый оксид титана и углекислый газ, новый оксид титана взаимодействует с карбидом кремния, образуя вторичный диоксид кремния и опять же новый оксид титана. В итоге привзаимодействии уже со вторичным диоксидом кремния, образуется переходный оксид титана и монооксид кремния разумеется, монооксид нестабилен и, скорее всего, в результате других реакций он входит в состав других минеральных образований, как и переходный оксид титана. Ценно то, что данные оксиды не образуются в природе, а значит, физико-химические процессы при плавлении каменного литья хоть и похожи на магматические, но в целом имеют ряд весьма значимых отличий.

$$4TiO_{2\,тв} + C_{эл} = Ti_4O_{7\,тв} + CO\uparrow, \quad (12)$$

$$6Ti_4O_{7\,тв} + SiC_{тв} = 8Ti_3O_{5\,тв} + SiO_{ж} + CO\uparrow, \quad (13)$$

$$4Ti_3O_{5\,тв} + SiO_{2\,ж} = 3Ti_4O_{7\,тв} + SiO\uparrow(\text{белая дымка}). \quad (14)$$

Достаточно активно себя в расплаве ведет оксид кальция, он взаимодействует практически со всеми основными компонентами расплава, образуя комплексные соединения, которые являются будущими составляющими компонентами минеральных фаз каменного литья, например, пироксена. В частности, в результате взаимодействия с оксидом титана образуется перовскит.

$$CaO_{ж} + TiO_{2\,тв} = (CaTi)O_{3\,тв} \quad (15)$$

$$CaO_{ж} + Al_2O_{3\,тв} = Ca[Al_2O_4]_{тв} \quad (16)$$

$$CaO_{ж} + Fe_2O_{3\,тв} = Ca[Fe_2O_4]_{тв} \quad (17)$$

Определенный интерес представляет поведение оксида алюминия, пожалуй единственная реакция, в которой данный компонент участвует, – это как раз взаимодействие с оксидом кальция. Поскольку в остальных случаях оксид алюминия диссоциирует, освобожденные ионы кислорода взаимодействуют с другими свободными ионами в расплава, образуя вторичные оксиды и минеральные составляющие, а ионы алюминия изоморфно замещают ионы кремния.

Среди всех физико-химических процессов, сопутствующих плавлению шихты, для получения каменного литья следует выделить также поведение оксидов магния и марганца. Концентрация оксида магния в шихте, как правило, выше, чем оксида марганца, поэтому рассмотрим процессы, связанные с ним. При взаимодействии с углеродом электрода происходит восстановление с выделением углекислого газа. Затем восстановленный магний частично окисляется вторично, а частично вступает в реакцию с карбидом кремния, образуя силицид и карбид магния. В свою очередь карбид магния в условиях высоких температур разлагается, образуя магний и углерод, а силицид магния, взаимодействуя с волластонитом, образует диопсид. Однако это не все процессы, в которых участвует оксид магния, – помимо диопсида на его основе образуются более сложные минералоподобные соединения, например, при взаимодействии с оксидами марганца или железа (пироксены, в частности, оливин).

$$MgO_{ж} + C_{эл} = Mg_{ж} + CO\uparrow, \quad (18)$$

$$4Mg_{ж} + 2(SiC)_{тв} = 2Mg_2Si_{ж} + MgC_{2\,тв}, \quad (19)$$

$$MgC_{2тв} \rightarrow Mg_2C_{3\,тв} \rightarrow Mg_{ж} + C_{тв}, \quad (20)$$

$$Mg_2Si_{ж} + 2CaSiO_{3\,ж} = 2CaMg(Si_2O_6)_{тв}, \quad (21)$$

$$Mg_2Si_{ж} + 2MnO_{ж} + 3SiO_{2ж} + 2O_2\uparrow = 2MnMgSi_2O_{6\,тв}, \quad (22)$$

$$Mg_2Si_{ж} + Fe_2O_{3\,тв} + O_2\uparrow = (Mg, Fe)_2[SiO_4]_{тв}. \quad (23)$$

Определенная двойственность поведения в процессе плавки свойственна и оксидам калия и натрия. Данный тип оксидов активно разрушает связи между кремнекислородными тетраэдрами в процессе плавления, но при этом сами они представляют собой достаточно устойчивые соединения, при термическом разложении сразу же образуются вторичные оксиды, но некоторые ионы калия и натрия, вынесенные на поверхность, образуют пероксид, которые в свою очередь могут взаимодействовать с карбидами кремния и насыщать «вспененный» слой минералоподобными соединениями:

$$2Na_{ж} + O_2\uparrow = Na_2O_{2\,ж}, \quad (24)$$

$$SiC_{тв} + 4Na_2O_{2\,ж} = Na_2SiO_{3\,тв} + Na_2CO_{3\,ж} + 2Na_2O_{ж}. \quad (25)$$

Указанные реакции, в которых не участвует углекислый газ, протекают в так называемом нижнем слое расплава, то есть под шапкой «вспененного» слоя.

Однако зонирование расплава не ограничивается этими двумя зонами в основном слое, помимо описанных процессов также происходят реакции с участием оксидов железа, их следует рассматривать отдельно, так как в результате таких реакций образуются нехарактерные продукты.

Огненно-жидкий расплав – весьма агрессивная среда, а условия прохождения тока – агрессивные условия эксплуатации. Поэтому на определенном этапе плавки (примерно через 10–15 мин после достижения максимальной температуры) графитовый электрод начинает постепенно разрушаться, чешуйки графита отслаиваются от его поверхности и попадают в расплав. Часть твердого свободного графита участвует во вторичном окислении углекислым газом, тем самым активизирует диссоциацию, а часть взаимодействует с компонентами расплава и в значительной степени с оксидами железа. Поскольку в расплаве присутствует сразу два типа оксидов, так как их источником в расплаве является магнетит, во взаимодействии участвуют как первичные оксиды, так и вторичные, являющиеся продуктами диссоциации первичных. Кроме того, часть твердого углерода активно взаимодействует и с ионами кремния, которых достаточно много, как уже отмечалось, причина тому – нарушение кислородных связей в расплаве.

Возникают следующие процессы:

$$Fe_2O_{3\,тв} + 3C_{тв} + O_2\uparrow = 2FeO_{тв} + 3CO\uparrow, \quad (26)$$

$$FeO_{тв} + 3C_{тв} + O_2\uparrow = Fe_{мет} + 3CO\uparrow, \quad (27)$$

$$SiO_{2\,ж} + 4C_{тв} + O_2\uparrow = Si_{мет} + 4CO\uparrow. \quad (28)$$

Образуются капли расплава железа и кремния. Это является радикальным поворотом во всем процессе плавки, поскольку с этого момента в расплаве начинает формироваться *третья зона*, которая затем становится отдельной жидкой фазой. Однако рассмотрим процесс подробно.

Из теории Флемингса известно [5], что мелкодисперсные капли одной жидкой фазы в другой стремятся к консолидации. Однако Флемингс рассматривал данную теорию применительно к неметаллическим включениям в металлическом расплаве, а рассматриваемый случай – яркий пример ситуации обратной.

Итак, капли жидкого железа и кремния начинают стремится к консолидации между собой. В небольших обособленных скоплениях этих жидких капель протекает реакция, в результате которой образуется ферросилиций:

$$Fe_ж + Si_ж = FeSi_ж. \quad (29)$$

Капли образованного ферросилиция в значительной степени отличаются от камнелитого расплава по плотности, поэтому они погружаются и концентрируются на дне плавильного пространства, образуя там отдельный жидкий слой, имеющий четкие границы.

Продукты реакций не являются конечными, в дальнейшем, при снижении температуры следуют другие физико-химические процессы, отличающиеся от тех, что протекали при плавлении, однако они являются отдельным предметом изучения. Следует отметить, что при затвердевании образуются в основном 3–4 минеральные фазы сложного состава и степени упорядоченности (таблица).

Соотношение минеральных компонентов
в различных частях расплава после затвердевания

Слой расплава	Состав
«Вспененный» верхний слой	Кварц (SiO_2) – 98 % и примеси
Средний слой	Пироксен $(Ca, Fe, Mg)_2Si_2O_6$ – 80 % Анортит $(CaAl_2Si_2O_8)$ – 9 %, Кварц (SiO_2) – 8 %, Хромшпинелид $(Fe, Mg)(Cr, Al, Fe)_2O_4$) – 3 %
«Подовой» нижний металлический слой	Fe – 4,5 %; Si – 90 %; Al – 3,5 %; Mn – 2 %

Выводы

Таким образом, рассмотренные физико-химические процесс достаточно полно характеризуют начальную стадию процесса плавления камнелитых расплавов.

В расплаве можно выделить уже три характерные зоны (рисунок):

– «вспененный» верхний слой;

– средний слой;

– «подовой» нижний металлический слой.

Вспененный слой может использоваться для изготовления пеностекла и подобного ему пористого материала, средний слой – для изготовления непосредственно каменного литья, а подовой является готовым продуктом для получения ферросплава.

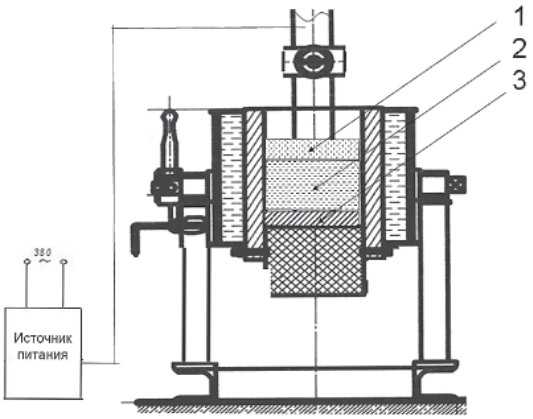


Схема строения расплава в плавильной печи: 1 – «вспененный» верхний слой; 2 – средний слой; 3 – «подовой» нижний металлический слой

Для процесса получения расплава каменного литья характерно образование большого числа вторичных соединений, этот механизм является ключевым в понимании физико-химических процессов при плавлении каменного литья. Именно благодаря их присутствию возникают условия для образования сложных минеральных фаз и объединения их в единый синтетический материал.

Список литературы

1. Арсентьев П.П., Коледов Л.А. Металлические расплавы и их свойства. – М.: Металлургиздат,1976. – 345 с.

2. Бражкин В.В., Ляпин А.Г. Универсальный рост вязкости металлических расплавов в мегабарном диапазоне давлений: стеклообразное состояние внутреннего ядра Земли // Успехи физичских наук. – 2000. – № 5, Т. 170 – С. 536–551.

3. Игнатова А.М., Чернов В.П. Определение кристаллитности и аморфности в структуре горнблендитового каменного литья // Фундаментальное и прикладное материаловедение: тр. VI международной научной школы-конференции. – Барнаул, 2009. – С. 175–178.

4. Лебедев Е.Б., Хитаров Н.И. Физические свойства магматических расплавов. – М.: Наука, 1979. – 200 с.

5. Bowen N.L. Crystallization Differentiation in Silicate Liquids//Am. J. Sci.. – 1915. – № 39. – P. 175–191.

References

1. Arsent’ev P.P., Koledov L.A. Metallicheskie rasplavy i ih svojstva. – M.: Metallurgizdat,1976. – 345 p.

2. Brazhkin V.V., Ljapin A.G. Universal’nyj rost vjazkosti metallicheskih rasplavov v megabarnom diapazone davlenij: stekloobraznoe sostojanie vnutrennego jadra Zemli // Uspehi fizicheskih nauk. 2000. no. 5, t.170 pp. 536–551.

3. Ignatova A.M., Chernov V.P. Opredelenii kristallitnosti i amorfnosti v strukture gornblenditovogo kamennogo lit’ja // Tr. VI mezhdunarodnoj nauchnoj shkoly-konferencii «Fundamental’noe i prikladnoe materialovedenie». – Barnaul, 2009. pp. 175–178.

4. Lebedev E.B., Hitarov N.I. Fizicheskie svojstva magmaticheskih rasplavov. M.: Nauka, 1979. 200 p.

5. Bowen N.L. Crystallization Differentiation in Silicate Liquids // Am. J. Sci. 1915. no. 39. – pp. 175–191.

Рецензенты:

Беленький В.Я., д.т.н., профессор, зам. директора Западно-Уральского аттестационного центра, г. Пермь;

Кривоносова Е.А., д.т.н., профессор, ведущий специалист, Западно-Уральский аттестационный центр, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 620.179.119

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ, ИНИЦИИРОВАННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ

[1]Исаева А.С., [1,2]Рындин, Е.А., [3]Рыжук Р.В.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: isaevaas@gmail.com;
[2]ФГБУН «Южный научный центр Российской академии наук», Ростов-на-Дону, e-mail: rynenator@gmail.com;
[3]ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ», Москва, e-mail: ryzhuk-rom@yandex.ru

Применение механолюминесцентных материалов является важным направлением разработки методов неразрушающего контроля. Предложена математическая модель, связывающая величины механических напряжений в механолюминесцентном материале с параметрами инициирующего лазерного импульса для целей неразрушающего контроля. В математической модели используются уравнения теплопроводности и термоупругости, которые решаются численно с применением метода конечных разностей. Получены нестационарные распределения по координатам температур и компонент тензора напряжений в тонкой пленке механолюминофора ZnS, при длительности лазерных импульсов 1 мс для равномерного и гауссовского распределений плотности мощности по площади сечения лазерного луча. Поскольку экспериментально механолюминесценция, как правило, генерируется лазерными импульсами, разработанная модель позволяет достичь более эффективного применения экспериментальных данных для разработки систем мониторинга дефектов на основе явления механолюминесценции.

Ключевые слова: модель, метод, механолюминесценция, неразрушающий контроль

THE MATHEMATICAL MODEL OF STRESSES INITIATED BY LASER PULSE

[1]Isaeva A.S., [1,2]Ryndin E.A., [3]Ryzhuk R.V.

[1]Southern Federal University, Taganrog, e-mail: isaevaas@gmail.com;
[2]Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, e-mail: rynenator@gmail.com;
[3]National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, e-mail: ryzhuk-rom@yandex.ru

Triboluminescent materials application is an important area of nondestructive testing methods development. The mathematical model that sets a correlation between stresses on the triboluminescent material and parameters of initiating laser pulse for the purpose of nondestructive testing is proposed. The heat equation and thermoelasticity equation are used in this model. Both equations are solved numerically with using finite differences method. The thermoelasticity equation was solved in two dimensions, heat equation was solved in three dimensions and then converted into a two dimension temperature distribution. Nonstationary of temperature and stress tensor components for thin film triboluminescent material (ZnS), irradiated by laser pulse are obtained. Solutions are got both for uniform and Gauss distributions of power density of laser ray. The mathematical model could be useful in field of defect monitoring system development.

Keywords: model, method, triboluminescence, nondestructive testing

Методы неразрушающего контроля (НК) основаны на регистрации изменений физических параметров материала, из которого изготовлен диагностируемый элемент конструкции или деталь, вследствие воздействия на него неблагоприятных внешних факторов. Расширение спектра методов НК, таким образом, должно производиться за счет исследования новых физических явлений в различных материалах, возникающих при деформировании.

Многообещающими в этом отношении являются механолюминесцентные материалы. Анализ литературы по данной тематике показывает недостаточное число прикладных исследований механолюминесцентных материалов с целью разработки методов НК, в то время как в работах [5, 6, 8, 9] обозначается перспективность данного направления.

Построение математических моделей излучения для различных механолюминесцентных материалов, а также определение закономерностей формирования выходных оптических сигналов чувствительных элементов на основе механолюминесцентных материалов в зависимости от входных воздействий, вызывающих дефекты, являются необходимыми этапами разработки соответствующих систем мониторинга дефектов.

Математическая модель механических напряжений

Приведенная в работе [8] математическая модель механолюминесцентного внутрицентрового излучения цинксульфидных порошковых люминофоров не всегда может быть применена при разработке систем мониторинга, поскольку содержит большое количество несправочных величин и свя-

зывает поток излучения при механолюминесценции только с деформационными напряжениями в материале. В то же время экспериментально механолюминесценция, как правило, генерируется путем воздействия на материал лазерного импульса малой длительности (10^{-6}–10^{-3} с) и радиуса [1, 4, 7] и, следовательно, величина напряжения в материале не следует явно из экспериментальных данных. Таким образом, разработка математической модели, связывающей величины механических напряжений в материале с параметрами инициирующего лазерного импульса, является актуальной задачей.

Для решения этой задачи в данной работе предложена модель, включающая нестационарное уравнение теплопроводности, описывающее распределение температуры в объекте исследования под воздействием лазерного импульса, и уравнения термоупругости [3], позволяющие определить механические напряжения, возникающие вследствие теплового воздействия:

$$\begin{cases} \rho c \dfrac{\partial T}{\partial t} = -\nabla\left(\lambda_q \nabla T\right) = f\left(x, y, z\right) = 0; & (1) \\ \nabla^2\left(\sigma_{xx} + \sigma_{yy}\right) + E\alpha_T \nabla^2\left(T - T_0\right) = 0; & (2) \\ \dfrac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} = 0; & (3) \\ \dfrac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} = 0, & (4) \end{cases}$$

где ρ – плотность материала; c – удельная теплоемкость; λ_q – коэффициент теплопроводности; T – абсолютная температура; t – время; x, y, z – координаты; $f(x, y, z)$ – функция плотности мощности источников тепла; E – модуль Юнга; α_T – коэффициент линейного теплового расширения; σ_{xx}, σ_{xy}, σ_{yy} – компоненты тензора напряжения; T_0 – начальная температура тела.

Уравнения (1)–(4) решались для граничных условий:

$$T\Big|_{x,y,z\max} = T\Big|_{x,y\min,z} = T\Big|_{x,y\max,z} = T\Big|_{x\min,y,z} = T\Big|_{x\max,y,z} = T_0; \quad (5)$$

$$\left.\frac{\partial T}{\partial t}\right|_{x,y,\,z\min} = 0; \quad (6)$$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial T}{\partial t} = -\dfrac{4E_L}{\pi D^2 \tau \lambda_q}; \\ x^2 + y^2 \le D^2/4; \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{xx}\Big|_{x,y\min} = \sigma_{xx}\Big|_{x,y\max} = \sigma_{xx}\Big|_{x\min,y} = \sigma_{xx}\Big|_{x\max,y} = 0; \\ \sigma_{yy}\Big|_{x,y\min} = \sigma_{yy}\Big|_{x,y\max} = \sigma_{yy}\Big|_{x\min,y} = \sigma_{yy}\Big|_{x\max,y} = 0, \end{aligned} \quad (8)$$

где D – диаметр лазерного пучка в месте его падения на пластину; E_L – энергия лазерного импульса; τ – длительность лазерного импульса.

Лазерный импульс воздействует на малую площадь поверхности тела $S = \pi D2/4$ (рис. 1).

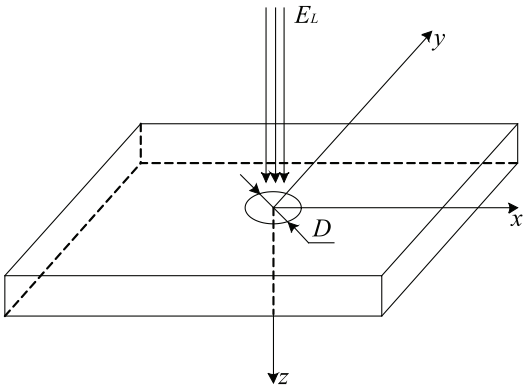


Рис. 1. Область воздействия лазерного импульса

В случае равномерного распределения плотности мощности по площади сечения лазерного луча задаются граничные условия второго рода (7).

Распределение интенсивности лазерного импульса в пучке, как правило, соответствует нормальному закону распределения Гаусса [2]. Для лучшей корреляции с экспериментальными данными следует задать для области воздействия лазерного импульса следующие граничные условия второго рода:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial T}{\partial t} = -\dfrac{4E_L}{\pi D^2 \tau \lambda_q} \exp -\left(\dfrac{8(x^2 + y^2)}{D^2}\right); \\ x^2 + y^2 \le D^2/4. \end{cases} \quad (9)$$

В общем случае задачи тепропроводности и термоупругости решаются для трех измерений, но с учетом того, что объектом

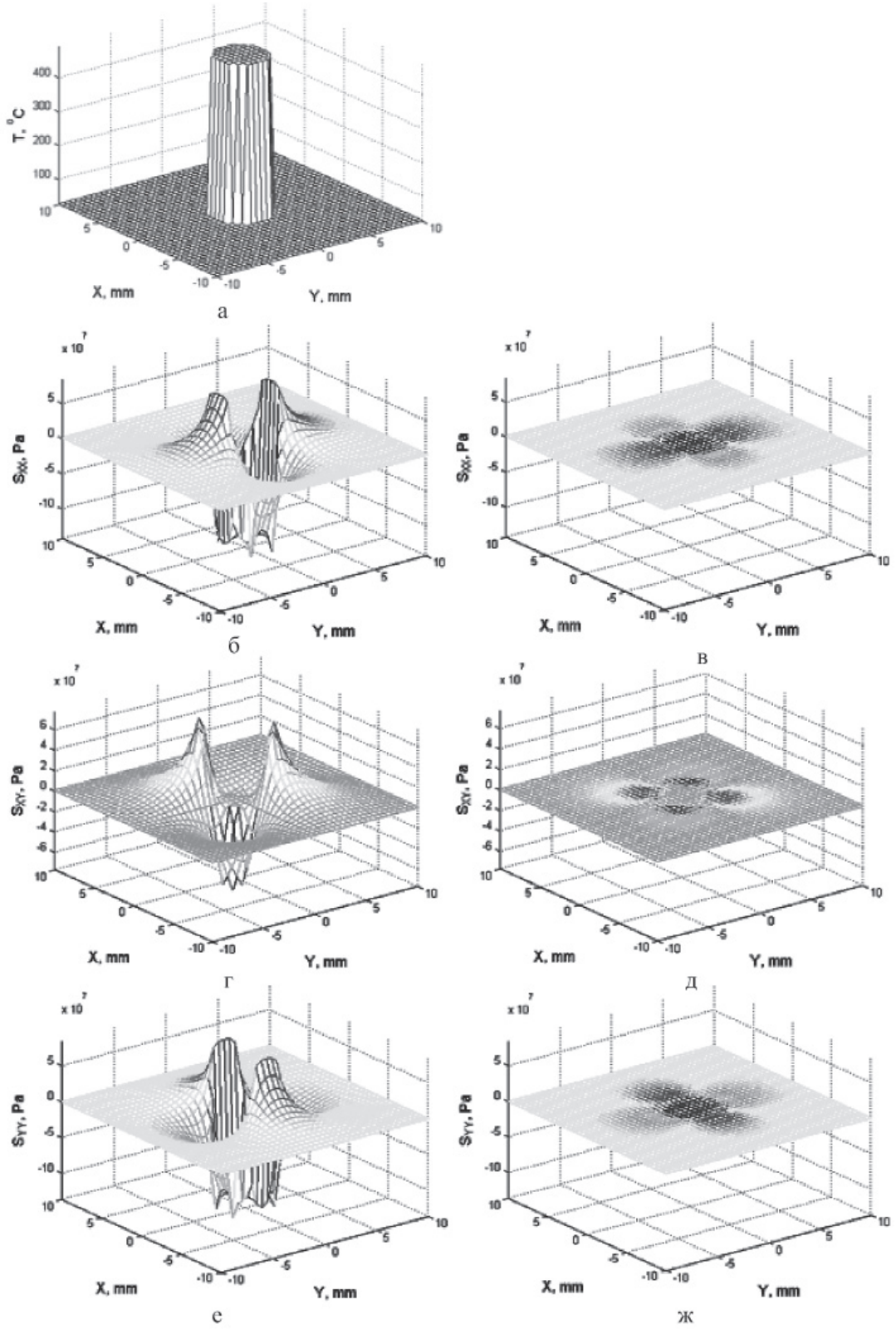


Рис. 2. Распределение по координатам температуры и напряжений на поверхности пластины для равномерного распределения плотности мощности по площади сечения лазерного луча: а – распределение температуры в момент прекращения действия лазерного импульса; б, г, е – распределение напряжений σ_{xx}, σ_{xy}, σ_{xz} в пластине в момент прекращения действия лазерного импульса соответственно; в, д, ж – распределение напряжений в σ_{xx}, σ_{xy}, σ_{xz} пластине спустя 1 мс после прекращения действия лазерного импульса соответственно

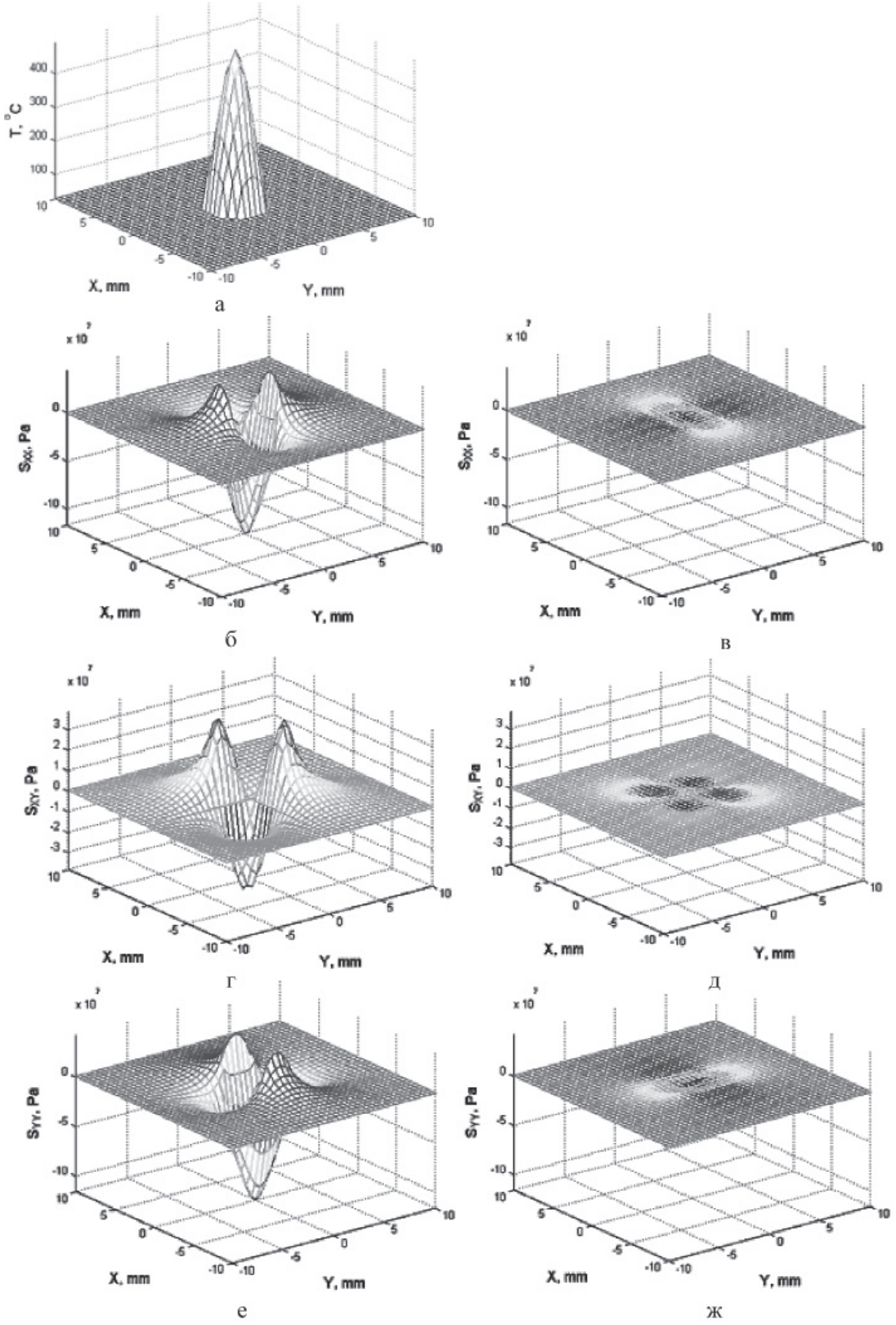


Рис. 3. Распределение по координатам температуры и напряжений на поверхности пластины для гауссовского распределения плотности мощности по площади сечения лазерного луча: а – распределение температуры в момент прекращения действия лазерного импульса; б, г, е – распределение напряжений σ_{xx}, σ_{xy}, σ_{xz} в пластине в момент прекращения действия лазерного импульса соответственно; в, д, ж – распределение напряжений в σ_{xx}, σ_{xy}, σ_{xz} пластине спустя 1 мс после прекращения действия лазерного импульса соответственно

исследования является тонкая пленка или пластина, целесообразно решать задачу термоупругости для двух измерений (x, y), а уравнение теплопроводности для трех измерений с последующим преобразованием в двумерное распределение температуры в соответствии с выражением:

$$T(x,y,t) = \max\left(T(x,y,z,t)\right). \quad (10)$$

Задача распределения температуры в пластине решается в трех измерениях, поскольку для двух измерений тепловой поток лазерного излучения может быть задан лишь как эквивалентный внутренний источник тепла, что может оказаться некорректным. Полученные в результате решения уравнения теплопроводности нестационарные распределения температуры использовались для последующего решения уравнения термоупругости.

Система (1)–(10) решалась численно с использованием метода конечных разностей.

Учет в граничных условиях задачи процессов конвекции и лучистого обмена не составляет значительной вычислительной сложности, однако в данной работе эти процессы не учитывались исходя из следующих соображений:

- для изучения процесса механолюминесценции существенное значение имеют напряженные состояния на малом отрезке времени, недостаточном для релаксации материала, и, следовательно, потери тепла за счет конвективного теплообмена не будут заметно влиять на погрешность решения;
- значительному нагреву подвергается слишком малая площадь поверхности материала, чтобы потери тепла посредством лучистого обмена заметно повлияли на погрешность решения на рассматриваемом малом отрезке времени.

По результатам проведенных вычислений непосредственное решение системы уравнений (1)–(10) приводит к неадекватным результатам вне зависимости от метода дискретизации уравнений первого порядка (3) и (4). С целью решения данной проблемы уравнения (3) и (4) системы (1)–(10) были приведены посредством дополнительного дифференцирования к виду:

$$\frac{\partial^2 \sigma_{xx}}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \sigma_{yy}}{\partial y^2} = 0; \quad (11)$$

$$\nabla^2 \sigma_{xy} = -\frac{\partial^2 \sigma_{xx}}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 \sigma_{yy}}{\partial x \partial y}. \quad (12)$$

Численное решение системы уравнений (1), (2), (5)–(12) выполнялось для исходных данных, соответствующих сульфиду цинка, обладающему механолюминесцентными свойствами.

Результаты моделирования

На рис. 2–3 приведены распределения по координатам температур и компонент тензора напряжений σ_{xx}, σ_{xy}, σ_{yy} в различные моменты времени, полученные из решения системы (1), (2), (5)–(12) при длительности лазерных импульсов 1 мс для равномерного и гауссовского распределений плотности мощности по площади сечения лазерного луча.

Заключение

Разработанная модель позволяет получить нестационарные распределения температур и компонент тензора механических напряжений в зависимости от параметров лазерных импульсов, что обеспечит эффективное применение экспериментальных данных для разработки систем мониторинга дефектов на основе явления механолюминесценции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Гос. контракт № 16.740.11.0425 от 03.12.2010, гос. соглашение № 14.A18.21.0126) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Банишев А.Ф., Большухин В.А., Азаров А.Д. Механолюминесценция мелкодисперсного порошкообразного твердого раствора SrAl2O4:(Eu2 + ,Dy3 +), возбуждаемая воздействием лазерных импульсов // Физика и химия обработки материалов. – 2008. – № 3. – С. 24–27.

2. Глушков А.А., Простакишин А.С., Слюсарева Е.А., Сизых А.Г. Влияние пространственного распределения интенсивности лазерного излучения на кинетику фотообесцвечивания красителя в полимерной матрице // Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics. – 2012. – № 5(1). – С. 57–62.

3. Коваленко А.Д. Основы термоупругости. – Киев: Наукова Думка, 1970. – С. 43–48.

4. Коршунов В.В., Сенчуков Ф.Д., Шмурак С.З. Исследование временных характеристик деформационной люминесценции // Письма в ЖЭТФ. – 1971. – Т. 13. – С. 408–412.

5. Макарова Н.Ю. Интеллектуальные композиционные панели со встроенными механолюминесцентными датчиками давления // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: тезисы Всеросийской научн.-практ, конференции. – Красноярск, 2005. – С. 65–66.

6. Система мониторинга напряженно-деформированного состояния крыльев самолета / Н.Ю. Макарова, А.Г. Спажакин, П.П. Корнилов, Ю.С. Клименко, Р.А. Скорняков // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: тезисы Всероссийской научн.-практ. конференции. – Красноярск, 2005. – С. 67–68.

7. Исследование центров люминесценции, обязанных присутствию меди и цинка в ZnSe / Н.К. Морозова, И.А. Каретников, В.В. Блинов, Е.М. Гаврищук // Физика и техника полупроводников. – 2001. – Т. 35, Вып. 1. – С. 25–33.

8. Татмышевский К.В. Механолюминесцентные (светогенерационные) сенсорные элементы для современных информационно-измерительных технологий // Микросистемная техника. – 2004. – № 12. – С. 4–10.

9. Татмышевский К.В. Научные основы расчета и проектирования механолюминесцентных чувствительных элементов датчиков импульсного давления: дис. ... д-ра тех. наук. – Владимир, 2009. – С. 46.

References

1. Banishev A.F., Bolshukhin V.A., Azarov A.D. *Fizika i khimiya obrabotki materialov*. 2008. no 3, pp. 24–27.

2. Glushkov A.A., Prostakishin A.S., Slyusareva E.A., Sizykh A.G. *Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics*. 2012. no 5(1), pp. 57–62.

3. Kovalenko A.D. *Osnovy termouprugosti* [The fundamentals of termoelasticity]. Kiev, Naukova Dumka, 1970, pp. 43–48.

4. Korshunov V.V., Senchukov F.D., Shmurak S.Z. *Pisma v ZHETF* (JETP Letters) 1971. t. 13, pp. 408–412.

5. Makarova N.Y. *Tezisy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii Aktualnye problemy aviacii i kosmonavtiki* (The actual problems of aviation and astronautics) Krasnoyarsk 2005, pp. 65–66.

6. Makarova N.Y., Sparzhakin A.G., Kornilov P.P., Klimenko Y.S., Skornyakov R.A. *Tezisy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii Aktualnye problemy aviacii i kosmonavtiki* (The actual problems of aviation and astronautics) Krasnoyarsk 2005, pp. 67–68.

7. Morozova N.K., Karetnikov I.A., Blinov V.V., Gavrischuk E.M. *Fizika I tekhnika poluprovodnikov*. 2001. T. 35, no. 1, pp. 25–33.

8. Tatmyshevsky K.V. *Mikrosistemnaya tekhnika*. 2004. no 12, pp. 4–10.

9. Tatmyshevsky K.V. Nauchnye osnovy rascheta I proektirovaniya mehanolyuminescentnyh chuvstvitelnykh elementov datchikov impulsnogo davleniya. Vladimir, 2009, pp. 46.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор НОЦ «Нанотехнологии»;

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии ФГБОУ ВПО ТГПИ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.382

СУБМИКРОННОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖЕК КРЕМНИЯ МЕТОДОМ ФОКУСИРОВАННЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ

[1]Коломийцев А.С., [1]Громов А.Л., [1]Ильин О.И., [1]Лисицын С.А., [2]Катханов Б.С.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: alexey.kolomiytsev@gmail.com;

[2]ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: kathanov@rambler.ru

В работе проведены экспериментальные исследования технологических режимов субмикронного структурирования поверхности кремниевой подложки методом фокусированных ионных пучков с использованием растровых графических шаблонов. Рассмотрены основные способы формирования растровых шаблонов в методе фокусированных ионных пучков. Установлены закономерности влияния параметров шаблона, сформированного при помощи специализированного программного продукта Unigen, и режимов травления на точность воспроизведения смоделированного профиля на подложку. Сформированы и исследованы методом атомно-силовой микроскопии экспериментальные образцы наноразмерных структур. На основании полученных результатов произведена корректировка моделей и алгоритмов, используемых для генерации шаблонов в программе Unigen. Полученные результаты могут быть использованы при формировании наноразмерных структур и разработке технологических процессов изготовления перспективной элементной базы наноэлектроники и наносистемной техники.

Ключевые слова: нанотехнологии, фокусированные ионные пучки, атомно-силовая микроскопия, растровые шаблоны, субмикронное структурирование

SUBMICRON STRUCTURING OF SILICON SUBSTRATE USING FOCUSED ION BEAMS

[1]Kolomiytsev A.S., [1]Gromov A.L.,[1]Ilin O.I., [1]Lisitsyn S.A., [2]Kathanov B.S.

[1]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Southern Federal University», Rostov-on-Don, e-mail: alexey.kolomiytsev@gmail.com;

[2]Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, e-mail: kathanov@rambler.ru

In experimental studies of technological modes of silicon substrate surface submicron structuring by focused ion beams using a raster pattern. The key methods for forming raster pattern in the method of focused ion beams. The regularities of the influence of template parameters, formed by specialized software Unigen, and modes of milling accuracy simulated profile on the substrate. Formed and analyzed by atomic force microscopy experimental models of nanoscale structures. Based on these results readjusted models and algorithms used to generate patterns in the program Unigen. The results can be used in the formation of nanoscale structures and the development of manufacturing processes perspective element base nanoelectronics and nanosystem technology.

Keywords: nanotechnology, focused ion beams, atomic force microscopy, raster patterns, submicron structuring

Технология формирования устройств наноэлектроники и наносистемной техники неразрывно связана с формированием на поверхности твердого тела субмикронного профиля различной конфигурации. Конструкции перспективных приборов зачастую предусматривают создание сложных наноразмерных 3D-структур и их прецизионную локализацию на подложке. Применение традиционных методов оптической литографии ограничено дифракционным пределом разрешения и необходимостью использования операций жидкостного или плазменного травления, что сужает возможности технологии и не всегда позволяет решать задачи создания современных устройств с нанометровыми размерами [5].

В настоящее время одним из наиболее перспективных и динамично развивающихся методов субмикронного структурирования поверхности твердого тела является метод фокусированных ионных пучков (ФИП) [6–8].

Несмотря на многочисленные достоинства метода ФИП [8], ионно-лучевое субмикронное профилирование сопряжено с трудностями, связанными с отсутствием средств эффективной генерации растровых графических файлов, используемых в качестве шаблонов, которые определяют размеры, форму и расположение формируемых на положке структур, а также сложностью выбора режимов воздействия, обеспечивающих наибольшую точность формирования профиля [9].

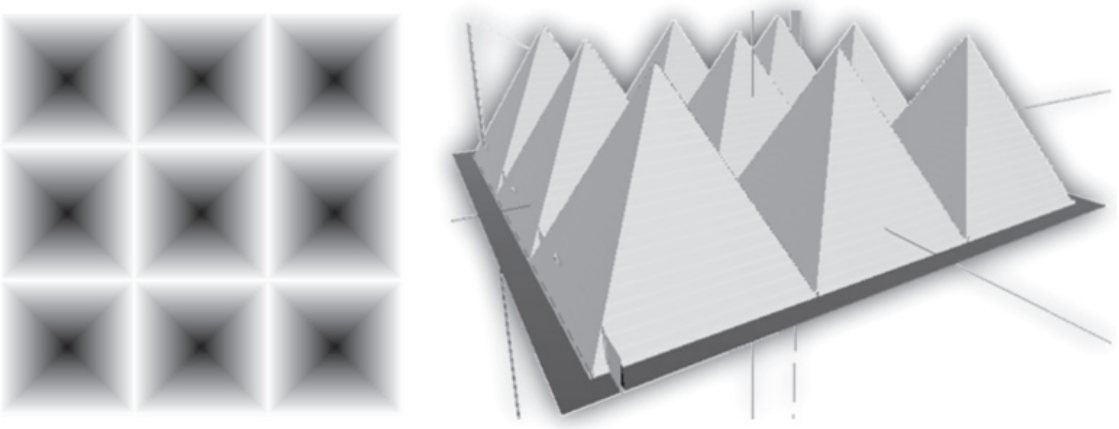
Целью данной работы является исследование процессов безмасочного субмикронного структурирования поверхности подложки кремния методом фокусированных ионных пучков с использованием растровых графических шаблонов.

В НОЦ «Нанотехнологии» Южного федерального университета для эффективного формирования структур методом ФИП был разработан пакет прикладных программ Unigen, позволяющий генерировать растро-

вые графические шаблоны в форматах *.bmp и ASCII для безмасочного структурирования подложки фокусированным ионным пучком с учетом особенностей взаимодействия ионов с поверхностью твердого тела, размерных эффектов, закономерностей переосаждения распыленного материала, и дающий возможность мультиплицирования рисунка по заданной области подложки.

Экспериментальные исследования в данной работе производились с использованием растрового электронного микроскопа с колонной ФИП Nova NanoLab 600, сконфигурированного для решения технологических задач (FEI Company, Нидерланды), а также модуля ФИП многофункционального сверхвысоковакуумного нанотехнологического комплекса НАНОФАБ НТК-9 (ЗАО «Нанотехнология-МДТ», Россия) [1–4].

В ходе экспериментальных исследований процессов безмасочного структурирования поверхности подложки генерировался набор растровых шаблонов с различными параметрами, представляющих собой массив из 9 структур пирамидальной формы с разрешением от 512×512 до 1024×1024 точек (рис. 1).



а б

Рис. 1. Растровый графический шаблон для ионно-лучевого травления ФИП (а) – 2D, (б) – 3D

Для исследования влияния соотношения параметров ФИП и характеристик шаблона на точность воспроизведения топологии при травлении варьировались разрешение шаблона, количество проходов пучка по шаблону, размер шаблона, шаг перемещения пучка, время воздействия ионного пучка в точке и ток ионного пучка. Травление кремниевой подложки КДБ-10 с использованием сгенерированных шаблонов производилось на модуле ФИП комплекса НАНОФАБ НТК-9.

Параметры ионно-лучевого травления для каждого из выбранных режимов приведены в таблице.

Параметры ионно-лучевого травления структур сложного профиля

Режим	Разрешение шаблона	Кол-во проходов	Время травления, с	Размер фигуры, мкм	Шаг, нм	Время воздействия в точке, мкс	Ток ионного пучка, пА	Макс. разность между профилями, нм
1	512×512	100	1001	10×10	20	10	5	22
2	512×512	100	561	5×5	10	30	5	5
3	512×512	200	1123	5×5	5	20	10	7
4	512×512	100	561	5×5	4	30	5	18
5	1024×1024	500	1554	2×2	30	1	30	40
6	512×512	200	561	2×2	10	20	10	9,5

После ионно-лучевого травления образец по сверхвысоковакуумной магистрали передавался в модуль сканирующей зондовой микроскопии, где производились исследования сформированных структур методом полуконтактной атомно-силовой микроскопии (АСМ) (рис. 2). После этого профилограммы сформированных структур, полученные на основе АСМ-изображений, сравнивались с профилями модельной структуры, полученными в ПО для генерации шаблонов для безмасочного

структурирования поверхности подложек методом ФИП. Основным критерием, по которому производилось сравнение и выбор режимов, было выбрано максимальное значение разности между профилями экспериментальной и модельной структур, которая измерялась в каждой точке профиля с шагом 10 нм. Значения наилучшей максимальной разности внесены в таблицу.

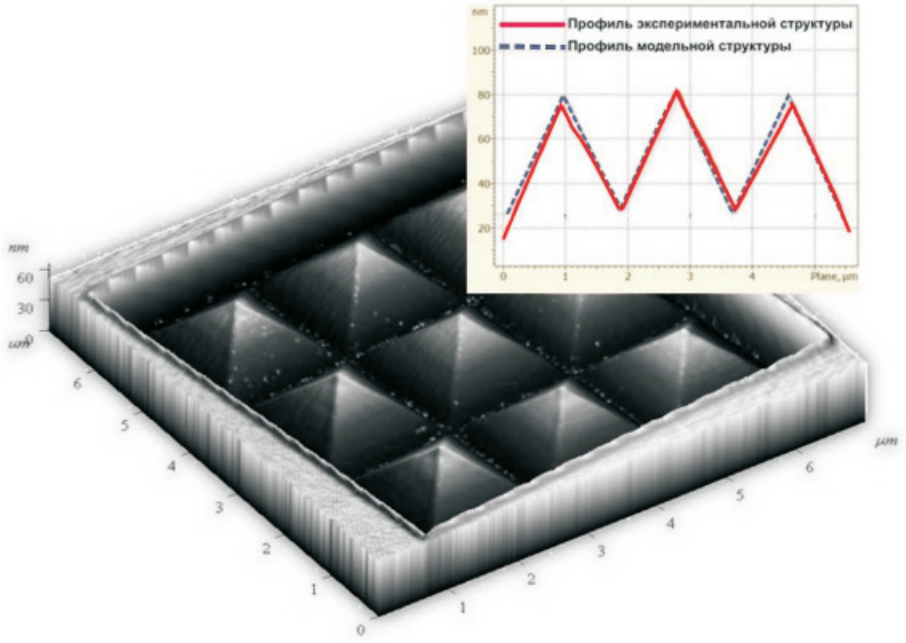


Рис. 2. АСМ-изображение топологии сформированной ионно-лучевым травлением ФИП по растровому шаблону и профилограмма экспериментальной структуры в сравнении с модельным профилем

В результате проведенной работы исследованы режимы субмикронного структурирования кремниевой подложки методом фокусированных ионных пучков с использованием растровых графических шаблонов, сгенерированных при помощи пакета прикладных программ Unigen. Выявлены режимы, обеспечивающие наилучшее соответствие между профилями модельной и экспериментальной структур. Полученные результаты будут использованы при корректировке моделей и алгоритмов, применяемых для генерации шаблонов, что позволит повысить точность воспроизведения смоделированного профиля на подложке. Результаты, полученные в настоящей работе, также могут быть использованы при разработке технологических процессов формирования перспективной элементной базы наноэлектроники и наносистемной техники.

Работа выполнена при поддержке государственными соглашениями № 12-08-90045/12, № 14.A18.21.0126, № 14.A18.21.0923, № 14.A18.21.0933, № 14.A18.21.0900, № 14.A18.21.0887, № 14.A18.21.1206 в рамках проектов РФФИ и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Исследование режимов субмикронного профилирования поверхности подложек кремния методом фокусированных ионных пучков / О.А. Агеев, А.С. Коломийцев, А.Л. Громов и др. // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – Т. 117. – № 4. – С. 171–180.

2. Агеев О.А., Коломийцев А.С. Исследование параметров взаимодействия фокусированных ионных пучков с подложкой // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2011. – № 89. – С. 20–25.

3. Агеев О.А., Коломийцев А.С., Михайличенко А.В. и др. Получение наноразмерных структур на основе нанотехнологического комплекса НАНОФАБ НТК-9 // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – Т. 114. – № 1. – С. 109–116.

4. Коноплев Б.Г., Агеев О.А., Коломийцев А.С. Формирование наноразмерных структур на кремниевой подложке методом фокусированных ионных пучков // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2011. – № 87. – С. 29–34.

5. Коноплев Б.Г., Агеев О.А. Элионные и зондовые нанотехнологии для микро- и наносистемной техники // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – Т.89. – № 12. – С. 165–175.

6. Лучинин В.В. Нанотехнологии: физика, процессы, диагностика, приборы – М: Физматлит, 2006. – 552 с.

7. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике – М.: Техносфера, 2005. – 448 с.

8. Giannuzzi L.A., Stevie F.A. Introduction to focused ion beams: instrumentation, theory, techniques and practice. – New York: Springer, 2004 – 357 p.

9. Wilhelmi O. Nanofabrication and rapid prototyping with Dual Beam instruments // FEI Company application note. – 2007. – URL: http://www.fei.com (дата обращения: 26.08.2012).

References

1. Ageev O.A., Kolomijcev A.S., Gromov A.L. i dr. Issledovanie rezhimov submikronnogo profilirovanija poverhnosti podlozhek kremnija metodom fokusirovannyh ionnyh puchkov // Izvestija Juzhnogo federal'nogo universiteta. Tehnicheskie nauki. 2011. T. 117. no. 4. pp. 171–180.

2. Ageev O.A., Kolomijcev A.S. Issledovanie parametrov vzaimodejstvija fokusirovannyh ionnyh puchkov s podlozhkoj // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektronika. 2011. no. 89. pp. 20–25.

3. Ageev O.A., Kolomijcev A.S., Mihajlichenko A.V. i dr. Poluchenie nanorazmernyh struktur na osnove nanotehnologicheskogo kompleksa NANOFAB NTK-9 // Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki. 2011. T. 114. no. 1. pp. 109–116.

4. Konoplev B.G., Ageev O.A., Kolomijcev A.S. Formirovanie nanorazmernyh struktur na kremnievoj podlozhke metodom fokusirovannyh ionnyh puchkov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektronika. 2011. no. 87. pp. 29–34.

5. Konoplev B.G., Ageev O.A. Jelionnye i zondovye nanotehnologii dlja mikro- i nanosistemnoj tehniki // Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki. 2008. T.89. no. 12. pp. 165–175.

6. Luchinin V.V. Nanotehnologii: fizika, processy, diagnostika, pribory M: Fizmatlit, 2006. 552 p.

7. Chaplygin Ju.A. Nanotehnologii v jelektronike M.: Tehnosfera, 2005. 448 p.

8. Giannuzzi L.A., Stevie F.A. Introduction to focused ion beams: instrumentation, theory, techniques and practice. New York: Springer, 2004 357 p.

9. Wilhelmi O. Nanofabrication and rapid prototyping with Dual Beam instruments // FEI Company application note. 2007. URL: http://www.fei.com (data obrawenija: 26.08.2012).

Рецензенты:

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник ЮНЦ РАН;

Жорник А.И. д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии ФГБОУ ВПО ТГПИ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 539.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ МАТРИЦЫ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКОВ

Крючков Д.И., Залазинский А.Г.

Институт машиноведения УрО РАН, Екатеринбург, e-mail:kru4koff@bk.ru

Выполнено компьютерное моделирование прессования алюминия в медной оболочке через матрицы разной конфигурации. Особое внимание уделено влиянию формы матрицы на показатели напряженно-деформированного состояния. При решении задачи использовался метод конечных элементов в системе инженерного анализа Abaqus/CAE Student Edition. Механические свойства материала задавались с использованием модели пластичности с деформационным и скоростным упрочнением и термическим разупрочнением. Мониторинг значений напряженно-деформированного состояния осуществлялся в центральной зоне и на периферии. Определена оптимальная форма матрицы на основе оценки показателя поврежденности Джонсона–Кука в зависимости от трения. Построена диаграмма пластичности и пути нагружения. Направлено на возможность предварительно оценивать качества готового изделия и прогнозирования механических свойств, в частности повышения пластичности. Представленные результаты могут использоваться для улучшения технологии гидромеханического прессования.

Ключевые слова: биметалл, прессование, матрица, моделирование, показатель поврежденности

MODELING AND CHOICE OF OPTIMAL PROFILE OF DIE ON THE BASIS OF AN ESTIMATION OF DAMAGE FOR EXTRUSION OF BI-COMPONENT CONDUCTOR BILLETS

Kryuchkov D.I., Zalazinskiy A.G.

Ural branch of Russian Academy of Sciences Institute of Engineering Science, Ekaterinburg, e-mail: kru4koff@bk.ru

This paper is concerned with the extrusion of Al-Cu mono-core rods through different profile of dies. Model material was developed using the Jonson-Cook plasticity model with hardening and a dynamic failure model. In addition, finite-element method is used to analyze of extrusion process. Abaqus/CAE Student Edition is used. Simulations were performed to determine the distributions stress and strain. Optimal profile of die is defined based on estimation of damage parameter. In addition, estimation is depended of die angle and friction coefficient.It is directed to give estimation of quality finish product and estimation mechanical properties, for example, plasticity. This study will be useful for improvement of the hydrostatic extrusion technics.

Keywords: extrusion, FEM, profile of die, damage parameter

В мировой промышленности широкое распространение имеют композитные материалы, биметаллы. Сочетание разных металлов (железо, серебро, никель, медь, алюминий) используют для создания антикоррозионных поверхностей, термочувствительных элементов, силовых проводников и проводов связи [1]. Расположение меди в наружном слое, а алюминия или стали внутри конструкции определяется следующим: с одной стороны, при переменном токе достигается более высокая проводимость всего провода в целом, с другой – медь защищает расположенный под ней металл от коррозии. Как показывают сравнительные характеристики, провод, изготовленный из омедненной алюминиевой проволоки, представляет собой экономически выгодную замену полностью медному проводу в широком диапазоне областей применения:

– коаксиальные кабели для систем кабельного телевидения, передачи видеоизображений и информации, линий передачи сигнала в телекоммуникационных сетях, провода для магистральных распределительных линий;

– компоненты для электрических трансформаторов, электронных приборов, бытовых электрических устройств;

– автомобильные, установочные провода.

Применение оболочек при прессовании трудно деформируемых материалов, к которым можно отнести и сплавы алюминия, в ряде случаев обоснованно [3].

Однако на сегодняшний день изделия из «биметалла» алюминий в медной оболочке обладают существенным минусом – являются хрупкими и ломкими при небольших радиусах изгиба. Применение процесса прессования направлено на повышение пластических свойств изделия за счёт наиболее благоприятной схемы напряжённо-деформированного состояния в области деформации.

Совместное истечение разнородных материалов при прессовании требует дополнительных исследований. Для того чтобы получить желаемое качество продукции, требуется тщательно выбрать параметры процесса: толщину оболочки, форму инструмента и трение и др. Это требует большого количества экспериментов и теоре-

тических исследований с применением математического моделирования. Моделирование позволяет существенно сократить финансовые и временные расходы при решении данной задачи. Все большее распространение находят численные методы анализа напряженно-деформированного состояния в программных системах, в основах которых положено использование метода конечных элементов, таких как ANSYS, ABAQUS, QForm, DEFORM и др. Моделирование процессов обработки металлов давлением позволяет проводить всесторонние исследования, так как позволяет изменять базовые параметры модели в широком диапазоне.

В статье рассматривается влияние инструмента, напряжений и трения при одинаковой толщине оболочки на качество получаемого изделия и его механические свойства. Известно [4], что влияние формы инструмента на процесс истечения при увеличении толщины стенки снижается. Поэтому для исследования была выбрана толщина оболочки, равная 0,1 диаметра заготовки. Показано, что, несмотря на небольшую толщину, оболочка значительно изменяет очаг деформации и напряженно-деформированное состояние деформируемых заготовок.

Целью работы является изучение напряженно-деформированного состояния биметалла при прессовании через ступенчатую матрицу сложной формы. Из работы [2] известно, что для случая, когда величина трения составляет $\mu = 0{,}2$, оптимальными углами матрицы для прессования заготовки с первоначальным диаметром $D = 40$ мм и диаметром готового изделия $d = 20$ мм является $\alpha = 29°$, а для ступенчатой матрицы – $\alpha = 25{,}3°$ и $\beta = 31{,}5°$. Однако немаловажное значение играет и форма матрицы. Эти данные послужили основой для проверки 11 возможных форм матриц (рис. 1).

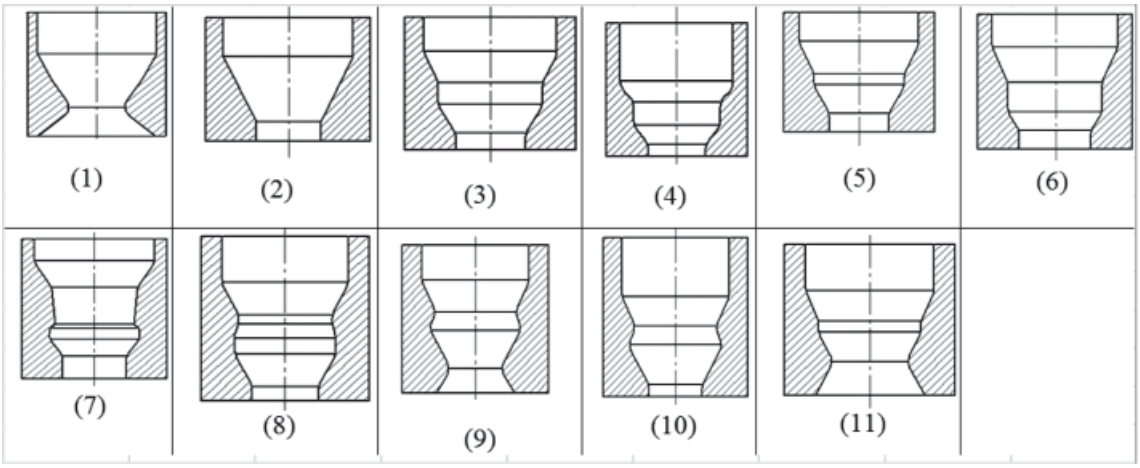


Рис. 1. Формы матриц

На рис. 1 показаны: матрица (1) «преломлённой» формы с круглым калибрующим пояском; (2) – простая однозаходная матрица с оптимальным углом [2]; ступенчатые матрицы оптимальной формы (3) [2] и формой с углами в 45° (4); (5) и (6) – ступенчатые матрицы с разной длинной промежуточного калибрующего пояска. Матрицы (3) и (6) отличаются тем, что диаметр первой ступени у матрицы (6) не симметричен, т.е. калибрующая ступень начинается с диаметра 32 мм, у (3) матрицы – 30 мм. (7), (8), (9) и (10) – матрицы сложной формы с «обратным» промежуточным калибрующим пояском. Форма (11), похожая на форму матрицы (5), но отличающаяся от нее закругленным калибрующим пояском второй ступени. Коэффициент вытяжки для всех матриц равен 4. Изготовление матриц сложной формы, а также проведение экспериментов, требует значительных затрат времени и материальных ресурсов. Поэтому моделирование было выбрано как метод исследования. Для компьютерного моделирования был выбран пакет ABAQUS/CAE Student Edition. Заметим, что система ABAQUS/CAE представляет собой очень гибкий и мощный инструмент для исследования процессов ОМД. Теоретические основы, заложенные в систему, позволяют рассматривать значительное количество параметров, необходимых для построения картины напряженно-деформированного состояния.

Для оценки напряженно-деформированного состояния в системе ABAQUS/CAE встроены следующие показатели [5].

Показатель напряженного состояния:

$$\eta = -\frac{p}{q},$$

где p – интенсивность нормальных напряжений; q – среднее нормальное напряжение.

Накопленная интенсивность деформации [4]:

$$\bar{\varepsilon}_{\text{пл}} = \int_0^t \dot{\bar{\varepsilon}}_{\text{пл}} d\tau,$$

где $\dot{\bar{\varepsilon}}_{\text{пл}}$ – скорость пластической деформации.

Эти два параметра являются ключевыми для расчета поврежденности.

В качестве модели деформируемого материала был выбран алюминий марки АМг6 в медной оболочке. Механические свойства материала были заданы с использованием модели пластичности Джонсона–Кука с деформационным и скоростным упрочнением и термическим разупрочнением [6]. Ввели также зависимость предела текучести от показателя напряженного состояния, накопленной интенсивности деформации и температуры.

Предел текучести

$$\bar{\sigma} = \left[A + B\left(\bar{\varepsilon}_{\text{пл}}\right)^n\right]\left[1 + C\left(\frac{\dot{\bar{\varepsilon}}_{\text{пл}}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)\right]\left(1 - \hat{\theta}^m\right),$$

где A, B, n, m, C, $\dot{\varepsilon}_0$ – параметры модели.

$$\hat{\theta} = \begin{cases} 0 & \text{при} \quad \theta < \theta_{\text{пр}} \\ (\theta - \theta_{\text{пр}})/(\theta_{\text{пл}} - \theta_{\text{пр}}) & \text{при} \quad \theta_{\text{пр}} \le \theta \le \theta_{\text{пл}} \\ 1 & \text{при} \quad \theta > \theta_{\text{пр}} \end{cases}$$

где $\theta_{\text{пр}}$ – температура перехода; $\theta_{\text{пл}}$ – температура плавления.

В соответствии с моделью разрушения Джонсона–Кука разрушение происходит тогда, когда параметр поврежденности ω достигает единицы.

$$\omega = \sum\left(\frac{\Delta\bar{\varepsilon}_{\text{пл}}}{\bar{\varepsilon}^p_{\text{пл}}}\right) \le 1,$$

где $\Delta\bar{\varepsilon}_{\text{пл}}$ – приращение накопленной интенсивности деформации; $\bar{\varepsilon}^p_{\text{пл}}$ – предельная деформация при разрушении.

Предельная деформация при пластическом разрушении также зависит от показателя напряженного состояния, накопленной интенсивности деформации и температуры.

$$\bar{\varepsilon}^p_{\text{пл}} = \left[d_1 + d_2 \exp\left(d_3 \frac{p}{q}\right)\right]\left[1 + d_4 \ln\left(\frac{\dot{\bar{\varepsilon}}_{\text{пл}}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)\right]\left(1 + d_5\hat{\theta}\right),$$

где d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 – параметры модели разрушения.

На рис. 2 изображены кривые, описывающие механические свойства алюминия марки АМг6 и меди по Джонсону–Куку. Данные кривые отражают зависимость предела текучести от накопленной интенсивности пластической деформации.

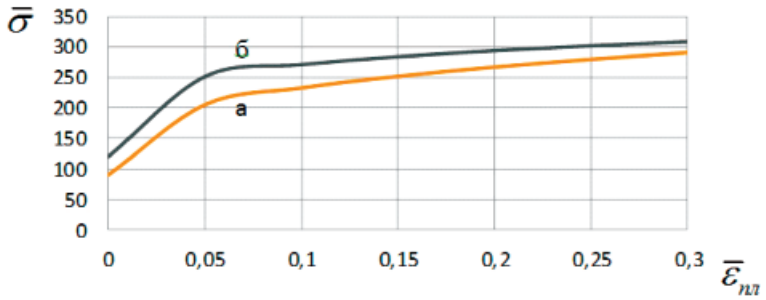


Рис. 2. Кривые течения деформируемых материалов: а – медь; б – алюминий (АМг6)

Мониторинг значений показателей напряженно-деформированного состояния осуществлялся в центральной зоне и периферии (рис. 3). Одна точка в центральной зоне сердечника, одна точка на границе раздела сердечника и оболочки, относящаяся к сердечнику, одна точка на границе раздела сердечника и оболочки, относящаяся к оболочке, и еще одна точка на границе контакта оболочки и инструмента.

В общей сложности были проведены 22 численных эксперимента. В каждом случае менялась геометрия инструмента, и для каждой формы матрицы осуществлялось два эксперимента, менялось значение коэффициента трения. Между сердцевиной и оболочкой задавался коэффициент трения, равный единице, тем самым осуществлялось ограничение, когда две поверхности полностью прилипают друг к другу. Задача решалась в осесимметричной постановке.

Для каждой матрицы был рассчитан параметр поврежденности. Результаты для наглядности сведены в графики.

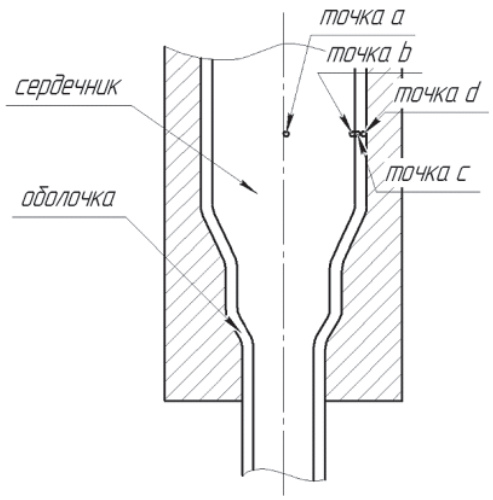
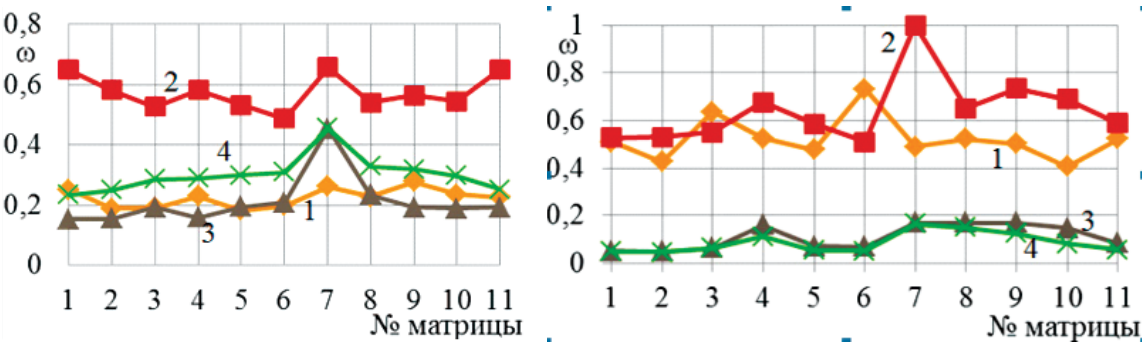


Рис. 3. Схема биметалла

Согласно графику на рис. 4 для случая, когда коэффициент трения между инструментом и оболочкой был равен 0,2, наихудшие результаты оказались у матриц (1), (7) и (11). Наилучшие результаты показали (3), (5), (6) и (10) матрицы. Это показывает, что применение обычной двухступенчатой (3) матрицы с длинным калибрующим пояском после первой ступени при смазке с коэффициентом трения 0,2 с оптимальными углами дает хороший результат. Вместе с тем применение матрицы (6) дает наименьшее значение параметра из представленных. Видно, что уменьшение диаметра первого калибрующего пояска на 5 % позволило снизить значение поврежденности в самой опасной точке *b* на 7,6 %. Применение же матриц сложной формы с «обратным» промежуточным пояском не оправдало себя. Единственной матрицей с хорошими результатами была (10), но затраты на изготовление такой формы окажутся выше, чем при изготовлении обычной двухступенчатой матрицы (3), либо (6).



а б

Рис. 4. Параметр поврежденности:
а – коэффициент трения 0,2;
б – коэффициент трения 0,1 (1 – точка a, 2 – точка b, 3 – точка c, 4 – точка d)

Для коэффициента трения 0,1 на рис. 5 наихудшие величины параметра поврежденности показали матрицы (7), (4) и (6). Лучшие значения параметра оказались у матриц (1), (2), (5) и (11). Т.е. применение обычной одноступенчатой матрицы с оптимальным углом более чем оправдано. Однако в случае применения смазки с коэффициентом трения 0,1 показатель поврежденности в сердечнике выше, чем при смазке с коэффициентом трения 0,2. Самой оптимальной формой матрицы оказалась (6), причем только для коэффициента трения 0,2, так как снижение трения только ухудшило качество готового изделия.

В качестве дополнительной проверки адекватности оценки поврежденности по методу Джонсона–Кука была построена диаграмма пластичности и пути деформирования (рис. 5) в точках, где показатель поврежденности был максимальным, т.е. *a* и *b*. Как видно из диаграммы в точке *b* для неоптимальной матрицы (7) произошло исчерпание ресурса пластичности, которое привело к образованию дефектов и разрушению.

Образование дефектов можно наблюдать и визуально в постпроцессоре. На рис. 6 визуально сравниваются распределение интенсивности нормальных напряжений (а) и показателя поврежденности (б) для оптимальной формы матрицы (правая половина) и неоптимальной (левая половина).

Всестороннее изучение показателей напряженного состояния позволяют оценивать качество изделия при разных технологических показателях, тем самым возможен выбор оптимальных характеристик инструмента и условий. Это очень важно, так как

применение технологий, улучшающих качество, создает конкурентно-способную продукцию. Тем более что моделирование в отличие от метода «проб и ошибок» позволяет значительно экономить время и денежные средства.

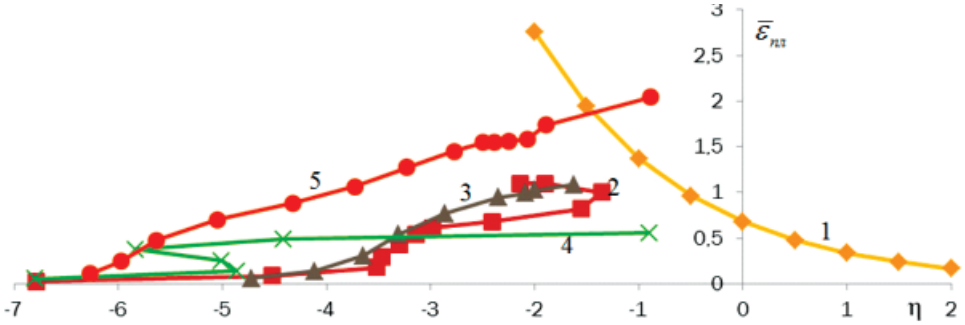
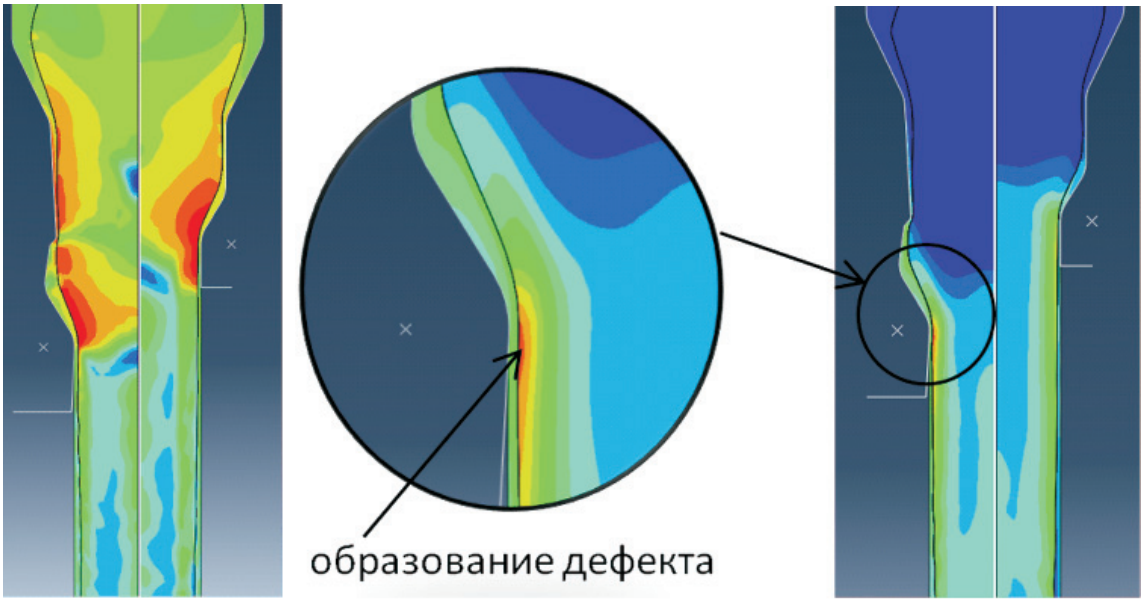


Рис. 5. Диаграмма пластичности и пути деформирования частиц материала в точках: 2 – точка a для матрицы (6); 3 – точка b для матрицы (6); 4–точка a для матрицы (7); 5 – точка b для матрицы (7)



а б

Рис. 6. Картина напряженно-деформированного состояния: а – распределение интенсивности нормальных напряжений; б – распределение показателя поврежденности по Джонсону–Куку

Заключение

Биметаллическая проволока – это пример эффективности композитных материалов. Этот продукт сочетает в себе лучшие характеристики меди и алюминия (меди и стали), обеспечивает значительную экономию в области кабельно-проводниковой продукции.

Было проведено исследование, направленное на выбор оптимальной матрицы сложной формы для прессования биметаллического прутка из алюминия в медной оболочке. Для реализации этой работы был использован метод моделирования в системе ABAQUS/CAE. Данная система позволяет проводить расчеты с возможностью гибкой настройки модели материала. Модель материала поддерживает деформационное и скоростное упрочнение и термическое разупрочнение, а также возможно задавать модель пластического разрушения с вычислением параметра поврежденности.

Все это направленно на изучение напряжено-деформированного состояния, которое, основываясь на критерии оценки поврежденности, дает возможность делать

предварительные оценки качества изделия. Тем самым выявляется адекватность применения тех или иных технологических условий и параметров инструмента.

Оптимальная форма геометрии инструмента и соответствующие параметры процесса выдавливания направлены на повышение механических свойств биметаллических проводников, в данной работе – на повышение пластичности. Что позволит существенно повысить конкурентность алюмомедных проводников к медным проводникам, в свою очередь расширяя область применения, биметаллических проводников.

Список литературы

1. Гарновский Н.Н. Теоретические основы электропроводной связи. Ч. 2. – М.: Гос. Изд-во литературы по вопросам связи и радио, 1959. – 390 с.

2. Залазинский А.Г., Бывальцев С.В., Залазинская Е.А., Агапитова О.Ю. Моделирование процесса гидромеханического выдавливания // Исследовано в России. – 044. – 2010. – С. 542–551.

3. Могучий Л.Н. Обработка давлением труднодеформируемых материалов. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.

4. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. – Киев: Вища школа. Головное Изд-во, 1983. – 175 с.

5. Abaqus/CAE v.6.10 User's manual, 2010, 1050 p.

6. Johnson G.R, Cook W.H. Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures // Eng. Fract. Mech. – 1985. – Vol. 21. – P. 31–48.

References

1. Garnovskij N.N. Teoreticheskie osnovyj elektroprovodnoj svjazi. Chast' 2. Moscow, Gos. izd-vo literatury po voprosam svjazii radio, 1959. 390 p.

2. Zalazinskij A.G., Byval'cev S.V., Zalazinskaja E.A., AgapitovaO.Ju. Modelirovanie processa gidromehanicheskogo vydavlivanija Jelektronnyj zhurnal Issledovano v Rossii, 044, 2010. pp. 542–551.

3. Moguchij L.N. Obrabotka davleniem trudnodeformiruemyh materialov. – Moscow, Mashinostroenie, 1976. 272 p.

4. Ogorodnikov V.A. Ocenka deformiruemosti metallov pr iobrabotke davleniem. – Kiev: Viwashkola. Golovnoeizd-vo, 1983. 175 p.

5. Abaqus/CAE v.6.10 User's manual, 2010, 1050 p.

6. Johnson G.R, Cook W.H. Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures // Eng. Fract. Mech. 1985, Vol. 21. pp. 31–48.

Рецензенты:

Поляков А.П., д.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории системного моделирования Института машиноведения УрО РАН, г. Екатеринбург;

Петунин А.А., д.т.н., доцент, зам. директора по научной работе Механико-машиностроительного института Уральского федерального университета, профессор кафедры информационных технологий и автоматизации проектирования, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.794.61

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА АНОДНОЙ ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ НА АЛЮМИНИИ И СПЛАВЕ Д16

Кусков В.Н., Коленчин Н.Ф., Шадрина П.Н., Сафронов А.В.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, e-mail: vnkuskov@yandex.ru

Рассмотрено строение, определены толщина и износ оксидных покрытий на алюминии и сплаве Д16 после анодирования в водном растворе серной кислоты. Чрезмерное увеличение времени анодирования приводит к уменьшению толщины и износостойкости покрытия на 30–40 % в результате увеличения размеров пор под действием серной кислоты. Впервые показана возможность образования вторичных каналов за счет аморфной составляющей покрытия, что может быть инициировано перекрытием имевшегося канала кристаллической частицей. Термодинамическими расчетами показана бóльшая вероятность образования кристаллической фазы в оксидной пленке при анодировании алюминия с применением озонирования воздушной смеси. Установлены увеличение толщины (на 40 %), содержания γ-оксида алюминия (в 1,8 раза) и уменьшение износа (в ≈1,2 раза) покрытия в результате применения при анодировании озонированной воздушной смеси.

Ключевые слова: анодирование, алюминий, строение, покрытие, серная кислота, озон, износ

STRUCTURE AND PROPERTIES OF ANODE OXIDE COATING ON ALUMINUM AND ALLOY D16

Kuskov V.N., Kolenchin N.F., Shadrina P.N., Safronov A.V.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: vnkuskov@yandex.ru

The structure, thickness and wear of oxide coating on aluminum and alloy D16 after anodization in aqueous solution of sulfuric acid were studied. The excessive magnification of anodization time results in decrease of thickness and wear resistance of coating on 30–40 % as a result of magnification of pore sizes under operating of sulfuric acid. Possibility of formation of secondary channels instead of amorphous compounding coatings was showed for the first time. It can be happened, if the available channel will be stoppled up by a crystalline fragment. Thermodynamic calculations ware proved what probability of formation of a crystalline phase in oxide layer is more compare with amorphous structure at anodization of aluminum with applying of ozonization of an aerial mixture. Thickness (on 40 %), content of γ-oxide of aluminum (in 1,8 times) in coating are increased and wear is decrease (in ≈1,2 times) as a result of applying at anodization of an ozonized aerial mixture.

Keywords: anodization, aluminum, structure, coating, sulphuric acid, ozone, wear

В настоящее время практические аспекты получения оксидных покрытий на так называемых вентильных металлах, к которым относят алюминий, ниобий, тантал, титан, цирконий и др., достаточно хорошо разработаны. В многочисленных публикациях описаны составы электролитов и режимы оксидирования, позволяющие получать пленки с разнообразными свойствами: диэлектрическими, полупроводниковыми, коррозионно- и термостойкими, антифрикционными.

Условия получения покрытий в большинстве случаев подбираются экспериментально, без должного теоретического обоснования. Отсутствие обоснованной теории обусловлено многогранностью процесса.

Во-первых, существует около десяти аллотропических форм оксида алюминия [7].

Во-вторых, строение анодных оксидных пленок разные исследователи трактуют неоднозначно, признавая наличие плотного барьерного слоя на поверхности металла и аморфных образований оксида алюминия, пронизанных порами, с вкраплениями кристаллических фаз. Например, считается [1], что элементарные плотноупакованные частицы анодного оксида представляют собой мононы в виде волокон, ориентированных перпендикулярно к поверхности металла. Они группируются в окруженные потенциалопределяющими ионами полионы, образуя мицеллы. Между мицеллами располагаются микропоры размером $3{,}3 \cdot 10^{-6}$ см, а внутри полионов – субмикропоры. С позиций кристаллохимии основными структурными образованиями признаются алюмооксидные октаэдры, которые, в свою очередь, формируются в гексагональные призмы [4].

В-третьих, недостаточно спрогнозирована роль ионов электролита, температуры и кислотности среды.

Наиболее принимаемой в настоящее время является плазменно-коллоидная теория анодного окисления алюминия [2]. Она экспериментально подтверждена и теоретически уточнена в работе [3].

Цель исследования

В работе исследовали влияние продолжительности анодирования и введение озона в воздушную смесь на структуру и свойства оксидной пленки на алюминии А3 и сплаве Д16.

Материал и методы исследования

Анодирование осуществляли в водном растворе серной кислоты, используя установку, схема которой приведена на рис. 1. Генератор озона позволял получить 2 мг озона в 1 л воздушной смеси. Озонирование применили в экспериментах № 5 и 7. Исследования провели с образцами алюминия А3 и его сплава Д16 размерами 30×30×5 мм. Температуру поддерживали на уровне 0 и 10°С, концентрацию серной кислоты – 1, 8 и 16 мас.%. Анодирование выполнили по двум режимам: гальваностатическому, поддерживая постоянную плотность тока 2,5 А/дм^2 в течение всего процесса, и режиму падающей мощности, когда задавали высокое начальное напряжение (в описываемых опытах 50 В), а затем величины тока и напряжения уменьшались самопроизвольно.

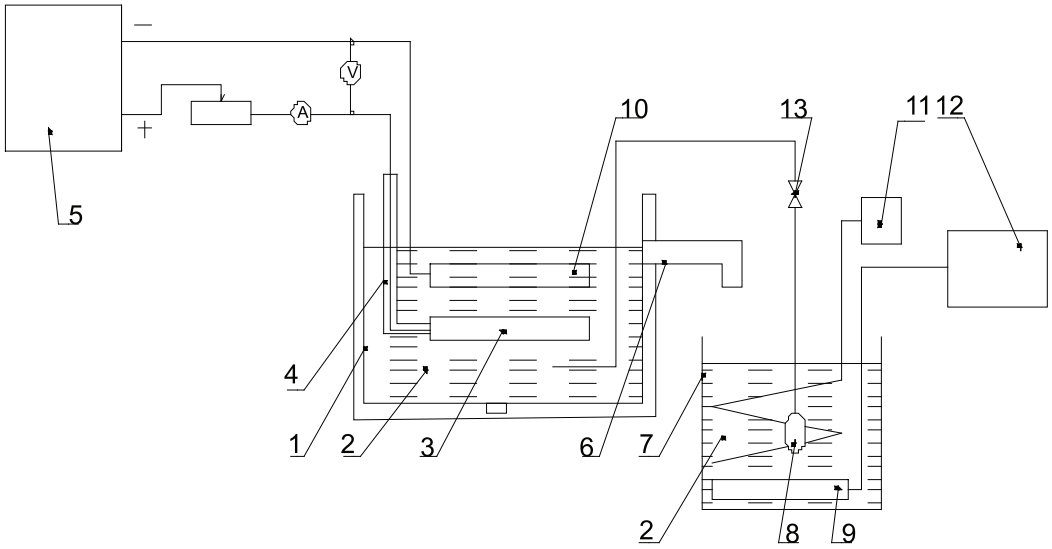


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
1 – ультразвуковая ванна; 2 – электролит; 3 – анод; 4 – изоляционный материал; 5 – источник постоянного тока; 6 – патрубок; 7 – наполнительная емкость; 8 – насос; 9 – барботер; 10 – катод; 11 – холодильный агрегат; 12 – генератор озона; 13 – регулировочный кран

Микротвердость HV оксидных покрытий измеряли на поперечных шлифах с помощью прибора ПМТ-3 при нагрузке на индентор 0,49 Н, толщину определяли вихретоковым контактным толщиномером ВТ10 НЦ и металлографически на микроскопе МИМ-7. Износостойкость определяли на приборе «Шлиф» по уменьшению массы образца при скольжении по незакрепленному абразиву (карбид бора № 8) при нагрузке 2 Н с учетом постоянства пути трения.

Рентгеноструктурные исследования выполнили на ДРОН-3 в диапазоне углов $2\theta = 20–60°$ в $Co_{K\alpha}$-излучении. Расшифровку рентгенограмм провели на основе данных американской картотеки ICPDS.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 приведены режимы анодирования и результаты исследования свойств полученных оксидных пленок на алюминии и его сплаве Д16.

Таблица 1

Режимы анодирования, толщина и величина износа покрытия

№ п/п	Материал	Концентрация H_2SO_4, %	Плотность тока, А/дм^2 (напряжение, В)	Время, ч	Температура электролита, °С	Толщина покрытия, мкм	Величина износа, мг/м
1	Д16	16	2,5	2,0	10	121	2,8
2	Д16	16	2,5	4,0	10	231	3,1
3	Д16	16	2,5	6,0	10	208	4,0
4	А3	8	2,5	1,5	0	89	3,5
5	А3	8	2,5	1,5	0	125	2,9
6	А3	1	(50)	2,5	0	137	3,4
7	А3	1	(50)	2,5	0	189	2,9

Первые три эксперимента показали влияние продолжительности анодирования в водном растворе серной кислоты на толщину и величину износа покрытия на сплаве Д16. Видно, что, увеличивая время оксидирования с двух до четырех часов, можно повысить толщину оксидного слоя при некотором снижении износостойкости. Даль-

нейшее продолжение процесса приводит к уменьшению и толщины покрытия, и его износостойкости (на 30–40%). Это происходит в результате увеличения размеров пор в результате их растравливания серной кислотой (учитывая, что ее концентрация в этих экспериментах максимальна по сравнению с остальными). Измерения показали уменьшение микротвердости в покрытиях № 3 на 18–22% по сравнению с первыми двумя.

Строение оксидных покрытий на алюминии и его сплаве аналогично вне зависимости от условий анодирования, использованных в исследовании. Общий вид приведен на рис. 2. В нижней части фотографии расположена основа (алюминиевый сплав Д16, который имеет серый цвет), выше расположено покрытие (черный цвет) толщиной порядка 190 мкм с каналами, перпендикулярными основе.

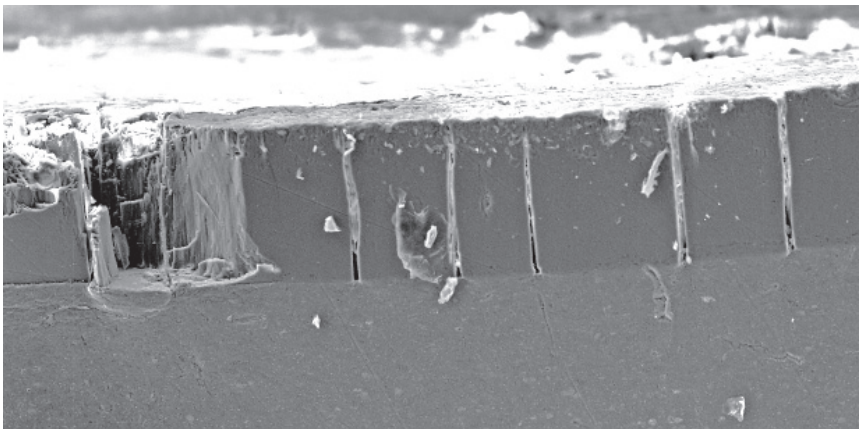


Рис. 2. Общий вид покрытия № 7 с каналами (увеличение ×95)

В виде светлого слоя видна поверхность покрытия, которая представлена на рис. 3 при большем увеличении (рис. 3). Видны отнюдь не геометрически правильные горловины пор, как теоретически представлялось ранее. И размеры их различаются весьма значительно (до 5 раз).

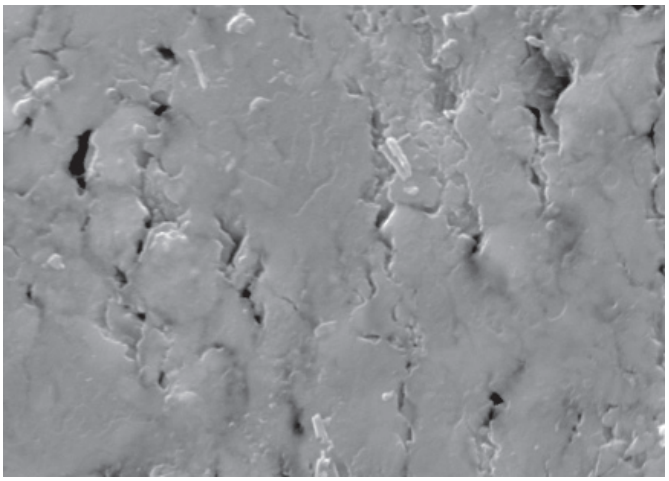


Рис. 3. Поверхность анодного оксидного покрытия при увеличении ×6000

На рис. 4 при большем увеличении приведен скол покрытия, расположенный на рис. 2 в левой части покрытия, который образовался при изготовлении шлифа. Видны «клубеньковые» образования, которые могут представлять собой кристаллические частицы γ-Al_2O_3, подвергнувшиеся растравливанию серной кислотой.

На рис. 5а показано не описанное в научно-технической литературе образование вторичных каналов в анодном оксидном покрытии и показана причина (по-видимому, кристаллическая частица, перекрывшая канал) появления нового ответвления (рис. 5б). Причем каналообразование происходит, скорее всего, за счет аморфной составляющей покрытия, т.к. кристаллическая частица, перекрывшая первичный канал, не растравливается, что было бы экономичнее с точки зрения расстояния новообразования.

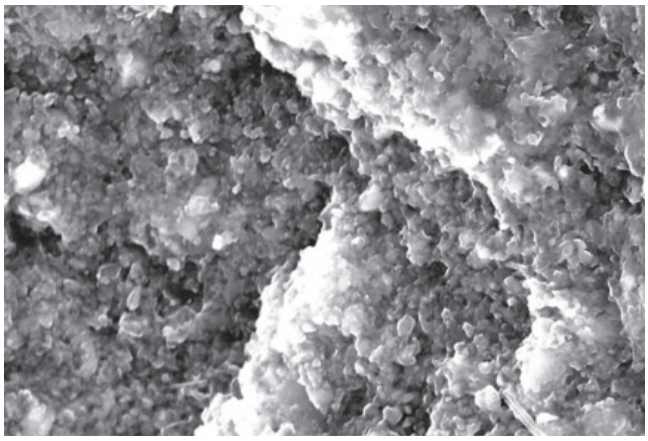
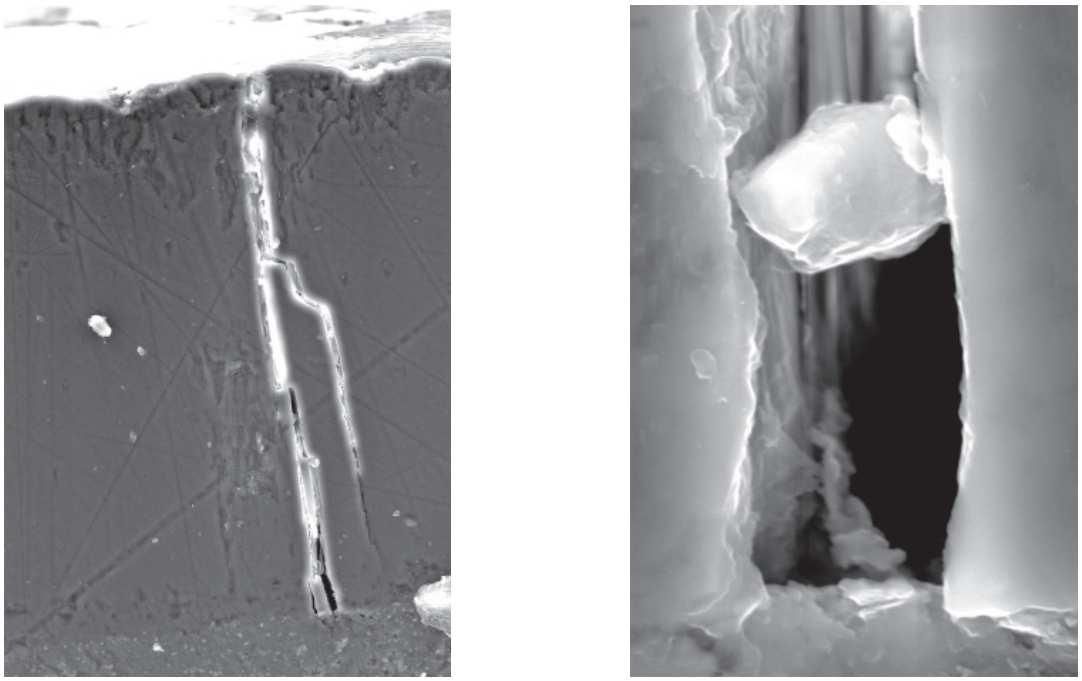


Рис. 4. Кристаллические образования в сколе покрытия (×4500)



а б

Рис. 5. Появление вторичного канала в покрытии: а – х600 и частица, его инициировавшая; б – х8000

Использование при анодировании продувки электролита озоно-воздушной смесью (эксперименты 4–5 и 6–7 в табл. 1) позволяет увеличить толщину покрытия приблизительно на 40 % и снизить величину износа в ≈1,2 раза. Микротвердость АОП за счет этого технологического нововведения повышается с 5,4 до 6,9 ГПа, что обусловлено увеличением кристаллической составляющей γ-Al_2O_3 в покрытии в 1,8 раза (согласно рентгеноструктурному анализу). При этом доля аморфной составляющей в покрытии уменьшается, о чем свидетельствует сокращение на рентгенограмме гало в интервале углов 2θ = 20–40°.

Об увеличении вероятности образования оксида алюминия при использовании O_3 при анодировании алюминия и его сплавов свидетельствуют также термодинамические расчеты.

Во-первых, величины константы реакций K_N (N – мольная доля компонента, участвующего в реакции) образования Al_2O_3

$$2Al + 1{,}5\ O_2 = Al_2O_3;$$

$$K_N = \frac{N_{Al_2O_3}}{N_{Al}^2 \cdot N_{O_2}^{1,5}}; \qquad (1)$$

$$2Al + O_3 = Al_2O_3;$$

$$K_N = \frac{N_{Al_2O_3}}{N_{Al}^2 \cdot N_{O_3}}, \quad (2)$$

рассчитанные для одного моля оксида (для удобства сравнения) по известным литературным данным [5, 8] (табл. 2) при стандартных условиях (температура 298 К и давление 101300 Па) и 1800 К, свидетельствуют о преимуществе озона в окислении алюминия.

Таблица 2

Исходные данные и результаты термодинамических расчетов

Номер реакции или вещество	Энергия Гиббса при температуре, кДж/моль			Константа равновесия при температуре	
	298 К	1800 К	3500 К	298 К	1800 К
O_2	–52,451	(–445,428)	–890,208	–	–
O_3	83,596	(–561,544)	–974,088	–	–
Al_2O_3	–1583,0	–1102,0	–	–	–
1	–1504,324	–433,858	–	$4{,}9\ 10^{263}$	1,03
2	–1666,596	–540,456	–	$1{,}4\ 10^{292}$	1,04

Во-вторых, размер критического зародыша образования кристаллической фазы Al_2O_3 в случае взаимодействия с кислородом в 1,23 раза больше при 298 К и в 1,55 раза – при 1800 К, чем при взаимодействии с озоном. Расчеты выполнены по формуле [6]

$$\delta\Phi_c = \frac{16\pi \cdot \Omega^2 \cdot \sigma^3}{3(\Delta G)^2}, \quad (3)$$

где Ω – размерный фактор кристаллической решетки Al_2O_3; σ – удельная поверхностная энергия межфазной границы; ΔG – энергия Гиббса образования фазы Al_2O_3.

Таким образом, термодинамические расчеты также свидетельствуют о повышении вероятности образования кристаллической фазы в покрытии при использовании озоно-воздушной смеси по сравнению с воздушной.

Заключение

Выявлено строение анодной оксидной пленки на алюминии и его сплаве и впервые показана возможность образования вторичных каналов за счет аморфной составляющей покрытия.

Термодинамическими расчетами показана бóльшая вероятность образования кристаллической фазы в оксидной пленке при анодировании алюминия с применением озонирования воздушной смеси. Рентгенографические исследования подтвердили увеличение кристаллической составляющей в покрытии.

Список литературы

1. Анодные оксидные покрытия на металлах и анодная защита / И.Н. Францевич, А.Н. Пилянкевич, В.А. Лавренко, А.И. Вольфсон. – Киев: Наукова думка, 1985. – 280 с.

2. Богоявленский А.Ф. О теории анодного окисления алюминия // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технологи. – 1971. – № 5. – С. 712–717.

3. Богоявленский А.Ф., Аверьянов Е.Е. О роли плазмы в процессе анодного окисления металлов // Анодное окисление – один из методов защиты металлов от окисления. – Казань: Изд-во КАИ, 1981. – С. 94–96.

4. Богоявленский А.Ф., Белов В.Т. Процессы наполнения анодного оксида алюминия и его коллоидная природа // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технологи. – 1969. – № 12. – С. 1343–1348.

5. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 480 с.

6. О получении газотермических корундовых покрытий/ Ф.Б. Вурзель, В.А. Хмельник, В.Ф. Назаров, Г.В. Косоручкин // Физика и химия обработки материалов. – 1988. – № 3. – С. 86–92.

7. Строение и свойства адсорбентов и катализаторов (пер с англ.) / под ред. Б.Г. Линсена. – М.: Мир, 1973. – 653 с., ил.

8. Физико-химические свойства окислов / под ред. Г.В. Самсонова. – М.: Металлургия, 1978. – 472 с.

References

1. Anodnye oksidnye pokrytija na metallah i anodnaja zawita / I.N. Francevich, A.N. Piljankevich, V.A. Lavrenko, A.I. Vol'fson. – Kiev: Naukova dumka, 1985. 280 p.

2. Bogojavlenskij A.F. O teorii anodnogo okislenija aljuminija // Izv. VUZov. Himija i himicheskaja tehnologi. 1971. no. 5. pp. 712–717.

3. Bogojavlenskij A.F., Aver'janov E.E. O roli plazmy v processe anodnogo okislenija metallov // Anodnoe okislenie – odin iz metodov zawity metallov ot okislenija. Kazan': Izd-vo KAI, 1981. pp. 94–96.

4. Bogojavlenskij A.F., Belov V.T. Processy napolnenija anodnogo oksida aljuminija i ego kolloidnaja priroda // Izv. VUZov. Himija i himicheskaja tehnologi. 1969. no. 12. pp. 1343–1348.

5. Lunin V.V., Popovich M.P., Tkachenko S.N. Fizicheskaja himija ozona. M.: Izd-vo MGU, 1998. 480 p.

6. O poluchenii gazotermicheskih korundovyh pokrytij/ F.B. Vurzel', V.A. Hmel'nik, V.F. Nazarov, G.V. Kosoruchkin // Fizika i himija obrabotki materialov. 1988. no. 3. pp. 86–92.

7. Stroenie i svojstva adsorbentov i katalizatorov (Per s angl.) / Pod red. B.G. Linsena. – M.: Mir, 1973. 653 p., il.

8. Fiziko-himicheskie svojstva okislov / Pod red. G.V. Samsonova. M.: Metallurgija, 1978. 472 p.

Рецензенты:

Ивашко А.Г., д.т.н., профессор, директор НИИ прикладных наук Тюменского государственного университета, г. Тюмень;

Новиков В.Ф., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой «Физика, методы контроля и диагностики» ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.797

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ТРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Леонтьев Л.Б., Шапкин Н.П., Леонтьев А.Л., Шкуратов А.Л.

ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: rectorat@dvfu.ru

В настоящей работе приведены перспективные минеральные и органоминеральные композиции для получения износостойких покрытий на хромированной поверхности плунжерных пар из стали ХВГ. Были исследованы следующие материалы и композиции: серпентинит; природный алюмосиликат; кварцевая пыль; природный алюмосиликат, модифицированный полисахаридом; природный алюмосиликат, модифицированный полисахаридом, плюс серпентинит. Представлена схема поиска оптимального химического состава минеральных и органоминеральных материалов для упрочнения хромового покрытия. Испытания проводили в интервале нагрузок от 100 до 500 Н. Установлено, что модифицирование гальванического хромового покрытия уменьшает скорость изнашивания, которая зависит от состава модификатора. При использовании природного алюмосиликата наблюдается минимальный износ (28,4%), в то время как при использовании серпентинита износ достигает 31,4%. Наибольшее уменьшение температуры наблюдается при обработке природным алюмосиликатом, модифицированным природным полисахаридом. Наиболее низкий коэффициент трения во всем интервале нагрузок наблюдается при модифицировании хрома серпентинитом. Упрочнение хромированной поверхности композицией, содержащей 90% серпентинита и 10% природного алюмосиликата, модифицированного природным полисахаридом, увеличивает износостойкость хромированной поверхности более чем в восемь раз. Суммарная скорость изнашивания сопряжения уменьшается в 6,3 раза.

Ключевые слова: надежность, износостойкость, покрытие, минеральные и органоминеральные материалы, технология

THE CONTROL OF FORMING OF COMPOSITIONAL WEAR RESISTANCE, METAL-CERAMIC COATINGS ON THE SURFACES OF FRICTION OF DETAILS

Leontev L.B., Shapkin N.P., Leontev A.L., Shkuratov A.L.

FGAOU VPO «Far Eastern national University», Vladivostok, e-mail: rectorat@dvfu.ru

In this work optimal thribotechnical compositions for obtaining of wear resistance coating on the chromium surface of plunger pares and steel HVG were developed. The definite composition: serpentinate; natural silicate; quarts dust; natural silicate, modified by natural polysaccharide; natural silicate, modified by natural polysaccharide, plus serpentinate, were investigated. It was given scheme of analysis of optimal chemical content of inorganomineral and organometalmineral materials for strengthening of chromium coating. The examinations of friction details in standard conditions in the interval of loading 100–500 N were defined. The modification of surface of chromium coating decrease wear resistance and depend at content of modificator. Minimal wear (28,4%) was observed at using of natural silicate, however at using of serpentinate wear obtained 31,4%. More decreasing of temperature was observed at using of natural silicate, modified by natural polysaccharide, and more decreasing coefficient of friction was observed in all interval of loading. The hardening of chromium surface by composition containing 90% of serpentinate and 10% of natural silicate, modified by natural polysaccharide, at increasing of loading (40 N/mm) and at time of treatment in during on minute for every loading. The above composition increase the wear resistance of chromium surface more than eight times. The obtaining of compositional coating on the steal HVG allow to decrease the rate of wear of chromium and layer of HVG in six times. The summary rate of wear of conjugating was decreased in 6,3 times.

Keywords: reliability, durability, coverage, mineral and organic-mineral materials, technology

В настоящее время повышение надежности машин, механизмов и оборудования представляет собой актуальную проблему, которая обусловлена экономическими факторами. Известно, что на обеспечение надежности трибосопряжений технически развитые страны расходуют от 3 до 5% годовых бюджетных средств. Анализ отказов деталей и оборудования в целом на водном транспорте показал, что до 85% отказов вызвано процессами трения и изнашивания [4].

Повышение надежности машин, механизмов и оборудования возможно при решении следующих технологических задач: разработки современных износостойких и антифрикционных материалов, выбора оптимального сочетания материалов для конкретных условий работы трибосопряжений и разработки оптимальной технологии нанесения износостойкого или антифрикционного покрытия на деталь или трибосопряжение.

Наиболее широкое распространение при восстановлении и упрочнении большой номенклатуры деталей получило пористое хромирование благодаря удовлетворительной прирабатываемости к сопряженным нехромированным поверхностям, низкому коэффициенту трения пары «пористый хром – сталь», высокой твердости и износостойкости при повышенных давлениях и температуре в коррозионных средах. Однако хромовые покрытия не обеспечивают необходимую износостойкость при наличии

абразива в смазке (например, топливная аппаратура судовых дизелей, работающих на тяжелом топливе, системы гидравлики приводов механизмов и устройств спецтехники и др.) [2].

Повысить износостойкость трибоузлов и, соответственно, их надежность наиболее целесообразно нанесением композиционных покрытий: гальваническим хромированием с последующим модифицированием минеральными или органоминеральными материалами [3–5].

Цель исследования — повышение надежности машин, механизмов и оборудования путем разработки технологии формирования композиционных износостойких металлокерамических покрытий на поверхностях трения деталей.

Материалы и методы исследования

Поиск оптимального химического состава минеральных и органоминеральных материалов для упрочнения хромового покрытия плунжера для решения задачи повышения долговечности плунжерных пар путем получения износостойких композиционных покрытий осуществлялось в соответствии с блок-схемой (рис. 1).

Для определения оптимальной триботехнической композиции для модифицирования стали ХВГ и хромового покрытия были выбраны следующие вещества и композиции:

1) серпентинит (брутто-формула:

$$Mg \cdot Fe_{0,8} \cdot Al_{0,4} \cdot Si_{2,1}O_9 \cdot H_2O \cdot (CaSiO_3)_{0,9});$$

2) алюмосиликат природного происхождения (брутто-формула:

$$Mg \cdot Fe_{0,8} \cdot Al_{0,4} \cdot Si_{2,1}O_9 \cdot H_2O \cdot (CaSiO_3)_{0,9});$$

3) кварцевая пыль (Si_2O);

4) природный алюмосиликат, модифицированный полисахаридом природного происхождения (брутто-формула полисахарида: $(C_6O_4H_7NH_2)_n$);

5) серпентинит + природный алюмосиликат;

6) природный алюмосиликат, модифицированный полисахаридом природного происхождения, + серпентинит.

Для триботехнических испытаний образцы изготавливали из стали ХВГ в форме роликов диаметром 45 мм, шириной 10 мм, часть образцов покрывали хромовым покрытием. Перед проведением испытаний образцы полировали алмазной пастой до Ra = 0,063 мкм. Испытания на универсальной машине модели УМТВК проводили по схеме «ролик – ролик» в условиях граничного трения при постоянной скорости скольжения 0,628 м/с. В качестве неподвижного образца использовался ролик из стали ХВГ твердостью 60–61 HRC. Смазку пары трения осуществляли капельным способом (25–30 капель в минуту). Для смазки применялось дизельное топливо марки Л-0.5 по ГОСТ 305–82. В качестве искусственного загрязнителя использовалась кварцевая пыль дисперсностью 1–5 мкм. Концентрация загрязнителя в топливе составляла 1%. Время испытаний каждой пары трения составляло четыре часа. Нагрузка изменялась от 100 до 500 Н. В процессе испытаний фиксировали следующие параметры: интенсивность (величину) изнашивания, силу (коэффициент) трения и температуру фрикционного разогрева.

Детали и образцы хромировали в универсальном сернокислом электролите на режиме: температура электролита 50°С, плотность тока 60 А/дм^2, который обеспечивает наибольшую износостойкость хромового покрытия и оптимальную микротвердость в пределах 9120–9210 МПа. Толщина хромового покрытия составляла 12–15 мкм, которая необходима для восстановления изношенных или упрочнения новых деталей.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате сравнительных триботехнических испытаний было установлено (таблица).

Модифицирование поверхностного слоя гальванического хрома позволяет уменьшить износ покрытия и сопряженной детали, при этом величины износа существенно зависят от состава модификатора.

Износ хрома отсутствует после его упрочнения алюмосиликатом, модифицированного полисахаридом, но при этом велик износ сопряженной детали (96,1% от износа стали ХВГ при трении с неупрочненным хромом).

Минимальный износ (28,4%) наблюдается после упрочнения хрома алюмосиликатом, при этом износ сопряженной детали несколько меньше (76,5%).

Упрочнение хрома серпентинитом позволяет получить износ покрытия 31,4% при минимальном износе сопряженной детали — всего 47%.

Упрочнение хрома кварцем незначительно уменьшает его износ (с 41,2% для неупрочненного хрома до 37,2%, т.е. всего на 4%), но снижает износ сопряженной детали до 52,9%.

Модифицирование поверхности хрома уменьшает температуру в зоне фрикционного контакта. Наибольшее уменьшение температуры наблюдается при упрочнении алюмосиликатом, модифицированным полисахаридом, наименьшее – при использовании кварца во всем диапазоне нагрузок.

Коэффициент трения стабильный и самый низкий во всем диапазоне нагрузок у трибосопряжения с образцами, упрочненными серпентинитом и алюмосиликатом, модифицированным полисахаридом. Применение кварца и алюмосиликата снижает коэффициент трения в меньшей степени, причем кварц и после приработки обеспечивает уменьшение коэффициента трения при увеличении нагрузки в исследуемом диапазоне.

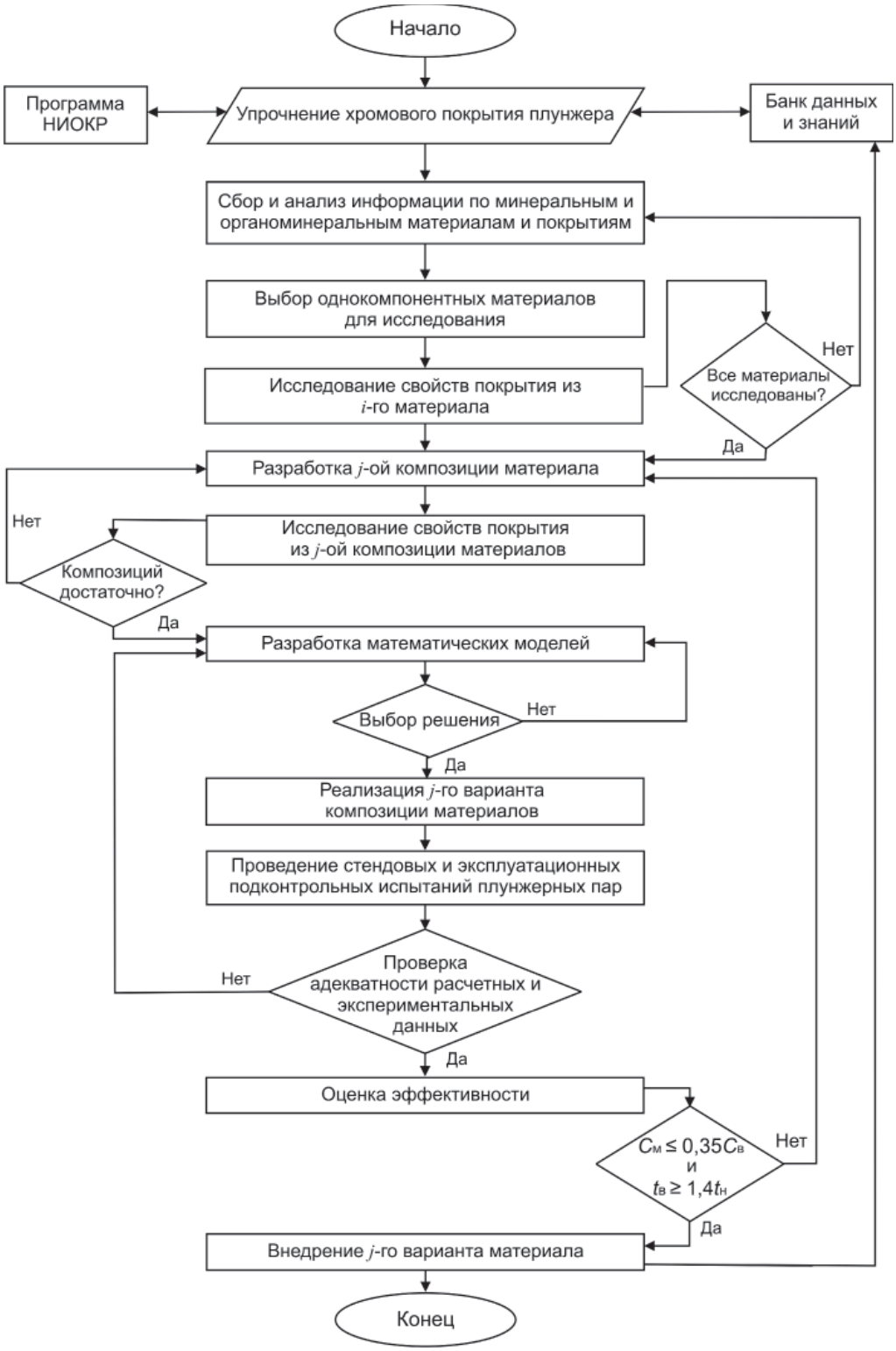


Рис. 1. Блок-схема поиска оптимального химического состава минеральных и органоминеральных материалов для упрочнения хромового покрытия

Для дальнейших исследований создавались композиции из следующих материалов: серпентинита (50% по массе) и алюмосиликата природного происхождения (50% по массе) – композиция № 5, серпентинита (50% по массе) и алюмосиликата природного происхождения, модифицированного полисахаридом природного происхождения – композиция № 6.

Результаты сравнительных триботехнических испытаний

Пара трения	Нагрузка, Н	Время испытаний, ч	t_{max}, °С	$k_{тр}$	Средняя скорость изнашивания, мг/ч	
					покрытия	ХВГ
ХВГ – хром	100	0,5	49	0,171	1,8	6,8
	200	0,5	64	0,142	1,2	5,0
	300	1,0	78	0,148	1,2	1,5
	500	2,0	110	0,174	0,8	1,4
ХВГ – хром, модифицированный составом № 1 (серпентинит)	100	0,5	42	0,113	0	0,4
	200	0,5	52	0,128	0,6	1,0
	300	1,0	64	0,128	1,3	2,5
	500	2,0	98	0,128	1,3	1,1
ХВГ – хром, модифицированный составом № 2 (алюмосиликат)	100	0,5	48	0,114	0	0,8
	200	0,5	55	0,134	0	1,8
	300	1,0	71	0,138	0	2,0
	500	2,0	105	0,166	1,5	2,2
ХВГ – хром, модифицированный составом № 3 (кварц)	100	0,5	44	0,171	1,6	1,4
	200	0,5	55	0,150	0,8	
	300	1,0	73	0,143	1,5	
	500	2,0	108	0,137	0,6	
ХВГ – хром, модифицированный композицией № 4	100	0,5	36	0,149	0	2,4
	200	0,5	50	0,129	0	
	300	1,0	60	0,133	0	
	500	2,0	95	0,125	0,2	
ХВГ – хром, модифицированный композицией № 5	100	0,5	40	0,143	0	0,6
	200	0,5	51	0,143	0,8	1,2
	300	1,0	70	0,152	0,4	1,9
	500	2,0	106	0,137	0,4	1,1
ХВГ – хром, модифицированный композицией № 6	100	0,5	38	0,156	0	0001,4
	200	0,5	51	0,143	0	
	300	1,0	63	0,133	0	
	500	2,0	98	0,125	1,1	

Минимальный суммарный износ сопряжения наблюдается при использовании композиции № 5 и составляет всего 46% от суммарного износа базового варианта сопряжения (ХВГ – Cr), причем износ модифицированного хрома составляет 38,6% от немодифицированного хрома, а стали ХВГ – 49%.

Применение композиции № 6 приводит к износу модифицированного образца только при нагрузке 500 Н. Износ неподвижного образца составляет 53,9% от износа базового варианта (ХВГ – хром).

Таким образом, получение наилучших триботехнических свойств для пар трения ХВГ–ХВГ и ХВГ–хром обеспечивают следующие минеральные и органоминеральные композиции:

– 50% серпентинит + 50% алюмосиликат (композиция № 5);

– 50% серпентинит + 50% алюмосиликат, модифицированный полисахаридом природного происхождения (композиция № 6).

Для нахождения оптимального содержания серпентинита в композициях № 5 и № 6 были проведены дополнительные испытания в течение 1 ч при нагрузке 500 Н.

Установлено, что минимальный износ покрытия и сопряженной детали из стали ХВГ наблюдается после упрочнения хромового покрытия композицией 90% серпентинита + 10% алюмосиликата, модифицированного полисахаридом, суммарная скорость изнашивания трибосопряжения всего 2,2 мг/ч. Увеличение доли алюмосиликата в композиции до 20% приводит к возрастанию суммарной скорость изнашивания до 2,5 мг/ч (на 13,6%) за счет увеличения износа как покрытия, так и стали ХВГ. При этом величина износа покрытия возрастает в 2 раза, а стали ХВГ – всего на 5%.

Затем по износостойкости следует композиция, содержащая 90% серпентинита и 10% алюмосиликата, – суммарная скорость изнашивания трибосопряжения 2,7 мг/ч. Повышение износостойкости трибосопряжения по сравнению с хромовым покрытием без упрочнения составляет 3,3 раза.

На основании исследований образования металлокерамических покрытий фрикционным методом было установлено, что основными параметрами модифицирования осадков хрома при применении фрикционного метода являются: приведенное усилие прижатия индентора к упрочняемой поверхности P и время упрочнения t. Линейная скорость упрочняемой поверхности была постоянной и составляла 0,71 м/с. Модифицирование поверхности трения минеральными и органоминеральными материалами осуществляли неподвижным индентором из серого перлитного чугуна диаметром 45 мм, который прижимался к вращающимся образцу или упрочняемой детали. Модифицирующий состав, состоящий из минерального или органоминерального материала и дизельного топлива, наносился на упрочняемую поверхность.

Установлено, что усилие прижатия индентора менее 20 Н/мм не обеспечивает качественного упрочнения. Увеличение нагрузки свыше 40 Н/мм приводит к образованию дефектов на поверхности гальванического хрома в виде рисок или язвин, а иногда и шелушению покрытия. Триботехнические испытания проводили при нагрузке 500 Н в течение 3 ч, так как при меньших нагрузках износ покрытия практически отсутствует. Предварительно образцы прирабатывались после упрочнения при нагрузке 300 Н в течение 5 мин. В качестве функций отклика были выбраны величины скорости изнашивания композиционного покрытия и стального образца.

Для получения композиционного покрытия использовали композицию 90% серпентинита + 10% алюмосиликата, модифицированного полисахаридом. В процессе триботехнических испытаний фиксировали следующие параметры: интенсивность (величину) изнашивания, силу (коэффициент) трения и температуру фрикционного разогрева.

В результате исследований получены зависимости величин скоростей изнашивания композиционного покрытия (1) и сопряженного образца из стали ХВГ (2) от параметров режима упрочнения хромового покрытия

$$V_{\text{п}} = 1{,}72 + 0{,}011t - 0{,}035P_{п}, \text{ мг/ч}; \quad (1)$$

$$V_{\text{н}} = 2{,}27 + 0{,}076t - 0{,}029P_{п} - 0{,}00125P_{п}t, \text{ мг/ч}. \quad (2)$$

Наибольшее влияние на скорости изнашивания покрытия и сопряженной стали ХВГ оказывает усилие прижатия индентора к упрочняемой поверхности (1 и 2). С увеличением усилия прижатия величины скоростей изнашивания уменьшаются (рис. 2). Несколько меньшее влияние на величины скоростей изнашивания оказывает время упрочнения: по мере его возрастания скорости изнашивания увеличиваются.

Оптимальным по всем триботехническим параметрам является режим упрочнения, при котором максимальное усилие прижатия индентора к упрочняемой поверхности (40 Н/мм) и минимальное время упрочнения (1 мин).

Далее проводили испытания по модифицированию хромового покрытия путем применения ступенчатого нагружения. Было установлено, что такой вид нагружения позволяет снизить скорость изнашивания покрытия после приработки вследствие более быстрого образования вторичных структур и приспособляемости поверхностей трения к условиям работы. Минимальная величина усилия составляла 10 Н/мм. Время воздействия при каждой нагрузке составляло 1 мин. Такая схема упрочнения позволила увеличить износостойкость покрытия при упрочнении на максимальной нагрузке прижатия индентора к детали в 1,4 раза (рис. 2, кривая *1*). Зависимость скорости изнашивания композиционного покрытия от максимального усилия прижатия индентора к упрочняемой поверхности имеет вид

$$V_{\text{п}} = 2{,}17 + 0{,}0006P_{п}^{2} - 0{,}073P_{п}, \text{ мг/ч}. \quad (3)$$

Скорость изнашивания сопряженной детали из стали ХВГ после упрочнения хромового покрытия при ступенчатом нагружении при упрочнении примерно такая же, как и при мононагружении. Температура в зоне трибоконтакта и коэффициент трения практически не зависят от вида нагружения при упрочнении.

Исследование композиционных покрытий с помощью рентгено-электронной спектроскопии позволило установить состав металлокерамической пленки на глубине до 100 нм (в атомных процентах): C = 56,23, O = 21,83, Cr = 10,89, Si = 3,78, Al = 4,93, Na = 1,78, Mn = 0,33, Fe = 0,23.

Выводы

Таким образом, упрочнение гальванического хрома композицией 90% серпентинита + 10% алюмосиликата, модифицированного полисахаридом, при ступенчатом увеличении нагрузки (максимальное усилие 40 Н/мм) и времени воздействия при каждой нагрузке в течение 1 мин позволяет повысить износостойкость хрома более

чем в 8 раз. Нанесение композиционного покрытия на оптимальном режиме позволяет также уменьшить скорость изнашивания покрытия и сопряженной детали из стали ХВГ в 6 раз. При этом суммарная скорость изнашивания сопряжения в целом уменьшается в 6,3 раза. Следовательно, долговечность сопряжения при восстановлении подвижной детали нанесением композиционного покрытия возрастет не менее чем в 6 раз по сравнению с парой трения «хром – сталь ХВГ».

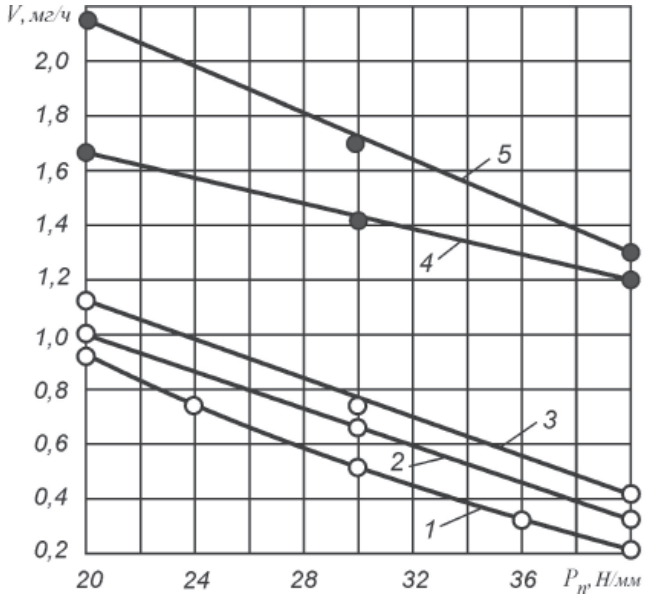


Рис. 2. Зависимость скоростей изнашивания покрытия (линии 1, 2 и 3) и сопряженного образца из стали ХВГ (линии 4 и 5) от приведенной нагрузки и времени упрочнения: 1 – ступенчатое нагружение при упрочнении с интервалом нагрузок 100 Н, время воздействия при каждой нагрузке 1 мин; 2 – 1 мин; 3 – 10 мин; 4 – 1 мин; 5 – 10 мин

Плунжерные пары с композиционными покрытиями успешно эксплуатируются на судах судоходных компаний и имеют безотказную наработку свыше 14 тыс. ч для среднеоборотных и свыше 20 тыс. ч для малооборотных дизелей, работающих на тяжелых сортах топлива.

Список литературы

1. Лазарев С.Ю. К вопросу о критериях выбора природных минеральных материалов и других веществ для покрытий разного назначения / С.Ю. Лазарев, С.Б. Токманев, В.Б. Хмелевская // Металлообработка. – 2006. – № 3 (33). – С. 29–35.

2. Леонтьев Л.Б. Технологическое обеспечение надежности судового оборудования. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2009. – 544 с.

3. Леонтьев Л.Б. Формирование износостойких покрытий на прецизионных узлах трения / Л.Б. Леонтьев, Н.П. Шапкин, А.Л. Леонтьев // Металлообработка. – 2011. – № 3. – С. 14–17.

4. Погодаев Л.И. Структурно-энергетические модели надежности материалов и технических средств / Л.И. Погодаев, А.А. Кузьмин. – СПб.: СПГУВК, 2010. – 123 с.

5. Хмелевская В.Б. Технологические процессы восстановления и упрочнения деталей механизмов / В.Б. Хмелевская, М.Б. Мяконьков, В.М. Петров. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 192 с.

References

1. Lazarev S.Y. Criteria of selection of natural mineral materials and other materials for the coatings for different purposes / S.Y. Lazarev, S.B. Tokman, V.B. Khmelevskaya // Metalworking. 2006. no. 3 (33). pp. 29–35.

2. Leontiev L.B. Reliability Engineering support marine equipment. Vladivostok: Mor. State. University Press, 2009. 544 p.

3. Leontev L.B. Formation of wear-resistant coatings on precision nodes friction / L.B. Leontiev, N.P. Shapkin, A.L. Leontiev // Metalworking. 2011. no. 3. pp. 14–17.

4. Pogodaev L.I. Structural and energy models for the reliability of materials and technical means / L.I. Pogodaev, A.A. Kuzmin. SPb.: SPGUVK, 2010. 123 p.

5. Khmelevskaya V.B. Processes recovery and hardening of mechanisms / V.B. Khmelevskaya, M.B. Myakonkov, V.M. Petrov. SPb.: Izd Polytechnic. University Press, 2010. 192 p.

Рецензенты:

Москаленко А.Д., д.т.н., профессор, президент Дальневосточного отделения Российской академии транспорта, г. Владивосток;

Юдаков А.А., д.т.н., профессор, зам. директора Института химии ДВО РАН по инновациям, г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.3.049.77

КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЖЕСТКОСТИ ПАЛЬЦЕВ ГРЕБЕНОК ЭЛЕКТРОДОВ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

[1,2]Лысенко И.Е., [1]Ежова О.А., [3]Лашков А.В.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: igor@fep.tti.sfedu.ru;
[2]ООО «Центр нанотехнологий», Таганрог;
[3]ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина», Саратов, e-mail: 19lashkov88@rambler.ru

Базовым классом компонентов микросистемной техники являются микроэлектромеханические системы (МЭМС) – устройства с интегрированными в объеме или на поверхности твердого тела электронными и микромеханическими структурами. Интеграция МЭМС с оптическими компонентами позволила выделить отдельный класс компонентов микросистем. Основными элементами данных систем являются микроэлектромеханические преобразователи, включающие в себя электростатические приводы и емкостные преобразователи перемещений. Разработан критерий оценки жесткости пальцев подвижных и неподвижных электродов микроэлектромеханических преобразователей, позволяющий оценить максимальную длину пальцев электродов с целью снижения вероятности наступления эффекта неконтролируемого электростатического притяжения. Проведен анализ результатов моделирования. Получены оценки максимальной длины пальцев электродов в зависимости от длины их перекрытия и прикладываемого напряжения.

Ключевые слова: МЭМС, электромеханические преобразователи, модель, моделирование

ASSESSMENT CRITERION OF THE RIGIDITY OF COMB ELECTRODES FINGERS OF MICROELECTROMECHANICAL CONVERTERS

[1,2]Lysenko I.E., [1]Ezhova O.A., [3]Lashkov A.V.

[1]Southern Federal University, Taganrog, e-mail: igor@fep.tti.sfedu.ru;
[2]Nanotechnology center, Llc, Taganrog;
[3]Saratov State University, Saratov, e-mail: 19lashkov88@rambler.ru

The base class components microsystem technology are microelectromechanical systems (MEMS) – devices with integrated volume or on the surface of a solid electronic and micromechanical structures. Integration of MEMS and optical components allowed to allocate a separate class of microsystems components. The main elements of these systems are MEMS transducers, which include electrostatic actuators and capacitive displacement transducers. Assessment criterion of the rigidity of comb electrodes fingers of the microelectromechanical converters is developed. Assessment criterion allowing to estimate the maximal length of electrodes fingers with the purpose of decrease of approach probability of snap-down effect. An analysis of the modeling results have been carried out. The estimations of the maximal length of electrodes fingers are received depending on length of their overlapping and applied voltage.

Keywords: MEMS, electromechanical converters, model, modeling

Возникшая в середине 80-х годов прошлого века на стыке электроники, механики и оптики микросистемная техника остается одним из наиболее динамично развивающихся научно-технических направлений. Базовым классом компонентов микросистемной техники являются микроэлектромеханические системы (МЭМС) – устройства с интегрированными в объеме или на поверхности твердого тела электронными и микромеханическими структурами. Интеграция МЭМС с оптическими компонентами позволила выделить отдельный класс компонентов микросистем, названный микрооптикоэлектромеханическими системами. Основными элементами данных систем являются микроэлектромеханические преобразователи, включающие в себя электростатические приводы и емкостные преобразователи перемещений [1, 2].

При проектировании электростатических приводов и емкостных преобразователей перемещений микромеханических устройств необходимо учесть ряд эффектов, приводящих к возникновению неконтролируемого электростатического притяжения подвижных и неподвижных структур [3].

Постановка проблемы

Как следует из принципов работы микромеханических устройств [3, 4, 6], для корректной работы необходимо возвратно-поступательное или вращательное движение подвижных элементов. Однако, как видно на рис. 1, при подаче отклоняющих напряжений между неподвижными и подвижными электродами электромеханических преобразователей возникает объемное электрическое поле, приводящее к отклонению подвижных электродов не только вдоль оси Y, но и вдоль осей X и Z [7].

Так как подвижные и неподвижные электроды электромеханических преобразователей изготавливаются в одном структур-

ном слое, то можно выделить следующий вид технологической погрешности – дрейф зазора между пальцами гребенчатых структур [6]. Указанная технологическая погрешность приводит к возникновению колебаний подвижных элементов под действием результирующей электростатической силы вдоль оси *X*, обусловленных растяжением/сжатием балок упругого подвеса подвижных электродов.

Как показано в работах [6, 7] амплитуда данных колебаний составляет единицы процентов от величины зазора между пальцами электродов и не вносит существенный вклад в возникновение неконтролируемого электростатического притяжения.

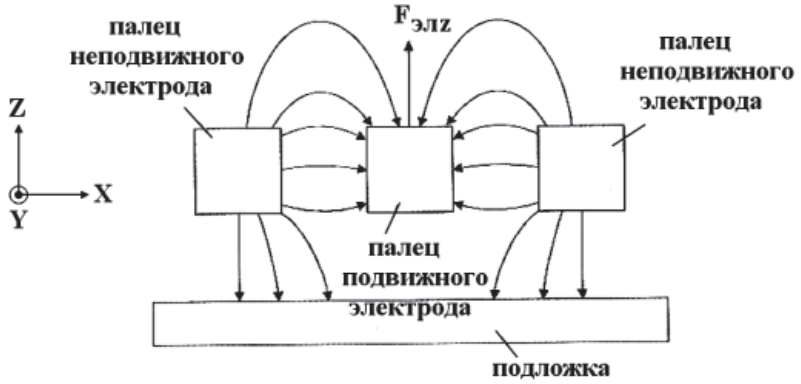


Рис. 1. Схема взаимодействия гребенчатых электродов электростатических приводов

Кроме того, электрическое поле вдоль оси *X* способно вызвать эффект неконтролируемого электростатического притяжения пальцев гребенок электродов электромеханических преобразователей при недостаточной их жесткости (рис. 2) [7].

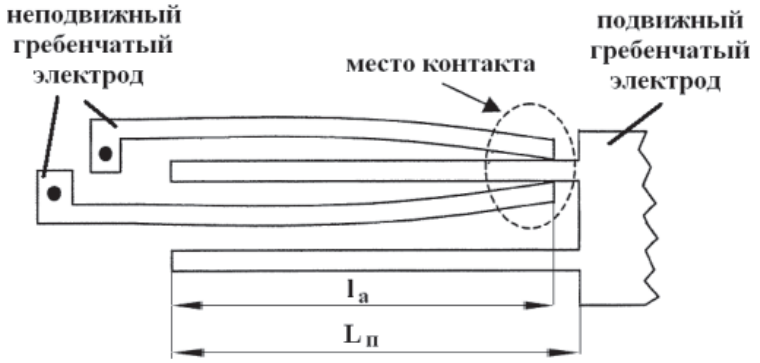


Рис. 2. Электростатическое притяжение подвижных и неподвижных электродов

Поэтому при расчете топологии электростатических приводов и емкостных преобразователей перемещений микромеханических устройств необходимо учитывать влияние данной составляющей электрического поля и ввести критерий оценки жесткости пальцев подвижных и неподвижных электродов электромеханических преобразователей.

Результаты моделирования

На основе выражений для оценки жесткости консольных балок и расчета электростатической силы, создаваемого планарными электростатическими приводами [5, 6], получен критерий оценки максимальной длины пальцев гребенок электродов электромеханических преобразователей:

$$L_{\text{п}} = l_{\text{a}} + w_{\text{п}} g_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{18 l_{\text{a}} \varepsilon \varepsilon_0 U^2}},$$

где $w_{\text{п}}$ – ширина пальцев гребенки электродов; l_{a} – длина перекрытия пальцев гребенок электродов; g_0 – расстояние между пальцами гребенок подвижных и неподвижных электродов; E – модуль Юнга; ε – относительная диэлектрическая проницаемость воздушного зазора; ε_0 – электрическая постоянная; U – напряжение.

На рис. 3–6 представлены зависимости максимальной длины пальцев гребенок электродов от длины их перекрытия и прикладываемого напряжения.

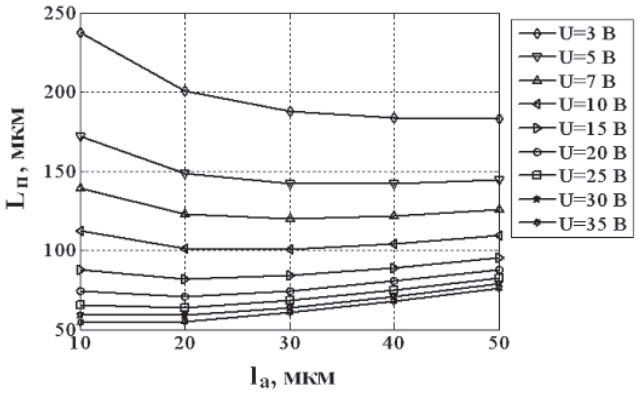


Рис. 3. Зависимость максимальной длины пальцев гребенок электродов от длины их перекрытия при wn = 1 мкм и g0 = 1 мкмв

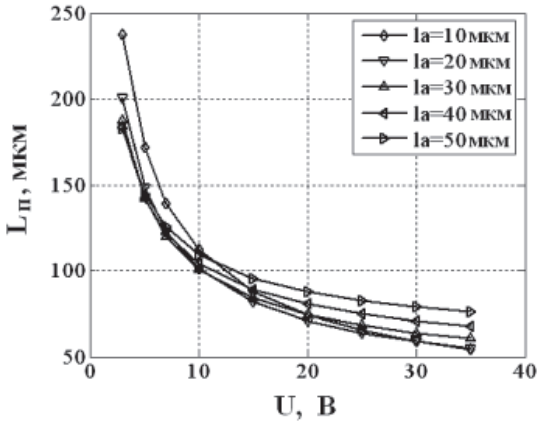


Рис. 4. Зависимость максимальной длины пальцев гребенок электродов от прикладываемого напряжения при w_n = 1 мкм и g_0 = 1 мкм

Влиянием электрического поля вдоль оси *Z*, создаваемого электростатическими приводами, приводит к возникновению эффекта левитации подвижных структур микромеханических гироскопов и, следовательно, возникновению квадратурной ошибки. Для устранения данного эффекта подложка заземляется и получаемое асимметричное электрическое поле, действующее в верхней части электростатических приводов, неспособно вызвать колебания с амплитудой, существенно влияющей на квадратурную ошибку. Для устранения асимметричного электрического поля могут быть применены дополнительные неподвижные электроды, расположенные над гребенчатыми структурами подвижных и неподвижных электродов [7].

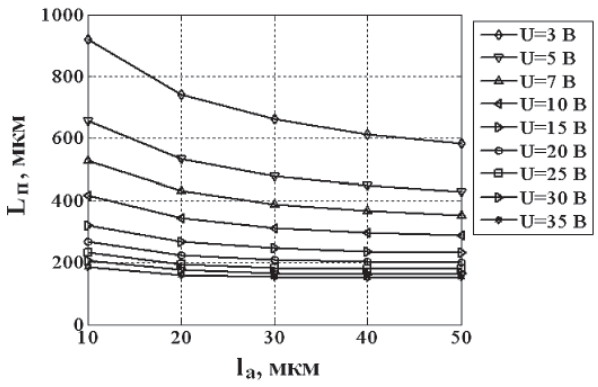


Рис. 5. Зависимость максимальной длины пальцев гребенок электродов от длины их перекрытия при w_n = 2 мкм и g_0 = 2 мкм

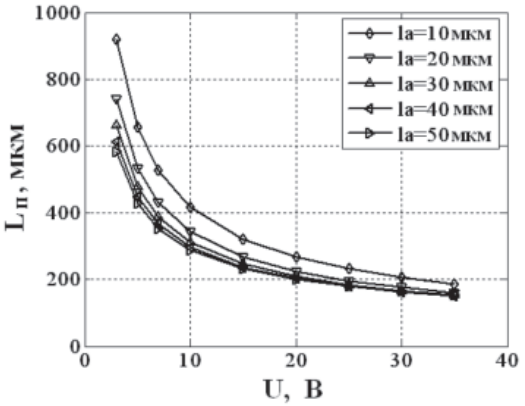


Рис. 6. Зависимость максимальной длины пальцев гребенок электродов от прикладываемого напряжения при w_n = 2 мкм и g_0 = 2 мкм

Заключение

Так как все электромеханические преобразователи обратимы [3, 6], т.е. могут работать как электростатические приводы, так и как емкостные преобразователи перемещений, то при наступлении определенных условий последние начнут работать в качестве электростатических приводов. Критерии, позволяющие определить данные условия обратимости, могут быть получены из уравнений равновесия чувствительных элементов микромеханических устройств.

Предложенный критерий оценки максимальной длины пальцев гребенок подвижных и неподвижных электродов может использоваться при проектировании микромеханических устройств.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Гос. соглашение № 14.A18.21.0126) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Изделия микросистемной техники – основные понятия и термины / В.Д. Вернер, А.А. Иванов, Н.Г. Коломенская, В.В. Лучинин, П.П. Мальцев, И.В. Попова, А.Н. Сауров, В.А. Телец // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – № 12. – С. 2–5.

2. Современные тенденции развития микросистемной техники / В.Д. Вернер, П.П. Мальцев, А.А. Резнев, А.Н. Сауров, Ю.А. Чаплыгин // Нано- и микросистемная техника. – 2008.– № 8.– С. 2–6.

3. Гридчин В.А., Драгунов В.П. Физика микросистем: учеб. пособие. В 2 ч. Ч.1.– Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 416 с.

4. Лысенко И.Е. Проектирование сенсорных и актюаторных элементов микросистемной техники.– Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 103 с.

5. Лысенко И.Е., Шерова Е.В. Моделирование упругого подвеса трехосевого микромеханического гироскопа-акселерометра // Известия вузов. Электроника. – 2009. – № 4. – С. 48–55.

6. Распопов В.Я. Микромеханические приборы. – М.: Машиностроение. – 2007. – 400 с.

7. Palaniapan M. Integrated surface micromachined frame microgyroscopes. – University of California, Berkeley, 2002. – 168 p.

References

1. Verner V.D., Ivanov A.A., Kolomenskaya N.G., Luchinin V.V., Maltsev P.P., Popova I.V., Saurov A.N., Telec V.A. Izdeliya mikrosistemnoi tekhniki – osnovnye ponyatiya i terminy // Nano- i mikrosistemnaya tekhnika. 2007. no. 12. pp. 2–5.

2. Verner V.D., Maltsev P.P., Reznev A.A., Saurov A.N., Chaplygin Yu.A. Sovremennye tendencii razvitiya mikrosistemnoi tehniki // Nano- i mikrosistemnaya tekhnika. 2008. no. 8. pp. 2–6.

3. Gridchin V.A., Dragunov V.P. Fizika mikrosistem: Ucheb. posobie. V 2 ch. Ch.1. Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2004. 416 p.

4. Lysenko I.E. Proektirovanie sensornyh i aktyuatornyh elementov mikrosistemnoi tekhniki. Taganrog: Izdatel'stvo TRTU, 2005. 103 p.

5. Lysenko I.E., Sherova E.V. Modelirovanie uprugogo podvesa trehosevogo mikromekhanicheskogo giroskopa-akselerometra // Izvestija vuzov. Elektronika. 2009. no. 4. pp. 48–55.

6. Raspopov V.Ya. Mikromekhanicheskie pribory. M.: Mashinostroenie. 2007. 400 p.

7. Palaniapan M. Integrated surface micromachined frame microgyroscopes. University of California, Berkeley, 2002. 168 p.

Рецензенты:

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник ЮНЦ РАН;

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии ФГБОУ ВПО ТГПИ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.3.049.77

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ТУННЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЭМС

[1]Приступчик Н.К., [1]Заикин А.Н., [1]Завьялов Д.К., [2]Кошелева Н.Н.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: nikita.pristupchik@gmail.com;

[2]ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, e-mail: natdirda@mail.ru

В настоящей работе дается параметрическое представление туннельного преобразователя перемещения. Основными параметрами являются: работа выхода, расстояние между электродами, приложенное напряжение. Разработан метод численного решения одномерного стационарного уравнения Шрёдингера для моделирования квантового транспорта в наноструктуре преобразователя. Получены выражения для расчета прозрачности потенциальных барьеров. Предложенный метод решения уравнения Шрёдингера позволяет строить численные решения как на ступенчатых, так и на гладких потенциальных рельефах. Показано, что пренебрежение качественным изменением формы потенциального рельефа в приповерхностных областях электродов преобразователя в ряде случаев оказывает существенное влияние на величину коэффициента прозрачности. Основными отличительными особенностями предложенного метода моделирования туннельных преобразователей перемещения МЭМС являются: использование параметрической модели туннельного преобразователя; учет взаимодействия туннелирующих электронов с электродами преобразователя; численный расчет коэффициентов прозрачности потенциальных рельефов.

Ключевые слова: микросистемная техника, туннельные преобразователи перемещения, квантовый транспорт

MEMS TUNNELING DISPLACEMENT TRANSDUCERS SIMULATION METHOD

[1]Pristupchik N.K., [1]Zaikin A.N., [1]Zavyalov D.K., [2]Kosheleva N.N.

[1]Southern Federal University, Taganrog, e-mail: nikita.pristupchik@gmail.com;

[2]Voronezh State University, Voronezh, e-mail: natdirda@mail.ru

In this work a parametric representation of the tunneling displacement transducer is given.The main parameters are work function, electrode distance, bias voltage. The numerical method of the Schrödinger stationary one-dimensional equation solving for quantum transport simulation at nanoscale is developed. The expressions for potential barriers transparency calculation are obtained. The method discussed in this work is capable for obtaining numeric solutions whether on stepped or continuously differentiable potential reliefs.Itwas concluded thatin some casesneglecting qualitative changes occurring to the potential relief at the electrodesurfacesdramatically affects transparency. The main features of the proposed method of modeling MEMS tunneling displacement transducers are: using a parametric model of the tunneling transducer; taking into account the interaction of the tunneling electrons with the electrodes of the converter; numerical calculation of transmission coefficients of the potential relief.

Keywords: microsystems, tunneling displacement transducer, quantum transport

Совершенствование элементной базы микроэлектроники, а также микросистемной техники позволяет, с одной стороны, существенно упростить мониторинг параметров движения человека за счет применения малоразмерных портативных датчиков, а с другой стороны, обеспечить большую детализацию мониторинга за счет увеличения числа датчиков, составляющих измерительную систему. Таким образом, поиск перспективных направлений дальнейшей миниатюризации инерциальных микроэлектромеханических систем (МЭМС) регистрации линейных ускорений и угловых скоростей, обеспечивающих мониторинг параметров движения человека, является актуальной научно-технической задачей, имеющей большое практическое значение [5].

Использование преобразователей перемещения на основе туннельного эффекта является одним из эффективных путей повышения чувствительности акселерометров. Под туннельным преобразователем перемещения понимается система, состоящая из подвижного и неподвижного электродов, разделенных пространственным зазором, величина которого составляет единицы нанометров и обеспечивает протекание туннельного тока между электродами, включенными во внешнюю цепь. Изменение взаимного расположения электродов обеспечивается передачей движения в МЭМС под действием внешних сил и приводит к изменению плотности туннельного тока в текущий момент времени [4].

В настоящей работе предлагается метод моделирования туннельных преобразователей перемещения МЭМС с нанометровыми пространственными зазорами посредством численного решения одномерного стационарного уравнения Шрёдингера.

Параметрическая модель туннельного преобразователя

На рис. 1 приведена геометрическая модель туннельного преобразователя пере-

мещения МЭМС. Неподвижный и подвижный полупроводниковые электроды закреплены на изолирующей подложке и разделены пространственным зазором *d*. Перемещение подвижного электрода обеспечивается за счет упругой деформации подвеса, выполненного в виде консольной балки длины *L*, ширины *w* и толщины *t*. Ось чувствительности данного преобразователя проходит через центр симметрии неподвижного электрода и перпендикулярна плоскости подложки. Условимся считать неподвижный электрод эмиттером, а подвижный – коллектором.

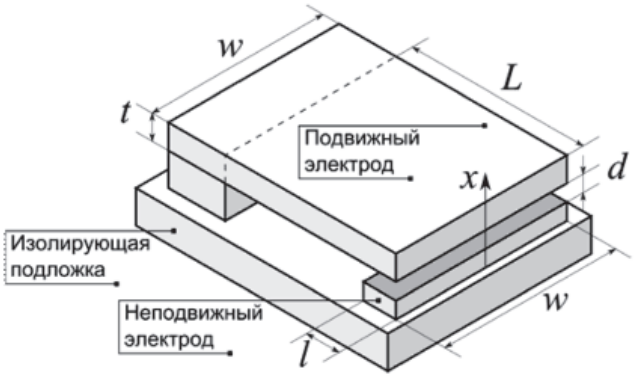


Рис. 1. Геометрическая модель туннельного преобразователя перемещения

В том случае, когда имеет место соотношение $d \ll l < w$ и можно пренебречь краевыми эффектами, потенциальный рельеф системы, приведённой на рис. 1, может быть представлен суперпозицией потенциальных энергий взаимодействия носителей заряда с поверхностями электродов, а также электростатическим полем в зазоре, обусловленным приложенной разностью потенциалов.

Рассмотрим систему, состоящую из одного электрода и свободного пространства. Принимая энергию электрона в вакууме и границу раздела электрод-вакуум за начало отсчета, потенциальный рельеф может быть выражен следующим образом [6]:

$$U_s(x, \varphi_{wf}) = \varphi_{wf} \cdot (\Theta(x) - 1), \qquad (1)$$

где φ_{wf} – работа выхода; $\Theta(x)$ – функция Хэвисайда.

Работа выхода определяется выражением [4]:

$$\varphi_{wf} = \chi + \frac{\varphi_g}{2} - \varphi_t \cdot \ln\frac{n}{n_i}, \qquad (2)$$

где χ – сродство к электрону; φ_g – ширина запрещенной зоны; φ_t – температурный потенциал; n – концентрация электронов; n_i – собственная концентрация.

В том случае, когда $U_s(x, \varphi_{wf}) < 0$, частица считается связанной в твёрдом теле, в противном случае, $U_s(x, \varphi_{wf}) \geq 0$, частица считается свободной.

Потенциальный рельеф, соответствующий системе вакуум-электрод, по аналогии с (1) может быть представлен следующим образом:

$$U'_s(x, \varphi_{wf}) = -\varphi_{wf} \cdot \Theta(x). \qquad (3)$$

Выражение (3) описывает функцию, симметричную по отношению к (1).

Потенциальный рельеф преобразователя описывается выражением:

$$U_b(x, \varphi_{wf}, d) = \varphi_{wf}\left[\left(\Theta\left(x + \frac{d}{2}\right) - 1\right) - \Theta\left(x - \frac{d}{2}\right)\right], \qquad (4)$$

где d – расстояние между электродами.

Чтобы учесть взаимодействие электрона с электростатическим полем, обусловленным приложенной разностью потенциалов, необходимо построить суперпозицию правой части уравнения (4), решения уравнения Лапласа в области, ограниченной поверхностями электродов, а также уравнения Пуассона в областях электродов:

$$U_{LP}(x, \varphi_{wf}, d, \Delta U) = \left[\frac{\Delta U}{d} \cdot x + \frac{\Delta U}{2}\right] \cdot \left[\Theta\left(x + \frac{d}{2}\right) - \Theta\left(x - \frac{d}{2}\right)\right] + \Delta U \cdot \left(x + \frac{d}{2}\right), \qquad (5)$$

где ΔU – разность потенциалов электрода-эмиттера (неподвижный электрод на рис. 1) и электрода-коллектора (подвижный электрод на рис. 1).

Чтобы учесть влияние взаимодействия между туннелирующим электроном и электродами необходимо модифицировать выражение (4):

$$U_b\left(x, \varphi_{wf}, d\right) = \varphi_{wf}\left[\left(\Theta\left(x+\frac{d}{2}\right)-1\right)-\Theta\left(x-\frac{d}{2}\right)\right]+U_e\left(x, \varphi_{wf}, d\right)+U_c\left(x, \varphi_{wf}, d\right), \quad (6)$$

где $U_e(x, \varphi_{wf}, d)$ – поправочная функция, выражающая взаимодействие электрона с поверхностью эмиттера; $U_c(x, \varphi_{wf}, d)$ – поправочная функция, выражающая взаимодействие электрона с поверхностью коллектора.

Поправочные функции $U_e(x, \varphi_{wf}, d)$ и $U_c(x, \varphi_{wf}, d)$ имеют вид:

$$U_e\left(x, \varphi_{wf}, d\right) = -\sigma\frac{e^2}{x+\xi}\cdot\Theta\left(x+\frac{d}{2}\right); \quad (7)$$

$$U_c\left(x, \varphi_{wf}, d\right) = -\sigma\frac{e^2}{x-\xi}\cdot\Theta\left(\left(x-\frac{d}{2}\right)-1\right), \quad (8)$$

где $U_b(x, \varphi_{wf}, d)$ выражает взаимодействие электрона с поверхностями электродов, а $U_{LP}(x, \varphi_{wf}, d, \Delta U)$ – с полем в зазоре, обусловленным разностью потенциалов ΔU.

Параметрами разработанной модели являются: работа выхода φ_{wf}, расстояние между электродами, а также разность потенциалов ΔU. На рис. 2 приведен график функции

$$U\left(x, \varphi_{wf}, d, \Delta U\right) = U_b'\left(x, \varphi_{wf}, d\right)+U_{LP}\left(x, \varphi_{wf}, d, \Delta U\right), \quad (9)$$

$U(x)$, полученной из (9) после спецификации параметров.

Моделирование туннельного эффекта в преобразователе перемещения

Известно, что плотность туннельного тока через наноразмерную структуру, может быть выражена следующим образом [1]:

$$J\left(\Delta U, T\right) = \frac{-em^* k_0 T}{2\pi^2\hbar^3}\int_{-\chi}^{\frac{1}{2}\chi} D(\Delta E)\ln\left[\frac{1+\exp\left[\left(E_F-E_x\right)/k_0T\right]}{1+\exp\left[\left(E_F-E_x-\Delta U\right)/k_0T\right]}\right]dE_x, \quad (10)$$

где k_0 – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура; e – заряд электрона; m^* – эффективная масса электрона; ħ – приведенная постоянная Планка; E_F – уровень Ферми; E_x – кинетическая энергия, связанная с движением электрона вдоль оси x; ΔU – *приложенная* разность потенциалов; $D(\Delta E)$ – коэффициент прозрачности; ΔE – разность между текущим и минимальным разрешенным значением полной энергии носителей заряда; χ – сродство к электрону.

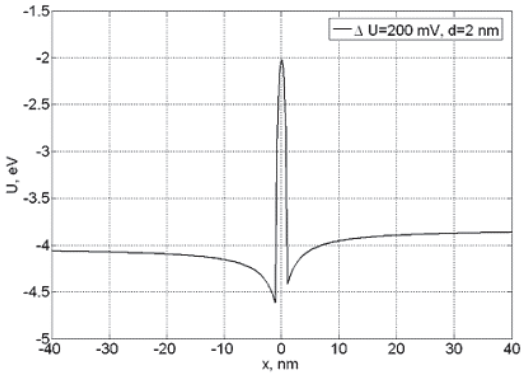


Рис. 2. Потенциальный рельеф туннельного преобразователя перемещения

где ξ – параметр, определяемый из соотношения $\sigma\frac{e^2}{\xi}-\varphi_{wf}=0$ и характеризующий протяженность поверхностного слоя, в котором электрон ещё считается связанным в твердом теле; $\sigma = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ – коэффициент для системы физических величин (СИ).

Потенциальный рельеф преобразователя теперь может быть представлен в виде:

На основании соотношения неопределенностей Гейзенберга для энергии и времени $\Delta E\cdot\Delta t \geq \hbar$ инерционность процесса туннелирования электронов с неопределенностью по энергии порядка единиц электронвольт характеризуется временами порядка 10^{-15} с. Поскольку изменение потенциальной энергии системы электродов преобразователя, обусловленное изменением конфигурации электродов, происходит за время порядка 10^{-5} с, движение носителей заряда в системе электродов преобразователя может быть описано стационарным уравнением Шрёдингера [6]. Если принять величину ΔU нормировочным множителем для потенциальной энергии, а $L = \frac{\hbar}{\sqrt{2m^*\Delta U}}$ – нормировочным множителем для координаты, то уравнение Шрёдингера после нормировки может быть записано в виде:

$$-\frac{\partial^2\psi(x)}{\partial x^2}+\left(U(x)-E\right)\psi(x)=0, \quad (11)$$

где $\psi(x)$ – нормированная волновая функция; x – нормированная координата;

$U(x)$ – нормированная потенциальная энергия; E – нормированная полная энергия частицы.

Аналитическое решение уравнения (11) возможно построить лишь в случае, когда потенциальный рельеф $U(x)$ задан на множестве последовательных отрезков, на каждом из которых значение потенциальной энергии постоянно. Известно, что уже в случае потенциального барьера треугольной формы коэффициент прозрачности вычисляется приближенно [7].

Численный метод расчета коэффициента прозрачности потенциального барьера

Предлагаемый метод основывается на следующих допущениях:

– для описания движения частицы в области электродов применяется приближение эффективной массы, что позволяет использовать потенциальные рельефы вида (9);

– спектр оператора полной энергии принимается непрерывным и ограничивается сверху, что позволяет, с одной стороны, не учитывать влияния связанных состояний на движущуюся частицу, а с другой – упростить расчет плотности тока численными методами;

– взаимодействие волновой функции движущейся частицы и потенциального барьера не изменяет форму потенциального рельефа, что позволяет не учитывать влияния зарядовой плотности туннелирующих частиц.

Дискретизация уравнения (11) производится на сетке $G = \{x_i = ih \,|\, i = \overline{1,n}\}$. Заменяя в уравнении производные конечными разностями соответствующих порядков, получим:

$$-\frac{\psi_{i+1} - 2\psi_i + \psi_{i-1}}{\Delta x^2} + (U_i - E)\psi_i = 0; \quad (12)$$

$$\psi_{i+1} = 2\psi_i - \psi_{i-1} - (E - U_i)\psi_i \Delta x^2; \quad (13)$$

где $\psi_i = \psi(G)$ и $U_i = U(G)$ – значения сеточных функций в точках сетки; Δx – шаг сетки.

Решение уравнения (12) для рассеянной частицы в соответствии с определенными ранее допущениями можно представить в виде:

$$\psi_i = \exp(\kappa_i x_i + \delta), \quad (14)$$

где $\kappa_i = \sqrt{U_i - E}$ – волновое число, определяемое потенциальным рельефом; δ – приращение фазы, обусловленное рассеянием.

Для инициализации вычислительной схемы (13) необходимо задать значения сеточной функции ψ_i в двух точках сетки x_1, x_2. Следует отметить, что начальная фаза выбрана так, чтобы амплитуда рассеянной волны в выражении (14) была равна единице.

Условие непрерывности и непрерывной дифференцируемости волновой функции в каждой точке сетки (непрерывности логарифмической производной) однозначно определяет ее значение в последующей точке.

Предполагая, что частица движется справа налево, имеем из условия непрерывности логарифмической производной в точке x_1:

$$\psi_2 = (1 + \kappa_1 \Delta x)\, \psi_1, \quad (15)$$

где κ_1 – волновое число, соответствующее координате x_1, ψ_1, ψ_2 – численные значения волновой функции в соответствующих точках сетки.

Поскольку решения однородных уравнений вида (11) определены с точностью до постоянного фазового множителя [7], значение ψ_1 может быть выбрано произвольно, а ψ_2 однозначно определяется выражением (15).

Из условия непрерывности логарифмической производной в точке x_n следует:

$$A \cdot \exp(-\kappa_n x_n) + R \cdot \exp(\kappa_n x_n) = \psi_n, \quad (16)$$

$$\kappa_n \cdot \left(R \cdot \exp(\kappa_n x_n) - A \cdot \exp(-\kappa_n x_n)\right) = \frac{\psi_n - \psi_{n-1}}{\Delta x}, \quad (17)$$

где x_n – точка, соответствующая правой границе области решения; κ_n – волновое число в точке x_n; A – амплитуда падающей волны; R – амплитуда отраженной волны.

Уравнения (16) и (17) образуют совместную систему, решая которую, можно получить амплитуды отраженной и падающей волн:

$$R = \frac{(1 + \kappa_n \Delta x)\psi_n - \psi_{n-1}}{2\exp(\kappa_n x_n) \cdot \kappa_n \Delta x}; \quad (18)$$

$$A = \frac{\psi_n - R \cdot \exp(\kappa_n x_n)}{\exp(-\kappa_n x_n)}. \quad (19)$$

По определению, коэффициентом прозрачности потенциального барьера T называют отношение квадратов модулей амплитуд прошедшей и падающей волн [7]. Отношение квадратов модулей амплитуд отраженной (18) и падающей (19) волн называют коэффициентом отражения M. Амплитуда прошедшей волны в рассмотренной вычислительной схеме фактически считается известной, поэтому для определения T

используется свойство, выражающее закон сохранения потока частиц $T + M = 1$:

$$T = 1 - \frac{|R|^2}{|A|^2} = 1 - \frac{\alpha^2 \cdot \exp(-4\kappa_n x_n)}{(\psi_n - \alpha)^2}; \quad (20)$$

$$\alpha = \frac{(1 + \kappa_n \Delta x)\psi_n - \psi_{n-1}}{2\kappa_n \Delta x}. \quad (21)$$

Таким образом, для того чтобы рассчитать коэффициент прозрачности по формулам (20), (21), необходимо вычислить значения волновой функции в последней и предпоследней точках сетки.

Заключение

Основными отличительными особенностями предложенного метода моделирования туннельных преобразователей перемещения МЭМС являются:

– использование параметрической модели туннельного преобразователя;

– учет взаимодействия туннелирующих электронов с электродами преобразователя;

– численный расчет коэффициентов прозрачности потенциальных рельефов.

Кроме того, разработанный метод может быть использован для моделирования квантового транспорта в сверхрешетках и подобных им функциональных наноструктурах [3].

Проведенное сравнение результатов, полученных предложенным методом, с результатами аналитического решения уравнения (11) на барьерах вида (4) показало, что относительная погрешность определения коэффициента прозрачности T, для которых известно точное аналитическое решение, по равномерной норме составляет менее 2 %.

Следует также отметить, что значения коэффициентов прозрачности T потенциальных рельефов вида (9), полученных с помощью описанного метода, существенно (в отдельных случаях до 60 % по равномерной норме) отличаются от рассчитанных по известным формулам квазиклассического приближения, не учитывающим взаимодействия туннелирующих электронов с электродами преобразователя, что свидетельствует о неправомерности использования квазиклассических моделей туннельных преобразователей перемещения с наноразмерными пространственными зазорами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Гос. соглашение № 14.A18.21.0126) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Валиев К.А., Раков А.В. Физические основы субмикронной литографии в микроэлектронике. – М.: Радио и связь, 1984. –352 с.

2. Киселев В.Ф., Козлов С.Н., Зотеев А.В. Основы физики поверхности твердого тела. – М.: Изд-во Московского университета. Физический факультет МГУ, 1999. –284 с.

3. Коноплев Б.Г., Рындин Е.А., Денисенко М.А. Интегральный инжекционный лазер с управляемой передислокацией максимума амплитуды волновых функций носителей заряда // Вестник Южного научного центра РАН. – 2010. – Т. 6. – № 3. – С. 5–11.

4. Коноплев Б.Г., Приступчик Н.К., Рындин Е.А. Автоэмиссионный акселерометр с тремя осями чувствительности // Микросистемная техника. – 2007. – № 3. – С. 36–39.

5. Лысенко И.Е., Бегун А.С. Микро- и наносистемы для мониторинга параметров движения тела человека // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 10. – С. 246–248.

6. Fowler R.H., Nordheim L.W. Electron emission in intense electric fields // Proc. Roy. Soc. London A. – 1928. – Vol. 119. – P. 173–181.

7. Razavy M. Quantum Theory of tunnelling. – Singapure: World Scientific Publishing, 2003. –549 p.

References

1. Valiev K.A., Rakov A.V. Fizicheskie osnovy submikronnoj litografii v mikrojelektronike. M.: Radio i svjaz’, 1984. 352 p.

2. Kiselev V.F., Kozlov S.N., Zoteev A.V. Osnovy fiziki poverhnosti tverdogo tela. M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta. Fizicheskijfakul’tet MGU, 1999. 284 p.

3. Konoplev B.G., Ryndin E.A., Denisenko M.A. Integral’nyj inzhekcionnyj lazer s upravljaemoj peredislokaciej maksimuma amplitudy volnovyh funkcij nositelej zarjada // Vestnik Juzhnogo nauchnogo centra RAN. 2010. T. 6. no. 3. pp. 5–11.

4. Konoplev B.G., Pristupchik N.K., Ryndin E.A. Avtojemissionnyj akselerometr s tremja osjami chuvstvitel’nosti // Mikrosistemnajatehnika. 2007. no. 3. pp. 36–39.

5. Lysenko I.E., Begun A.S. Mikro- i nanosistemy dlja monitoringa parametrov dvizhenija tela cheloveka // Izvestija JuFU. Tehnicheskienauki. 2009. no. 10. pp. 246–248.

6. Fowler R.H., Nordheim L.W. Electron emission in intense electric fields // Proc. Roy. Soc. London A. 1928. Vol. 119. pp. 173–181.

7. Razavy M. Quantum Theory of tunnelling. – Singapure: World Scientific Publishing, 2003. 549 p.

Рецензенты:

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник ЮНЦ РАН;

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии ФГБОУ ВПО ТГПИ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 691.43.068.5

ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ СВЕРЛЕНИЕМ

Рогов В.А., Велис А.К., Шкарупа М.И.

ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва,
e-mail: vladimirrogov@yandex.ru, shkarupamish@mail.ru

Труднообрабатываемые (ТОМ) и хрупкие твёрдые неметаллические материалы (ХТНМ) характеризуются повышенными эксплуатационными свойствами и особенностью их структуры. До сих пор не существует единого мнения для их классификации и методов механической обработки. В этой работе излагается и дополняется их классификация по обрабатываемости и физико-химическому составу. Лучшим инструментом для обработки ХТНМ являются инструменты на алмазной основе, поэтому в статье описываются возможные способы производства алмазных инструментов, характеристики, преимущества и недостатки при использовании таких инструментов; методы обработки ТОМ и ХТНМ как с металлическими, так и с алмазными свёрлами. Также обоснован выбор и режимы резания для алмазных инструментов в зависимости от вида проводимой операции и типа материала.

Ключевые слова: труднообрабатываемые материалы (ТОМ), пластмассы, обработка материалов сверлением, сверление композитов, классификация материалов, сверление алмазом, сверление синтеграна, сверление стекла, сверление хрупких твердых неметаллических материалов (ХТНМ), алмазные свёрла, гальваническая технология производства свёрл, технология порошковой металлургии, технология вакуумно-диффузионной сварки алмазных зёрен, свёрла «МонАлит»

TOOLS USED IN THE PROCCES OF DRILLING HARD-MACHINING MATERIALS

Rogov V.A., Veliz A.K., Shkarupa M.I.

People's Friendship University of Russia, Moscow,
e-mail: vladimirrogov@yandex.ru, shkarupamish@mail.ru

Hard machining (HMM) and brittle solid nonmetallic materials (BSNM) are characterized by their high performance characteristics and structure peculiarities. So far, there is not a unanimous agreement on their classification and machining methods. In this paper materials are classified by their workability and chemical composition; this classification is complemented. The best tool for machining BSNM is a diamond based tool, so in this paper is described the manufacturing of diamond tools, advantages and disadvantages of methods of machining HMM and BSNM as with conventional drill bits, and diamond drill bits; the selection of diamond tools and their cutting mode depending on the type of work and type of material.

Keywords: hard machining materials, plastics, processing materials, drilling, drilling of composites, classification of materials, drilling, diamond drilling sintegran, epoxy materials, drilling glass, BSNM, drilling brittle solid nonmetallic materials, diamond drill bit, galvanic technology production of drill bits, powder metallurgy technology of drill bits, vacuum diffusion bonding of diamond grains technology, MonAlit drills MonAlit

Все операции резания для особенно труднообрабатываемых материалов (ТОМ) происходят в более тяжелых условиях, чем для классических сталей и металлов, что приводит к преждевременному износу инструментов. Это вынуждает искать новые методы обработок и оптимизировать уже существующие методы (табл. 1) [2].

Для того чтобы проводить опыты и получать общие эмпирические законы для обработки ТОМ, их объединяют по общим характеристикам или свойствам. Ниже приведены две классификации материалов, которые позволяют лучше понимать процесс обработки ТОМ. Сверление в настоящей статье рассматривается как частный случай обработки резанием.

По ГОСТу 5632–72 «Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные» [4] стали и сплавы делят на три группы в зависимости от их химического состава. Однако это разделение не позволяет оценить обрабатываемость материалов. В источниках [6, с. 5], [3, с. 141], [2, с. 8–12] приведена классификация материалов, близких по химическому составу и обрабатываемости из восьми групп (от I до VIII группы). Но позже были добавлены ещё две группы – группа тугоплавких материалов (IX) и стеклопластиков (X). Эта классификация позволяет определять оптимальные режимы резания без применения трудоёмких экспериментальных исследований и заранее предсказать объём затрат на изготовление изделий. Для полного охвата конструкционных материалов мы добавили группу XI.

Обработка композиционных материалов (группа X) имеет ряд особенностей, которые отличают её от обработки металлов: анизотропия свойств материалов; относительная сложность получения высокого качества поверхности после обработки; высокая твёрдость наполнителя и низкая теплопроводность.

Таблица 1

Вертикальные составляющие удельных сил резания (P_z) и контактные температуры (Θ), возникающие при точении различных материалов (s = 0,1 мм/об, t = 1 мм)

Обрабатываемый материал	$\sigma_в$	P_z	Θ (°С) при υ, м/мин	
	МПа	Мпа	20	60
Сталь 45	750	2000	200	300
12Х18Н10Т	600	2500	560	800
ХН62МВКЮ	1100	4000	720	1000
ЖС6-К	900	3500	750	1050
ВТ5	900	2000	520	750
38Х5МСФА	1700	7000	700	1000

Сверление пластмасс

Сверление является очень трудоёмкой технологической операцией, и поэтому обработка пластмасс иногда занимает до 70–80 % от общей трудоемкости процесса механической обработки. В связи с этим неправильный выбор инструмента и режимов резания может привести к большим производственным издержкам. Сверление производят в разных направлениях, как по направлению армирующих волокон, так и перпендикулярно; требования к точности отверстий невысокие (11–12-й квалитет) и шероховатость R_z = 20 мкм. При таких требованиях к точности и шероховатости поверхности в большинстве случаев удовлетворительные результаты даёт сверление твердосплавными свёрлами или свёрлами из быстрорежущих сталей, но сверление бороластиков производится инструментом из сверхтвёрдых материалов.

Выбор инструментов при сверлении композиционных материалов ничем не отличается от выбора инструментов при точении, поэтому сверление отверстий в стекло-, угле- и органопластиках проводится быстрорежущими и твердосплавными сверлами с соответствующими поправочными коэффициентами. Для бороластиков применяют свёрла из быстрорежущей стали Р6М5 и твёрдого сплава ВК8 только в единичных случаях, так как они быстро затупляются.

Геометрические параметры свёрл выбирают в зависимости от материала. (табл. 2) [2]. Задний угол α, передний угол γ и угол вершины сверла 2φ, определяют качество сквозных отверстий на входе и выходе инструмента. Их значения находятся в диапазоне: α = 10...30°; γ = 0...20°; 2φ = 90...120°. Для глухих отверстий исследованы только α и γ, т.к. 2φ = 180°. Глухие отверстия рекомендуется сверлить концевыми шпоночными фрезами.

Таблица 2

Геометрические параметры свёрл

Обрабатываемый материал	Материал режущей части сверла	Геометрические параметры сверла, °		
		2φ	γ	α
Стеклопластик	Р6М3, Р6М5, РІ2, и др.	100	15	20
	ВК3, ВК3-М, ВК4, и др.	100	10	20
Бороластик	ВК3, ВК3-М, ВК6-М, ВК8	105	10	20
Углепластик	Р6М3, Р6М5. Р12	90...100	10...15	15...20
	ВК3, ВК3-М, ВК6-М, ВК8	90...100	10	15...20

Несимметричность заточки режущей кромки сверла δ должна быть 0,1...0,2 мм, и винтовые канавки должны быть отполированы для уменьшения изнашивания сверла сходящей сливной стружкой.

Следует выбирать форму заточки и конструкцию режущей части сверла в зависимости от обрабатываемого материала [2. с. 164, 165].

Критерий затупления ($h_з$) – износ по задней поверхности сверла (табл. 3) из-за трения стружки и заготовки об инструмент, пластическая деформация и выкрашивание режущей кромки, абразивное воздействие армирующих волокон и т.д. Износ снижает качество и точность обработанных поверхностей. Производительность труда из-за простоя между сменами сверл уменьшается.

Чтобы избежать расслоения армированных волокнами композитов, рекомендуется правильно выбирать геометрические пара-

метры свёрл, использовать свёрла с минимальными значениями $h_з$, и использовать подкладки как при входе, так и при выходе сверла из просверливаемого материала.

Таблица 3

Критерии затупления свёрл

Обрабатываемый материал	Материал режущей части сверла	Критерий затупления сверла (износ), мм
Стеклопластик	Р6М3, Р6М5, Р9Ф5К5, и др.	0,15...0,20
	ВК3, ВК3-М, ВК4, ВК6-М, и др.	0,10...0,15
Боропластик	ВК3, ВК3-М, ВК6-М, ВК8	0,25...0,30
Углепластик	Р6М3, Р6М5, РI2, Р6М5К5	0,10...0,15
	ВК3, ВК3-М, ВК4, ВК8	

Выбор режимов резания при сверлении композитов.

Режимы резания назначаются в следующей последовательности:

1) выбирается марка инструментального материала;

2) выбираются геометрические параметры сверла и критерий затупления;

3) выбирается подача по заданной шероховатости поверхности;

4) выбирается скорость резания в зависимости от подачи и диаметра сверла.

Табл. 4 определяет оптимальную скорость резания. Поправочные коэффициенты на изменённые условия резания приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 4

Скорость резания, м/с, при сверлении стекло-, угле- и боропластика

Подача, мм/об	Диаметр сверла, мм							
	4	6	8	10	12	14	16	20
Стекло- и углепластик, твердосплавные сверла								
0,10	–	–	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,94

Таблица 5

Поправочные коэффициенты для скорости резания при сверлении стекло- и углепластика твердосплавными сверлами

В зависимости от марки инструментального материала			
Инструментальный материал	ВК8	ВК4	ВК2
$K_{иυ}$	1,0	1,55	2,0

Таблица 6

Поправочные коэффициенты на скорость резания при сверлении боропластика твердосплавными сверлами

В зависимости от периода стойкости						В зависимости от глубины сверления				
T, мин	0,50	0,75	1,0	1,25	1,50	l	ID	2D	3 D	4 D
$K_{Tυ}$	1,60	1,22	1,0	0,86	0,76	$K_{lυ}$	1,04	1,0	0,96	0,91

Эмпирические формулы для осевой силы P_o и крутящего момента $M_{кр}$:

$$P_o = C_p D^{x_p} S_o^{y_p} K_p,$$

$$K_p = K_{ph} K_{p\phi} K_{p\alpha} K_{p\gamma},$$

$$M_{kp} = C_M D^{x_M} S_o^{y_M} K_M,$$

$$K_M = K_{hM} K_{\phi M}$$

υ = 0,08... 1,0 м/с, S_o = 0,08...0,62 мм/об, D = 4... 20 мм для стекло- и углепластика; и υ = 0,042...0,58 м/с, S_o = 0,04...0,4 мм/об, D = 4...20 мм для боропластика. Числовые значения постоянных и показателей степеней приведены в табл. 7.

Поправочные коэффициенты соответственно на измененные условия работы при расчете осевой силы и крутящего момента даны в табл. 8 и 9.

Таблица 7

Данные для расчета осевой силы P_o и крутящего момента $M_{кр}$

Материал	C_p	x_p	y_p	x_M	y_M
Стеклопластик	83,4	1,03	0,81	1,66	0,99
Боропластик	182,5	0,68	0,26	1,56	0,26
Углепластик	79,8	1,02	0,85	1,55	0,97

Таблица 8

Поправочные коэффициенты на осевую силу для измененных условий работы при сверлении пластмасс

В зависимости от износа по задней поверхности сверла						
$H_з$, мм	0	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
K_{ph},	1,0	1,57	1,87	2,04	4,46	–
	1,0	1,32	–	1,68	2,30	3,15

Таблица 9

Поправочные коэффициенты на крутящий момент при сверлении

В зависимости от износа по задней поверхности сверла							В зависимости от угла при вершине				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$h_з$, мм	0	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	2φ, °	90	100	105	120
K_{hM}	1,0	1,16	1,26	1,37	1,58	–	K_{hM}	0,87	1,0	–	0,87
	1,0	1,10	–	1,17	1,38	1,61		0,92	0,97	1,0	0,90

Сверление ХТНМ алмазными свёрлами

Для сверления группы XI рекомендуется сверление алмазными свёрлами, хотя некоторые из них можно отнести к группе X и сверление проводить быстрорежущими сталями или твердыми сплавами [1].

Обработка ХТНМ имеет ряд особенностей по сравнению с металлами:

а) хрупкое разрушение;

б) образование трещин, микротрещин и остаточных напряжений;

в) обязательное охлаждение в зоне резания;

г) магнитные и механические крепления деталей не применяются из-за хрупкости и немагнитности неметаллических деталей;

д) полный контакт режущей поверхности с обрабатываемым материалом;

е) ограниченный доступ СОТС в зону резания;

ж) отсутствие вывода шлама из зоны обработки.

Таблица 10

Некоторые свойства неметаллических материалов [3]

Материал	ρ, г/см^3	E, кгс/см^2	$\sigma_в$, кгс/см^2		$H_ц$, кгс/мм^2	$X_{20°C}$, ккал/град·м·ч
			сжатие	изгиб		
Оптическое стекло К-8	2,52	7,15–10^5	6600	960	565–645	0,85–1,0
Ситалл СТЛ-1	2,53	8,1–10^5	6810	1040	744	1,08
Керамика 22ХС	2,53	′	1100–1250	3500–4000	1300–1500	2,1–2,3
Алмаз	3,49–3,54	9,0–10^5	20000	3000	10000	35
Гранит	2,6–3,0	40–60	1530–3060	31–51	-	3–3,5
Синтегран	2,4–2,7	25–45	1225–2040	153–225	-	1,6–1,75

Способы производства алмазных свёрл и сверление ХТНМ

В настоящее время выпускаются несколько десятков конструкций алмазных сверл для обработки отверстий в широком интервале диаметров и глубин для обработки ХТНМ. Для упрощения мы будем их классифицировать по их геометрическим характеристикам. Использование сверл с разными формами и размерами обусловлено обработкой разных материалов (стекло, кварц, керамика, ситаллы, ферри-

ты и др.); обработкой отверстий различных диаметров; использованием разного вида оборудования.

Для изготовления алмазных инструментов используют в основном три вида технологических процессов: гальваническое закрепления алмазов; порошковая металлургия (горячее прессование и брикетирование); вакуумная технология (диффузионная сварка алмазных зёрен).

Технология гальванического закрепления зёрен алмаза – из всех способов закрепления алмазов технология гальванического закрепления зёрен является самой простой и дешёвой. Эта технология разработана на основе электролитных свойств веществ. Материал, на котором создаётся алмазный слой, погружают в раствор электролита с алмазной смесью, потом через электролит пропускается электрический ток, и на рабочей поверхности можно получить алмазный слой 0,3 мм от его толщины. Износостойкость сверла составляет 6 мм и обеспечивает просверливание не более 50 отверстий на стекле толщиной 5 мм [1].

Преимущества гальванического инструмента:

а) можно изготавливать очень сложные и малоразмерные инструменты;

б) практически сохраняется неизменная форма, что очень важно при изготовлении сверхточных изделий;

в) возможность изготовления гибких и очень тонких дисков;

г) низкая себестоимость производства инструмента по сравнению с другими технологиями.

Недостатки гальванического инструмента:

а) недолговечность;

б) снижение абразивных свойств в связи с затуплениями и вырывами алмазных зерен;

в) выкрашивание поверхности абразива приводит к царапанию обрабатываемой поверхности;

г) неравномерность расположения алмазных зерен по высоте приводит к царапинам и сколам.

Технология порошковой металлургии (горячего прессования). Инструменты, полученные по данной технологии, изготавливаются на металлической связке, как правило, используется связка меди с оловом (М1), которая тщательно перемешивается с порошком алмаза. Далее эту смесь засыпают в металлическую пресс-форму, прессуют и одновременно спекают под давлением при температуре около 680–700 °С. При этой технологии получается композит с равномерно распределёнными запрессованными алмазными зёрнами по всей металлической связке. Связка М1 удерживает зёрна до их затупления, а затем они вырываются с поверхности при первом периоде износа. Износостойкость сверла в 6 мм обеспечивается сверлением 1500–2000 отверстий в стекле толщиной 5 мм [1].

Преимущества порошкового инструмента:

1) стабильность свойств при износе инструмента;

2) долговечность инструмента по отношению к гальваническому;

3) мягкое шлифование в связи с тем, что расстояния между зернами способствует выходу отработанного материала из рабочего места.

Недостатки порошкового инструмента:

1) недостаточная концентрация алмазных зерен на поверхности и по объёму уменьшает его производительность почти в 2 раза по сравнению с гальваническим инструментом;

2) трудоёмкость изготовления.

Технология вакуумно-диффузионной сварки алмазных зёрен. Российской фирмой «РусАтлант» разработана специальная связка на основе, которой производят алмазные сверла «МонАлит» с концентрацией алмазов 200–250 %. Эти сверла производятся методом пропитки в неметаллических пресс-формах. Метод состоит в соединении предварительно металлизированных алмазных зёрен расплавом связки. При температуре свыше 1000 °С и в вакуумной среде происходит соединение металлизированных зёрен с металлической связкой. Износостойкость сверла 6 мм, обеспечивает не менее 6000 отверстий в стекле толщиной 5 мм [1].

Преимущества сварного инструмента:

а) возможность изготавливать инструмент любой формы с размерами от 1 мм при предельной концентрации алмаза 250 %;

б) стабильность режущих свойств инструмента в процессе всей его эксплуатации;

в) предельная абразивность инструмента, обусловленная предельной концентрацией алмаза;

г) самая высокая долговечность при тех же параметрах формы, что в других типах инструмента благодаря предельному заполнения алмазом рабочего объёма;

д) получение гладкой поверхности после обработки за счет того, что все зерна расположены на одной высоте;

е) максимальная экономичность, связанная с оптимальным соотношением «цена-качество-долговечность».

Недостатки сварного инструмента:

а) невозможность изготовления гибких тонких дисков;

б) неэффективность при задачах, которые требуют сохранения точных размеров формы;

в) неэффективность при изготовлении очень маленьких форм, внутри которых невозможно разместить более 3-х слоёв алмазных зерен.

Классификация алмазных свёрл подразделяется следующим образом:

1. Специальные свёрла подразделяются на стержневые и полые. Стержневые подразделяются на монокристальные и поликристальные. Полые сверла могут быть кольцевыми, сегментными и подковообразными.

2. Универсальные сверла различают на три вида:

а) с механизмом регулировки диаметра;

б) со свободной регулировкой диаметра;

в) со сменным базирующим элементом.

Выбор и режимы резания свёрл

До сих пор не существует точных описаний и стандартов по выбору алмазных свёрл для сверления ТХНМ, также как для сверления металлов, где можно определять почти все переменные, необходимые для обработки сверлением металлов. В настоящей работе, с помощью материалов, изложенных в работах Балыкова А.В., Елина А.В., Тюкпиекова В.Н., Шкарупы М.И. и других учёных кратко объяснена классификация свёрл.

Правильный выбор алмазного сверла зависит от его стойкости и это в свою очередь зависит от твердости обрабатываемого материала, его плотности, глубины сверления, геометрии сверла, угловой скорости, подачи, типа СОТС, типа и состояние оборудования, метода закрепления инструмента и опыта оператора станка [7].

Выбирая алмазное сверло, нужно определить его цель, ведь от этого зависит его экономичность и качество:

а) сверла, изготовленные по гальванической технологии, самые дешевые, но имеют маленькую устойчивость, равной примерно 1% от устойчивости сверл, изготовленных на спецсвязке по технологии вакуумно-диффузионной сварки алмазных зёрен («МонАлит»);

б) свёрла, изготовленные по порошковой металлургической технологии, имеют меньшую, чем средняя устойчивость, равную примерно 25% от устойчивости свёрл («МонАлит»);

в) свёрла «МонАлит», имеют самую большую устойчивость, взятую за 100% [1].

В связи с тем, что на рынке производства инструментов существует множество свёрл не только отечественных, но и зарубежных производителей, перед приобретением алмазных свёрл необходимо определить:

а) цель работы сверла;

б) тип технологии изготовления сверла;

в) режим работы соответствующего инструмента (рекомендации производителя).

Определяя цель работы (бытовую, промышленную, серийную), необходимо выбирать тип технологии изготовления инструмента: гальванический, порошковый или вакуумно-диффузионный.

Заключение

Обработка сверлением ТОМ (группы I по IX) производится свёрлами на основе быстрорежущих сталей и твердых сплавов использованием для определения режимов сверления те же таблицы, которые используются при точении, учитывая поправочные коэффициенты для соответствующего обрабатываемого материала.

Процесс обработки резанием композитов (группы X) отличается от процесса резания металлов в связи с тем, что эти материалы являются анизотропными, с высокой или низкой твердостью, низкой теплопроводностью. Обработка композитов сверлением ведется такими же сверлами, как и для обработки ТОМ, за исключением композитов, содержащих в своём составе армирующие элементы на основе бора, которые обрабатываются сверхтвердым сплавом в единичных случаях из-за его стойкости ($T < 2$ мин).

Сверление материалов группы XI (ХТНМ) лучше проводить алмазными сверлами. Чтобы найти правильное сверло среди сотен различных сортов, видов, типов связки, а также методов производства, очень важно знать, каков обрабатываемый материал и тип алмазных свёрл, их предполагаемое применение и влияние на производительность. Очень важно понимать, что каждое сверло предназначено на конкретное приложение, и, следовательно, может реагировать по-разному при различных условиях. Гальванический инструмент подходит как для бытовых и одноразовых работ, так и для точных работ; инструменты типа Sinter (полученные порошковым спеканием) хороши для изготовления более долговечных инструментов, а также работающих при более высоких скоростях; инструменты, изготовленные на спецсвязке «МонАлит», более дорогие и долговечные по отношению к предыдущим двум типам, также более экономичны, когда рассматривается показатель «цена-качество-долговечность».

Список литературы

1. Балыков А.В. Повышение эффективности обработки отверстий в деталях из ХТНМ на основе алмазного сверления: дис. ... д-ра техн. наук. – М: 2004.

2. Баранчиков В.И., Тарапанов А.С., Харламов Г.А. Обработка специальных материалов в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2002. – 264 с.

3. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник / Я.Л. Гуревич, М.В. Горохов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986.

4. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. Нетрадиционные методы обработки материалов: учебное пособие. – М.: Изд-во МГОУ, 2007. – 50 с.

5. Рогов В.А., Позняк Г.Г. Современные машиностроительные материалы и заготовки. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.

6. Рогов В.А. Конструкционные и функциональные материалы современного машиностроения. – М.: Изд-во «Масштаб», 2006. – 90 с.

7. Сайт компании UKAM Industrial Superhard Tools. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ukam.com (дата обращения 04.03.2012).

References

1. Balykov A.V. Povyshenije effektivnosti obrabotki otverstij v detaljach iz HTNM na osnove almaznogo sverlenija. Dissertazija d.t.n. [Improving the efficiency of processing holes in the details of HTNM by diamond drilling]. D.Sc. Thesis, Moscow 2004, 200–300 p.

2. Baranchikov V.I., Tarapanov A.S., Harlamov G.A. Obrabotka spezialnich materialov v mashinostroenii [Machining of special materials in mechanical engineering] Mashinostroenie, 2002. 264.

3. Gurevich J.L., Gorochov M.V. Reschimy rezaniya trudnoobrabatyvaemich materialov [Unconventional methods of data processing] Textbook – Publisher MGOU, 2007, 50 p.

4. Kovschov A.N., Nazarov J.F. Netradizionnyje metody obrabotki materialov [Modern engineering materials and blanks] Moscow: Publishing Center «Academy», 2008. 336.

5. Rogov V.A., Poznjak G.G. Sovremennyje mashinostroitelnyje materialy i zagotovki [Structural and functional materials of modern engineering] Moscow: Publishing House of the scale, 2006, 90 p.

6. Rogov V.A. Konstrukzionnyje I funkzionalnije materialy sovremennogo mashinostroenija [Structural and functional materials of modern engineering] Moscow: Publishing House of the scale, 2006, 90 p.

7. Company site UKAM Industrial Superhard Tools. [Electronic resource] Mode of access: http://www.ukam.com (date accessed 03/04/2012).

Рецензенты:

Гусаков С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теплотехники и тепловых двигателей инженерного факультета РУДН;

Расторгуев Г.А., д.т.н., профессор кафедры технологии машиностроения, металлорежущих станков и инструментов РУДН;

Халтурин В.Г., д.т.н., профессор кафедры ООС, Пермский государственный технический университет Министерства образования и науки РФ, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.3.049.77

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К КВАНТОВЫМ ОБЛАСТЯМ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУР

[1,2]Рындин Е.А., [3]Осовский А.В.

[1]ФГБУН «Южный научный центр Российской академии наук», Ростов-на-Дону, e-mail: rynenator@gmail.com;
[2]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Таганрог;
[3]ФГОУ ВПО «Астраханский государственный университет», Астрахань, e-mail: a_osovskiy@mail.ru

Разработан ряд полупроводниковых приборов, характеризующихся быстродействием, не ограниченным временем пролета электронами активных областей (каналов) наноструктур. В основу функционирования приборов данного класса положен принцип управляемой электрическим полем передислокации максимума амплитуды волновых функций электронов в системе туннельно-связанных квантовых ям, разделенных туннельными гетеробарьерами. Разработана численная модель и пакет прикладных программ моделирования диффузии легирующих примесей в гетероструктурах GaAs/AlGaAs с целью предварительной оптимизации параметров технологического процесса формирования омических контактов к туннельно-связанным квантовым областям. Проведен анализ результатов численного моделирования. Получены оценки минимальных расстояний между нанесенными на поверхность туннельно-связанной наноструктуры локальными источниками легирующих примесей AuGe и AuZn в зависимости от времени и температуры формирования областей омических контактов.

Ключевые слова: омические контакты, туннельно-связанные квантовые области, GaAs/AlGaAs-наногетероструктуры

NUMERICAL MODEL OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF OHMIC CONTACTS TO THE NANOHETEROSTRUCTURES QUANTUM WELLS

[1,2]Ryndin E.A., [3]Osovskiy A.V.

[1]Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, e-mail: rynenator@gmail.com;
[2]Southern Federal University, Taganrog;
[3]Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: a_osovskiy@mail.ru

A number of semiconductor devices, characterized by speed, not limited to transit-time active regions (channels) nanostructures. The basis of the instrument based on the principle of the class managed relocation of the electric field amplitude maximum of the wave functions of the electrons in the system of tunnel-coupled quantum wells separated by a tunnel heterobarriers. A numerical model and a software of modeling of impurity diffusion in GaAs/AlGaAs heterostructures for the preliminary optimization of the parameters of technological process of ohmic contacts to the tunneling connected quantum wells of nanoheterostructures were developed. An analysis of the results of numerical modeling have been carried out. The estimations of minimal distances between local surface impurity sources AuGe and AuZn depending on time and temperature of ohmic contacts obtaining process were received.

Keywords: ohmic contacts, tunneling connected quantum wells, GaAs/AlGaAs-nanoheterostructures

Создание элементной базы интегральных схем на основе гетеропереходных квантовых областей является одним из основных направлений развития наноэлектроники. В рамках данного направления разработан ряд полупроводниковых приборов, характеризующихся быстродействием, не ограниченным временем пролета электронами активных областей (каналов) наноструктур. В основу функционирования приборов данного класса положен принцип управляемой электрическим полем передислокации максимума амплитуды волновых функций электронов в системе туннельно-связанных квантовых ям, разделенных туннельными гетеробарьерами [2, 3, 4, 7, 8].

Одной из особенностей метода построения наноструктур с управляемой передислокацией максимума амплитуды волновых функций носителей заряда является необходимость формирования раздельных омических контактов к квантовым областям шириной 15 – 40 нм, разделенных туннельным гетеробарьером шириной 2–5 нм, что представляет собой определенную конструктивно-технологическую проблему.

Учитывая данную особенность, а также тот факт, что основные характеристики наноструктур в значительной степени определяются качеством омических контактов, обеспечивающих связь и взаимодействие интегральных элементов на кристалле, для более эффективной оптимизации режимов технологического процесса формирования омических контактов целесообразно проводить предварительное моделирование процесса диффузии легирующих примесей.

Численная модель технологического процесса

Традиционно омические контакты к интегральным элементам на основе GaAs формируют посредством диффузии доноров (как правило, Ge) и акцепторов (чаще всего Zn) из нанесенных на поверхность структуры пленок AuGe и AuZn соответственно, при температуре 450–600 °C в течение 10–60 с.

Математическое моделирование процесса диффузии легирующих примесей выполняется с использованием уравнения диффузии [1]:

$$\frac{\partial N}{\partial t} - \nabla\left(D\nabla N\right) = f, \qquad (1)$$

где N – концентрация легирующей примеси; D – коэффициент диффузии примеси; f – плотность источников (стоков) легирующей примеси; t – время; ∇ – оператор набла.

Поскольку в рассматриваемой задаче источники легирующих примесей локализованы на поверхности структуры, правая часть уравнения (1) может быть принята равной нулю:

$$\frac{\partial N}{\partial t} - \nabla\left(D\nabla N\right) = 0. \qquad (2)$$

На участках границы, соответствующих нанесенным на поверхность структуры источникам легирующих примесей, при допущении, что в рассматриваемом временном интервале 10–60 с поверхностный источник примеси может считаться неограниченным, задаются граничные условия первого рода:

$$N = N_{MAX}, \qquad (3)$$

где N_{MAX} – предел растворимости легирующей примеси при заданной температуре.

На остальных участках границы задаются граничные условия второго рода:

$$\frac{\partial N}{\partial n} = 0, \qquad (4)$$

где n – нормаль к границе.

Начальное условие определяется распределением легирующих примесей по координатам в начальный момент времени t_{MIN}:

$$N = N_0\big|_{t=t_{MIN}}, \qquad (5)$$

где N_0 – распределение легирующей примеси по координатам в начальный момент времени.

Численное решение системы уравнений (2)–(5) проводилось с использованием метода конечных разностей на координатной и временной сетках:

$$G_{xy} = \left\{(x_i, y_j)\middle|\ i = \overline{1,I}; j = \overline{1,J}\right\};$$
$$G_t = \left\{t_k \mid k = \overline{1,K}\right\}, \qquad (6)$$

где G_{xy} – множество точек координатной сетки; G_t – множество точек временной сетки; i, j, k – индексы точек координатной и временной сеток; (x_i, y_j) – точки координатной сетки; t_k – точки временной сетки; I – число точек сетки по координате x; J – число точек сетки по координате y; K – число точек сетки по времени t.

В результате дискретизации системы (2)–(5) на сетках (6) получили следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\frac{N_{i,j,k} - N_{i,j,k-1}}{\Delta t_{k-1}} - \frac{2}{\Delta x_i + \Delta x_{i-1}}\left(D_{i,j,k}\frac{N_{i+1,j,k} - N_{i,j,k}}{\Delta x_i} - D_{i-1,j,k}\frac{N_{i,j,k} - N_{i-1,j,k}}{\Delta x_{i-1}}\right) -$$
$$- \frac{2}{\Delta y_j + \Delta y_{j-1}}\left(D_{i,j,k}\frac{N_{i,j+1,k} - N_{i,j,k}}{\Delta y_j} - D_{i,j-1,k}\frac{N_{i,j,k} - N_{i,j-1,k}}{\Delta y_{j-1}}\right) = 0; \qquad (7)$$

$$N_{i,j,k} = N_{MAXi,j,k},$$
$$(x_i,\ y_j) \in \Omega_1, \qquad (8)$$
$$t_k \in \{t_1, t_K\};$$

$$\frac{N_{i+1,j,k} - N_{i,j,k}}{\Delta x_i} = 0;$$
$$\frac{N_{i,j+1,k} - N_{i,j,k}}{\Delta y_j} = 0; \qquad (9)$$
$$(x_i, y_j) \in \Omega_2, \quad t_k \in \{t_1, t_K\};$$

$$N_{i,j,1} = N_{0i,j}, \quad (x_i, y_j) \in \Theta, \qquad (10)$$

где Θ – область решения задачи, включая внутренние и граничные точки; Ω_1 – области границы, соответствующие нанесенным на поверхность структуры источникам легирующих примесей; Ω_2 – области границы, на которых источники легирующих примесей отсутствуют.

Результаты моделирования

Решение системы уравнений (7)–(10) выполнялось для фрагмента исследуемой наногетероструктуры, схематически

показанного на рис. 1 и представляющего собой окрестность двух омических контактов к туннельно-связанным квантовым ямам.

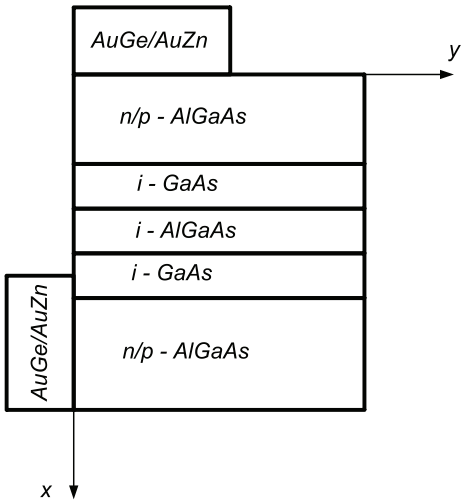


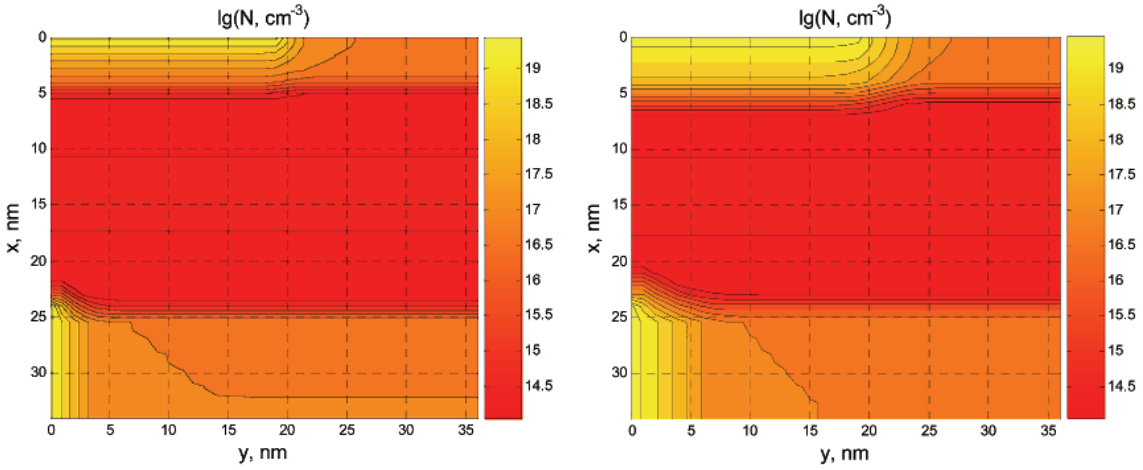
Рис. 1. Область моделирования

Рассматриваемая задача предполагает определение нестационарного распределения по координатам атомов Ge или Zn в полупроводниковой структуре на основе гетеропереходов GaAs/AlGaAs в процессе термодиффузии омических контактов из поверхностного источника AuGe или AuZn, соответственно, в диапазоне температур 450–600°C. В процессе численного моделирования учтен предел растворимости исследуемых примесей в GaAs в рассматриваемом диапазоне температур, а также исследован процесс разгонки исходных примесей Si и Be в GaAs/AlGaAs-гетероструктуре за время формирования омических контактов.

Система уравнений (7)–(10) решалась итерационно методом Гаусса–Зейделя на неравномерной координатной сетке, содержащей 36 точек по координате x и 41 точку по координате y. Временная сетка содержала 7 отсчетов. Общее число уравнений составило 10332. Разработанный пакет прикладных программ численного моделирования процесса формирования омических контактов использует методы вычислений с разреженными матрицами коэффициентов, что позволяет при необходимости увеличить размерность задачи, определяемую числом точек координатной и временной сеток, в десятки раз.

Температурная зависимость коэффициента диффузии легирующей примеси определялась на основе экспериментальных данных, приведенных в работах [5, 6].

На рис. 2, 3 приведены распределения суммарной концентрации атомов доноров (Ge, Si) и акцепторов (Zn, Be) по координатам в моменты времени 10 и 60 с при температуре диффузии 600 °C, полученные в результате численного решения системы уравнений (7) – (10) на координатной и временной сетках (6).



а б

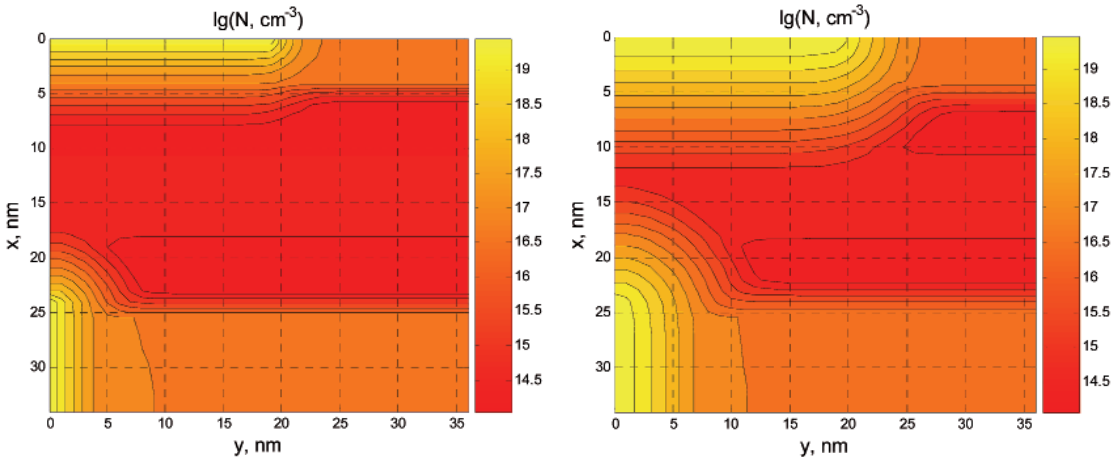
Рис. 2. Распределения концентрации доноров по координатам в моменты времени 10 с (а) и 60 с (б) при температуре 600°C

Анализ полученных в работе результатов численного моделирования показал, что при температуре процесса вжигания до 600 °C и времени вжигания до 60 с возможно формирование раздельных омических контактов к туннельно-связанным квантовым областям с электронной проводимостью при минимальном расстоянии между нанесенными на поверхность наноструктуры областями AuGe до 20 нм. Для формирования контактов к туннельно-связанным квантовым областям с дырочной проводимостью расстояние между областями AuZn должно быть увеличено до 30 нм. При этом разгонка исходных легирующих примесей Si и Be в слоях наногетероструктуры наблюдается в пределах 2–3 нм.

При снижении температуры процесса вжигания до 470–500 °C мини-

мальное расстояние между областями AuGe/AuZn может быть уменьшено до 10–15 нм.

Приведенные выше выводы справедливы лишь для наноструктур с достаточно малой плотностью дефектов в приповерхностных областях. Увеличение плотности дефектов приводит к значительному (на 1–2 порядка) росту коэффициентов диффузии и, таким образом, требует предварительной экспериментальной оценки данных коэффициентов для конкретной партии образцов.



а б

Рис. 3. Распределения концентрации акцепторов по координатам в моменты времени 10 с (а) и 60 с (б) при температуре 600 °С

Заключение

Разработанная модель и пакет прикладных программ численного моделирования технологического процесса термодиффузии омических контактов к квантовым областям наногетероструктур позволяют получить нестационарные распределения по координатам концентраций различных легирующих примесей в широком диапазоне температур и времени с целью предварительной оптимизации параметров исследуемого технологического процесса, а также в качестве исходных данных для последующего численного анализа вольт-амперных характеристик наноструктур с учетом сопротивлений областей омических контактов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Гос. контракт № 16.740.11.0425 от 03.12.2010, гос. соглашение № 14.A18.21.0126) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Бубенников А.Н., Садовников А.Д. Физико-технологическое проектирование биполярных элементов кремниевых БИС. – М.: Радио и связь, 1991. – 288 с.

2. Квантовые приборы на основе передислокации волновых функций в гетероструктурах / А.А. Горбацевич, В.В. Капаев, Ю.В. Копаев, В.Я. Кремлев // Микроэлектроника. – 1994. – Т. 23, № 5. – С. 17–26.

3. Коноплев Б.Г., Рындин Е.А. Элементная база нанокомпьютеров на основе связанных квантовых областей // Вестник Южного научного центра РАН. – 2005. – Т. 1, № 3. – С. 22– 28.

4. Рындин Е.А. Сверхбыстродействующие электронные коммутаторы на основе управляемой передислокации максимума волновой функции носителей заряда // Вестник Южного научного центра РАН. – 2006. – Т. 2, № 2. – С. 8–16.

5. Farley C.W., Kim T.S., Lester S.D., Streetman B.G., Anthony J.M. Ge Diffusion in GaAs // Journal of the Electrochemical Society. – 1987. – Vol. 134, № 11. – P. 2888–2892.

6. Fisher D.J. Diffusion in GaAs and other III-V Semiconductors. 10 Years of Research // Defect and Diffusion Forum. – 1998. – Vol. 157–159. – 520 p.

7. Konoplev B.G., Ryndin E.A. A Study of the Transport of Charge Carriers in Coupled Quantum Regions // Semiconductors. – 2008. – Vol. 42, № 13. – P. 1462–1468.

8. Sakaki H. Velocity-modulation transistor (VMT) – a new field-effect transistor concept // Jpn. J. Appl. Phys. – 1982. – Vol. 21, № 6. – P. L381–L383.

References

1. Bubennikov A.N., Sadovnikov A.D. Fiziko-tehnologicheskoe proektirovanie bipoljarnyh jelementov kremnievyh BIS. M.: Radio i svjaz', 1991. 288 p.

2. Gorbacevich A.A., Kapaev V.V., Kopaev Ju.V., Kremlev V.Ja. Kvantovye pribory na osnove peredislokacii volnovyh funkcij v geterostrukturah // Mikrojelektronika. 1994. T. 23, no. 5. pp. 17–26.

3. Konoplev B.G., Ryndin E.A. Jelementnaja baza nanokomp'juterov na osnove svjazannyh kvantovyh oblastej // Vestnik Juzhnogo nauchnogo centra RAN. 2005. T. 1, no. 3. pp. 22–28.

4. Ryndin E.A. Sverhbystrodejstvujuwie jelektronnye kommutatory na osnove upravljaemoj peredislokacii maksimuma volnovoj funkcii nositelej zarjada // Vestnik Juzhnogo nauchnogo centra RAN. 2006. T. 2, no. 2. pp. 8–16.

5. Farley C.W., Kim T.S., Lester S.D., Streetman B.G., Anthony J.M. Ge Diffusion in GaAs // Journal of the Electrochemical Society. 1987. Vol. 134, no. 11. pp. 2888–2892.

6. Fisher D.J. Diffusion in GaAs and other III-V Semiconductors. 10 Years of Research // Defect and Diffusion Forum. 1998. Vol. 157–159. 520 p.

7. Konoplev B.G., Ryndin E.A. A Study of the Transport of Charge Carriers in Coupled Quantum Regions // Semiconductors. 2008. Vol. 42, no. 13. pp. 1462–1468.

8. Sakaki H. Velocity-modulation transistor (VMT) – a new field-effect transistor concept // Jpn. J. Appl. Phys. 1982. Vol. 21, no. 6. pp. L381–L383.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор НОЦ «Нанотехнологии»;

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии ФГБОУ ВПО ТГПИ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.38-022.532

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР МЕДИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ ТУННЕЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ

[1]Смирнов В.А., [1]Ткачук В.В., [1]Полякова В.В., [2]Бирюков М.И.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: sva@fep.tti.sfedu.ru;
[2]ООО «Владикавказский технологический центр "Баспик„»,
Владикавказ, e-mail: 2008maks@mail.ru

Сканирующая зондовая микроскопия является одним из основных методов анализа и модификации поверхности подложки, который широко используется в области нанотехнологий, при проведении научных исследований физических и химических свойств объектов с высоким пространственным разрешением. Проведен анализ существующих литографических методов профилирования поверхности подложки. Представлены результаты экспериментальных исследований по разработке методики изготовления зондов для электрохимической сканирующей туннельной микроскопии. Показано, что использование разработанной методики позволяет получать зонды с радиусом закругления менее 50 нм, применение которых позволило проводить осаждение наноразмерных структур меди на поверхности подложки золота методом электрохимической сканирующей туннельной микроскопии. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологических процессов формировании наноразмерных структур, элементов наноэлектроники и наносистемной техники.

Ключевые слова: нанотехнологии, электрохимическое осаждение, сканирующая туннельная микроскопия, наноразмерные структуры

FORMATION OF COPPER NANOSTRUCTURES BY ELECTROCHEMICAL SCANNING TUNNELING MICROSCOPY

[1]Smirnov V.A., [1]Tkachuk V.V., [1]Polyakova V.V., [2]Biryukov M.I.

[1]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Southern Federal University», Rostov-on-Don, e-mail: sva@fep.tti.sfedu.ru;
[2]LLC Vladikavkaz Technological Center «BASPIK», Vladikavkaz, e-mail: 2008maks@mail.ru

Scanning probe microscopy is one of the main methods of analysis and modification of the substrate surface, which is widely used in the field of nanotechnology, the conduct of scientific research on the physical and chemical properties of objects with high spatial resolution. We will drive through the analysis of existing lithographic methods of profiling the substrate surface. Results of experimental researches of a technique development of probes manufacturing for electrochemical scanning tunneling microscopy are presented. It is shown that use of the developed technique allows to receive probes with tip radius less than 50 nm which application has allowed to spend deposition of copper nanostructures on a gold substrate surface by electrochemical scanning tunnel microscopy method. The received results can be used by development of technological processes of nanoelectronics and nanosystems elements structures formation.

Keywords: nanotechnology, electrochemical deposition, scanning probe microscopy, nanostructures

Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) является одним из основных методов анализа и модификации поверхности подложки, который широко используется в области нанотехнологий при проведении научных исследований физических и химических свойств объектов с высоким пространственным разрешением [1, 2, 3, 5]. Анализ существующих литографических методов профилирования поверхности подложки, таких как электронно-лучевая литография, рентгеновская литография и ионная литография, показал, что применение таких методов ограничено из-за сложности и высокой стоимости литографических систем, поэтому для формирования структур наноэлектроники требуется разработка новых методов модификации поверхности подложки с нанометровым разрешением. Актуальным решением этой проблемы является разработка процессов профилирования поверхности подложки на основе зондовой нанолитографии методом электрохимической сканирующей туннельной микроскопии (ЭХ СТМ), позволяющей создавать наноразмерные структуры наноэлектроники и наносистемной техники на поверхности подложки, формировать каталитические центры, проводить исследования процессов электрохимического осаждения и электрохимического растворения различных материалов [4, 6, 7].

В электрохимической сканирующей туннельной микроскопии одним из основных параметров, оказывающих влияние на параметры формируемых наноструктур, является качество зонда, основной особенностью которого является покрытие химически стойким диэлектрическим материалом.

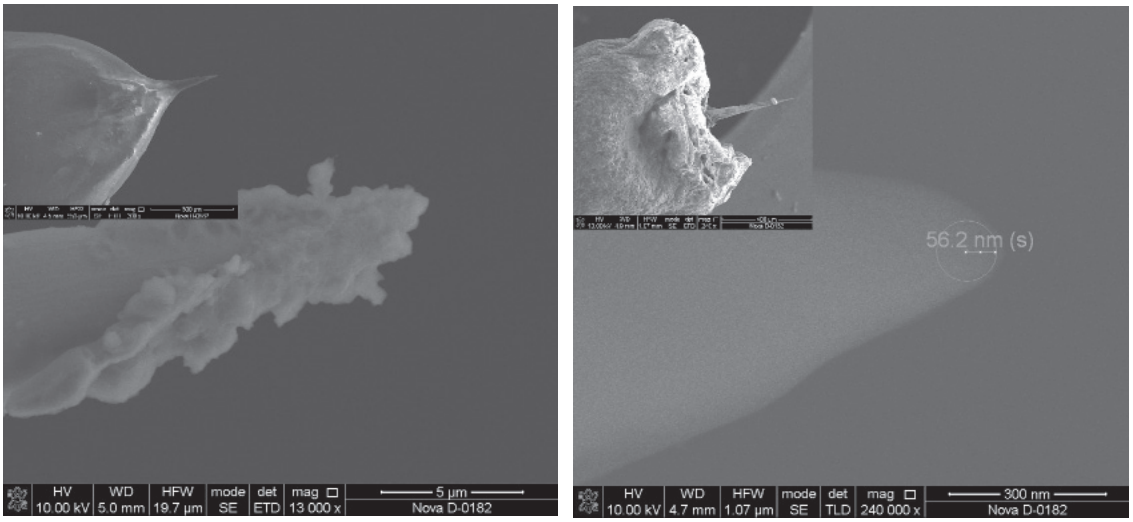
Изоляция наносится на всю поверхность зонда, кроме непосредственно самого кончика острия, причем диаметр неизолированной области должен быть минимальным. Такие требования к изготовлению ЭХ СТМ зондов обусловлены спецификой электрохимической СТМ, т.к. процессы осаждения наноразмерных структур проводятся в электрохимической ячейке с четырьмя электродами, одним из которых является зонд с потенциальным контролем при помощи бипотенциостата. Формирование наноструктур происходит из электролита на область подложки, находящейся под неизолированным острием зонда за счет протекания туннельного тока, стимулирующего возникновение электрохимических реакций в системе зонд-подложка. Таким образом, диаметр неизолированной области кончика острия зонда будет определять геометрические размеры формируемых наноразмерных структур.

Целью работы является разработка методики изготовления зондов для ЭХ СТМ и исследование их параметров, а также проведение электрохимического осаждения наноразмерных структур меди на поверхности подложки.

Материалы и методы исследования

Анализ литературных данных показал, что для изготовления ЭХ СТМ зондов широкое распространение получил метод, основанный на нанесении диэлектрического вакуумного воска «Apiezon» с помощью специальной оснастки и нагревателя [1]. На первом этапе заготовку в виде вольфрамовой проволоки затачивают методом электрохимического травления, затем наносят изоляцию по поверхности заготовки, а на завершающем этапе снимают изоляцию с острия зонда. На основе существующей методики была разработана новая методика изготовления ЭХ СТМ зондов, особенность которой состоит в том, что сначала заготовку в виде вольфрамовой проволоки покрывают изолирующим материалом, а затем методом электрохимического травления формируют острие зонда.

После изготовления экспериментальных образцов ЭХ СТМ зондов проводилось исследование их параметров на растровом электронном микроскопе Nova NanoLab 600 (FEI Company, Нидерланды). На рис. 1 представлены РЭМ-изображения ЭХ СТМ зондов, сформированных по существующей и разработанной методике соответственно. Анализ полученных РЭМ-изображений показал, что острие зонда, полученного по существующей методике (рис. 1, а), покрыто частицами изолирующего материала, которые будут негативно влиять на параметры процесса формирования наноразмерных структур методом ЭХ СТМ. Тогда как острие зонда, полученного по разработанной методике, имеет радиус закругления острия около 56 нм без наличия частиц изоляционного материала на его рабочей поверхности (рис. 1, б).



а б

Рис. 1. РЭМ-изображение ЭХ СТМ зондов, полученных: а – по существующей методике; б – по разработанной методике

Результаты исследования и их обсуждение

С использованием зондов, изготовленных по разработанной методике, проводилось электрохимическое осаждение наноразмерных структур меди в режиме ЭХ СТМ с использованием зондовой нанолаборатории Ntegra (НТ-МДТ, Россия) на поверхности подложки Au (111) в растворе электролита 50 мМ H_2SO_4 + 1 мМ $CuSO_4$. Сначала по вольтамперограмме, построенной методом циклической вольтамперометрии (рис. 2), проводились операции по определению режимов осаждения меди, настройке бипотенциостата, контролю чистоты электрохимической ячейки и состояния поверхности рабочего электрода. После определения и установки оптимальных параметров проводилось электрохимическое осаждение наноразмерных структур меди, результаты которого представлены на рис. 3.

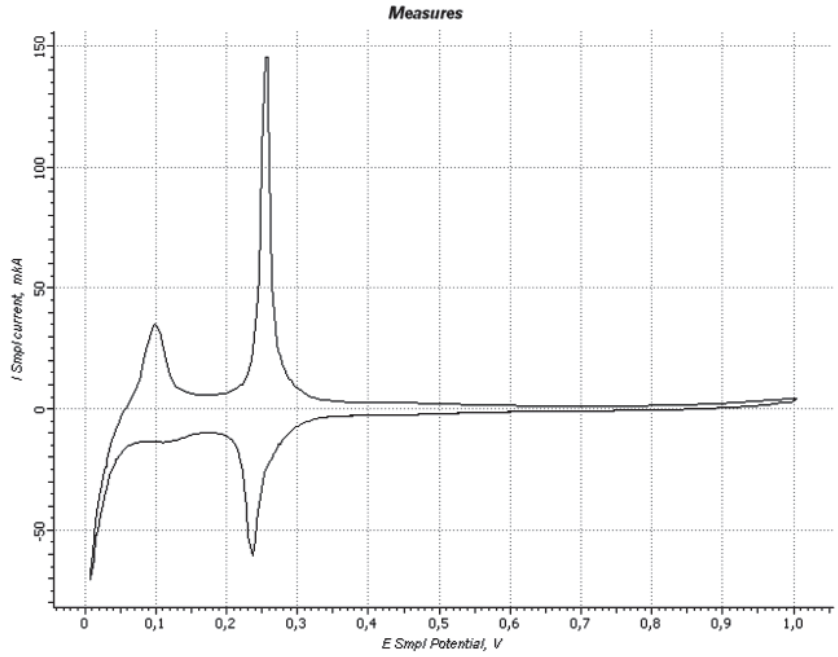
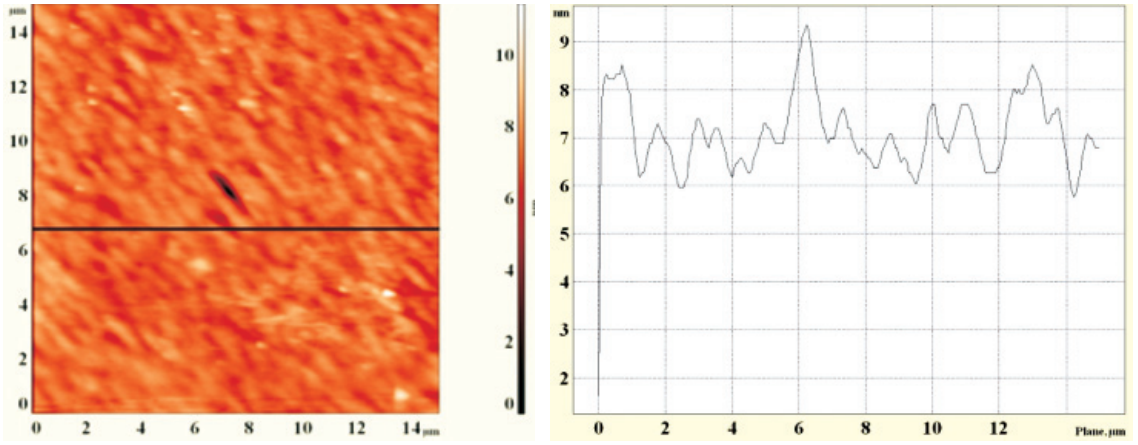
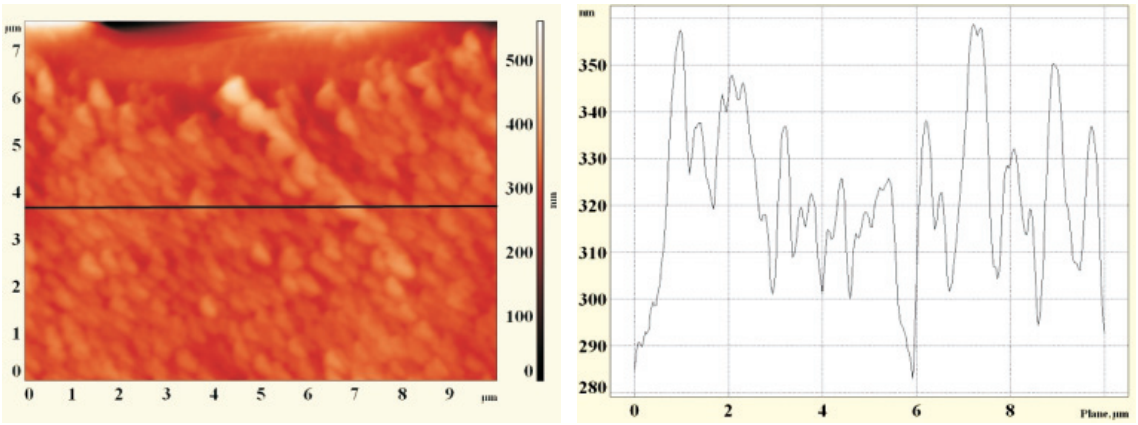


Рис. 2. Вольтамперограмма процесса ЭХ СТМ



а б



в г

Рис. 3. СТМ-изображение поверхности подложки золота и профилограммы вдоль линии: а, б – до ЭХО; в, г – после ЭХО

Анализ полученных СТМ-изображений (см. рис. 3) показал, что на поверхности подложки золота были сформированы наноразмерные структуры меди шириной около 122 нм и высотой около 315 нм.

Заключение

В результате работы разработана методика изготовления зондов для электрохимической сканирующей туннельной микроскопии. Изготовлены экспериментальные образцы ЭХ СТМ-зондов. Показано, что разработанная методика позволяет формировать зонды с радиусом закругления острия менее 50 нм. Показана перспективность применения полученных зондов при исследовании процессов формирования наноразмерных структур меди на поверхности золотой подложки методом электрохимической сканирующей туннельной микроскопии. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологических процессов формировании наноразмерных структур, элементов наноэлектроники и наносистемной техники.

Работа выполнена при поддержке государственными соглашениями № 12-08-90045/12, № 14.A18.21.0126, № 14.A18.21.0923, № 14. A18.21.0933, № 14.A18.21.0900, № 14. A18.21.0887, № 14.A18.21.1206 в рамках проектов РФФИ и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Зондовая фотонно-стимулированная нанолитография структур на основе пленки титана / О.А. Агеев, Б.Г. Коноплев, В.А. Смирнов и др. // Микроэлектроника. – 2007. – Т. 36. – № 6. – С. 403–408.

2. Получение наноразмерных структур на основе нанотехнологического комплекса НАНОФАБ НТК-9 / О.А. Агеев, А.С. Коломийцев, В.А. Смирнов и др. // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – Т. 114. – № 1. – С. 109–116.

3. Фотоактивация процессов формирования наноструктур методом локального анодного окисления пленки титана / О.А. Агеев, Б.Г. Коноплев, В.А. Смирнов и др. // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2010. – № 2 (82). – С. 23–30.

4. Асеев А.Л. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 368 с.

5. Коноплев Б.Г., Агеев О.А. Элионные и зондовые нанотехнологии для микро- и наносистемной техники // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2008. – Т. 89. – № 12. – С. 165–175.

6. Dawn A.B. Scanning probe microscopy and spectroscopy: theory, techniques, and applications / 2 nd ed. Willey-Vich, 2001. – 493 p.

7. Said R.A. Microfabrication by localized electrochemical deposition: experimental investigation and theoretical modeling // Nanotechnology. – 2003. Vol. 14. – P. 523–531

References

1. Ageev O.A., Konoplev B.G., Smirnov V.A. i dr. Zondovaya fotonno-stimulirovannaya nanolitografiya struktur na osnove plenki titana // Mikroelektronika. 2007. T. 36. no. 6. pp. 403–408.

2. Ageev O.A., Kolomiytcev A.S., Smirnov V.A. i dr. Poluchenie nanorazmernyx structur na osnove nanotechnologicheskogo kompleksa NANOFAB NTK-9 // Izvestiya UFU. Technicheskie nauki. 2011. T. 114. no. 1. pp. 109–116.

3. Ageev O.A., Konoplev B.G., Smirnov V.A. i dr. Fotoaktivaciya processov formirovaniya nanostruktur metodom lokalnogo anodnogo okisleniya plenki titana // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedeniy. Elektronika, 2010. no. 2 (82). pp. 23–30.

4. Aseev A.L. Nanotechnologii v poluprovodnikovoy elektronike / Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. 368 p.

5. Konoplev B.G., Ageev O.A. Elionnae i zondovye nanotechnologii dly micro- i nanosistemnoy techniki // Izvestiya UFU. Technicheskie nauki. 2008. T. 89. no. 12. pp. 165–175.

6. Dawn A.B. Scanning probe microscopy and spectroscopy: theory, techniques, and applications / 2 nd ed. Willey-Vich, 2001. 493 p.

7. Said R.A. Microfabrication by localized electrochemical deposition: experimental investigation and theoretical modeling // Nanotechnology. 2003. Vol. 14. pp. 523–531.

Рецензенты:

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник ЮНЦ РАН;

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии ФГБОУ ВПО ТГПИ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 621.777: 669.275

ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СООТНОШЕНИЯ МЕХАНИКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ДЛЯ МОЛИБДЕНА В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОЙ ДЕФОРМАЦИИ

[1]Смирнов С.В., [1]Нестеренко А.В., [2]Швейкин В.П.

[1]Институт машиноведения Уральского отделения РАН, Екатеринбург, e-mail: svs@imach.uran.ru;
[2]УрФУ имени первого Президента Росси Б.Н. Ельцина – УПИ, Екатеринбург

Экспериментально установлены базовые соотношения механики поврежденности для молибдена высокой чистоты при температурах 500 и 900°С. Диаграммы пластичности, связывающие предельную деформацию до разрушения с показателями напряженного состояния, построены по результатам механических испытаний образцов в условиях гидростатического давления на оригинальной установке. Установлено, что пластичность молибдена значительно зависит от вида напряженного состояния, характеризуемого параметром Лоде. Определена пластичность в условиях знакопеременной деформации. Исследовано залечивание деформационной поврежденности молибдена при отжиге и определены условия, при которых появляется остаточная поврежденность, не исчезающая при отжиге. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых технологий деформационной обработки молибдена.

Ключевые слова: модель накопления деформационной поврежденности, определяющие соотношения механики поврежденности, пластичность

THE BASIC EQUATIONS OF DAMAGE MECHANICS FOR COMMERCIAL-PURITY MOLYBDENUM AT HEAT DEFORMATION

[1]Smirnov S.V., [1]Nesterenko A.V., [2]Shveykin V.P.

[1]Institute of Mechanical Engineering, Ural Division, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, e-mail: svs@imach.uran.ru;
[2]Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin – UPI, Ekaterinburg

The basic equations of damage mechanics for commercial-purity molybdenum at 500 and 900°C has been found experimentally. Plasticity diagram that relate the limiting strain before the failure to the stress state indices has been constructed according to the results obtained by the original device under hydrostatic pressure. Plasticity of the material is found to depend substantially on the type of stress state, which is characterized by the Lode parameter. Plasticity at alternating deformation has been found. The damage theory is used to study the healing of the deformation-induced damage during annealing and to determine the conditions under which irreversible damage, which cannot be healed by heat treatment, appears. The results may be used to develop new technologies of molybdenum deformation treatment.

Keywords: model of accumulation of deformation damage, basic equations of damage mechanics, plasticity

Процессы деформирования твердых тел при их обработке давлением зачастую приводят к исчерпанию способности деформироваться без разрушения. Происходит это из-за образования и развития дефектов сплошности в виде микропор и микротрещин, рассеянных по объему изделия, отрицательно влияющих на комплекс механических, служебных свойств и не поддающихся обнаружению современными методами неразрушающего контроля. Прогнозировать развитие поврежденности и ускорить процесс выбора путей оптимизации способов и режимов деформационной и термической обработок можно с помощью моделей механики поврежденности.

Согласно модельным представлениям научной школы В.Л. Колмогорова [1, 4, 6, 8], под поврежденностью понимается скалярный параметр ω, который изменяется от 0 в начальный момент деформации до 1 при разрушении. Промежуточные значения ω характеризуют уровень развития микродефектов сплошности относительно его предельного состояния. По расчетной величине ω можно количественно оценить степень использования ресурса пластичности деформируемого металла и качественно оценить морфологические особенности микродефектов, возникающие при пластической деформации металлов, если воспользоваться рекомендациями [1, 8].

На этапах деформации по характеру близкой к простому нагружению поврежденность определяется по формуле

$$\omega = \int_0^{\Lambda} \frac{d\Lambda}{\Lambda_p}, \qquad (1)$$

а на этапах немонотонной деформации – по формуле

$$\omega = \sum_{i=1}^{N} \left[\int_{\Lambda_{i-1}}^{\Lambda_i} \frac{d\Lambda}{\Lambda_{pi}} \right]^a, \qquad (2)$$

где $i = 1...N$ – номер этапа немонотонной деформации; Λ_p – функция, аппроксимирующая диаграмму пластичности; a – величина, характеризующая влияние немонотонности деформации на накопление поврежденности. Основой для расчета поврежденности металла при обработке давлением и оценки

вероятности микро- или макроразрушения являются экспериментальные зависимости пластичности и показателя *a* от термомеханических параметров процесса пластической деформации.

Зависимости

$$\Lambda_p = \Lambda_p\left(k, \mu_\sigma, \mathrm{H}, \Theta\right); \qquad (3)$$

$$a = a\left(k, \mu_\sigma, \mathrm{H}, \Theta\right), \qquad (4)$$

где $k = \dfrac{\sigma}{T}$ – отношение гидростатического напряжения и интенсивности касательных напряжений, называемое показателем напряженного состояния; μ_σ – показатель Лоде, характеризующий вид девиатора напряжений; H – интенсивность скорости деформации сдвига; Θ – температура, называются базовыми или определяющими соотношениями механики поврежденности и являются фундаментальными характеристиками материала как объекта пластической обработки, позволяющими осуществлять моделирование процессов разрушения металлов при пластических деформациях.

При термической обработке, которой сопровождаются многие процессы обработки давлением, происходит восстановление пластических свойств металла. В основе явления восстановления пластичности лежат процессы релаксации (возврат, полигонизация, рекристаллизация), наблюдаемые при нагреве деформированного металла, а также диффузионные процессы массопереноса при нагреве в области высоких температур. Степень восстановления ресурса пластичности при термической обработке за счет залечивания деформационной поврежденности характеризуется зависимостью $\omega_{ост} = f(\omega_1, \Theta, t)$, связывающей величину остаточной поврежденности $\omega_{ост}$ с ее величиной ω_1 до термической обработки при температуре Θ в течение времени *t*.

Цель. В работе ставилась задача установить определяющие соотношениями механики поврежденности для молибдена марки МЧВП, используемого как материал труб в энергетике. Выбор молибдена в качестве материала для исследований обусловлен его ограниченной технологической пластичностью, высокой чувствительностью к концентраторам напряжений, низкотемпературной хрупкостью, высокой окисляемостью при нагреве, что сильно усложняет его обработку давлением. В то же время изделия из молибдена и его сплавов используются для изготовления ответственных изделий, работающих в экстремальных условиях, при которых наличие деформационных микродефектов является недопустимым.

Материал и методы исследования

Исследовали технически чистый молибден марки МЧВП, полученный по слитковой технологии с использованием вакуумно-дугового переплава. Образцы из молибдена МЧВП изготавливали из прутков ∅24 мм, полученных после стадии горячей деформации.

В работах [1, 4, 5, 6, 8] было обосновано применение техники высоких давлений для определения диаграммы пластичности (3), что позволяет получать адекватные данные о пластичности в области сжимающих напряжений, характерных для процессов обработки металлов давлением. С тех пор было проведено большое количество исследований пластичности при комнатной температуре, например [1,8]. Создание экспериментальной техники высоких давлений с возможностью нагрева образцов до 1100 °С [5] позволило включить в число исследуемых труднодеформируемые материалы.

Предельные свойства в условиях циклического знакопеременного деформирования определяли величиной $a_0 = 1/\gamma$ из формулы [1]

$$a = a_0^{1+0{,}238k}, \qquad (5)$$

где γ – показатель Мансона–Коффина из теории малоцикловой усталости.

Залечивание поврежденности при термической обработке изучали в экспериментах по двухстадийной деформации в соответствии с методикой [1, 8, 7]. На первом этапе партию цилиндрических образцов подвергали растяжению со степенью деформации сдвига $0 < \Lambda_1 < \Lambda_p$. Внесенная при этом поврежденность составляла $0 < \omega_1 < 1$. Затем деформированные образцы отжигали в вакууме при температурах 800 и 1050 °С с выдержкой 1 ч, уменьшая накопленную поврежденность на величину Δω. Далее образцы растягивали до разрыва. При деформации на второй стадии Λ_2 в образец вносится поврежденность ω_2. Расчет поврежденности на каждой из стадий растяжения осуществляли по формуле (1). Тогда величина залечивания поврежденности Δω может быть определена из условия разрушения $\omega_1 - \Delta\omega + \omega_2 = 1$.

Результаты исследования и их обсуждение

Деформационные свойства определяли испытанием цилиндрических и плоских образцов. Цилиндрические образцы имели следующие размеры рабочей части: диаметр 4,0 ± 0,05 мм, длина 20,0 ± 0,5 мм. Плоские образцы имели размеры рабочей части: ширина 8,0 ± 0,2 мм, толщина 0,50 ± 0,05 мм, длина 25 ± 1 мм.

Диаграммы пластичности, устанавливающие связь между пластичностью металла и показателями напряженного состояния, строили по результатам механических испытаний образцов на оригинальной установке, подробно описанной в [5]. Величина давления в экспериментах варьировалась от атмосферного до 1 ГПа, при температурах испытаний 500 и 900 °С и скорости растяжения 10 мм/мин. Размеры образцов до и после испытания измеряли на инструментальном микроскопе с точностью ± 0,01 мм.

Диаграмму пластичности при постоянном значении μ_σ аппроксимировали экспоненциальной зависимостью в виде

$$\Lambda_p = c_1 \exp(-c_2 k), \qquad (6)$$

где c_1, c_2 – эмпирические коэффициенты.

Из рассмотрения диаграмм пластичности на рис. 1 видно, что на пластичность исследованного материала существенное влияние оказывает вид напряженного состояния, характеризуемый параметром Лоде. Рост пластичности при температуре 500 °С с увеличением доли сжимающих напряжений происходит более интенсивно в условиях осесимметричного растяжения, характеризуемого параметром Лоде $\mu_\sigma = -1$, чем при плоской деформации ($\mu_\sigma = 0$). При температуре 900 °С влияние показателя μ_σ на пластичность также весьма существенно, однако оно не носит столь резко выраженный характер при увеличении сжимающих напряжений.

Интересно отметить, что для исследованного материала влияние показателя Лоде на пластичность сильнее влияния температуры. Так, из рис. 1 видно, что повышение температуры испытания с 500 °С (кривая 2) до 900 °С (кривая 4) практически не влияет на пластичность молибдена МЧВП при $\mu_\sigma = -1$. В то же время при 500 °С переход от плоского напряженного состояния (кривая 1) к осесимметричному (кривая 2) вызывает рост пластичности больший, чем увеличение температуры испытания от 500 до 900 °С (кривые 1 и 3 соответственно) при осесимметричном нагружении.

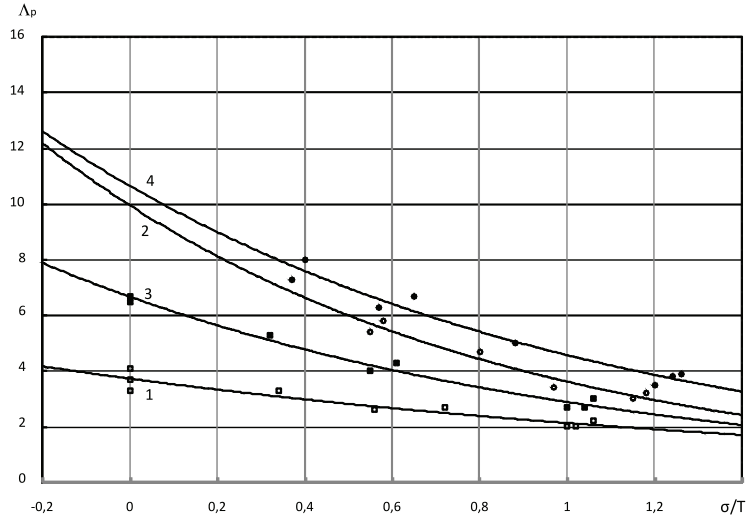


Рис. 1. Диаграммы пластичности молибдена МЧВП при: 1 – 500 °С, $\mu_\sigma = 0$; 2 – 500 °С, $\mu_\sigma = -1$; 3 – 900 °С, $\mu_\sigma = 0$; 4 – 900 °С, $\mu_\sigma = -1$

Исследование пластичности в условиях знакопеременной деформации показало, что коэффициент $a_0 = 1{,}57$, тогда как для металлов обычно $a_0 > 2$ [1]. Столь малое значение a_0 можно связать с повышенной склонностью молибдена к расслоению, которое наибольшим образом проявляется при знакопеременной деформации. С повышением температуры величина a_0 вначале возрастает, а затем, достигнув максимума, снижается, как это видно из рис. 2.

Диаграммы залечивания поврежденности приведены на рис. 3. Видно, что отжиг приводит к видимому снижению остаточной поврежденности по сравнению с исходной, однако полностью поврежденность не устраняется. Подобный вид диаграмм [8] является характерным для процесса залечивания деформационных дефектов, контролируемого процессами возврата (рассасывание дислокационных скоплений, схлопывание упругих микротрещин и др.). Полное залечивание деформационных дефектов на стадии обратимой поврежденности наблюдается только при температурах выше температуры рекристаллизации, когда интенсифицируется механизм «пора на стоке» при прохождении границы зерна через микродефект [2, 3]. При температуре отжига 1050 °С наблюдается частичная рекристаллизация, что вызывает снижение остаточной поврежденности, но по указанным выше причинам она происходит не полностью. Используя результаты исследований [1, 7], из анализа диаграмм залечивания можно определить предельное значение поврежденности $\omega_1 = \omega^*$, свыше которой в деформируемом металле образуются микродефекты, отрицательным образом сказывающиеся на таких важных

характеристиках, как трещиностойкость, радиационная стойкость, циклическая долговечность и др. Это предельное значение поврежденности соответствует резкому излому хода диаграмм залечивания и для исследованного молибдена МЧВП ω* ≈ 0,35.

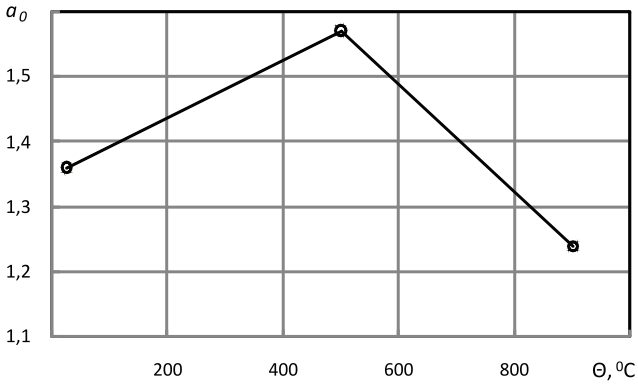


Рис. 2. Влияние температуры испытаний на показатель a_0

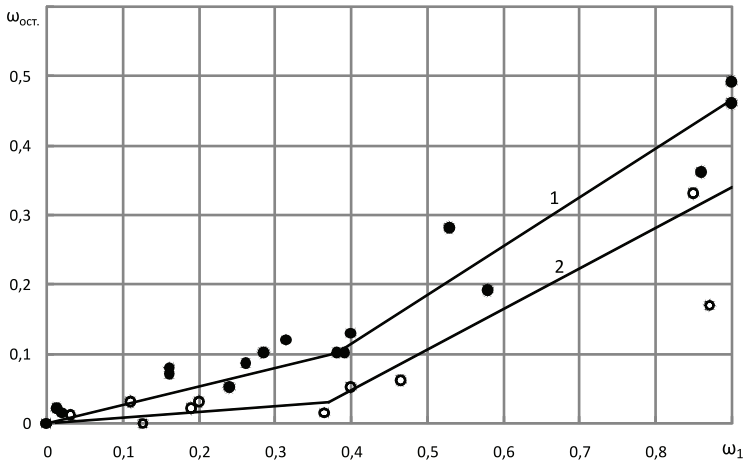


Рис. 3. Залечивание поврежденности при отжиге с температурой: 1 – 800 °C; 2 – 1050 °C

Результаты исследований могут быть использованы для расчета накопления поврежденности при деформациях с промежуточными термическими обработками.

Выводы

Получены определяющие соотношения механики поврежденности для молибдена марки МЧВП при температурах 500 и 900 °C, используемых при его обработке давлением.

Установлено, что на пластичность исследованного материала существенное влияние оказывает вид напряженного состояния при деформировании, характеризуемый показателем Лоде μ_σ; максимальным образом это влияние проявляется при температуре испытаний 500 °C в области сжимающих напряжений, а наименьшим при температуре испытания 500 °C в области интенсивных растягивающих напряжений.

Сплавы молибдена характеризуются низким по сравнению с другими металлами уровнем деформируемости при знакопеременной деформации, что может быть связано с их склонностью к возникновению трещин расслоения; наилучшую деформируемость в этих условиях исследованный материал имеет при температуре 500 °C, но при повышении температуры деформируемость при знакопеременной деформации резко уменьшается.

В результате исследования залечивания деформационной поврежденности при термической обработке определено предельное значение поврежденности ω* = 0,35, при превышении которого в деформируемом металле образуются микродефекты,

которые не устраняются полностью при термообработке и могут отрицательным образом сказываться на механических свойствах и эксплуатационных характеристиках изделий.

Работа выполнена по программе фундаментальных исследований № 25 Президиума РАН при финансовой поддержке УрО РАН (проект 12-П-1-1027).

Список литературы

1. Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Смирнов С.В. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. – М.: Металлургия, 1984. – 144 с.

2. Вакуумная металлургия тугоплавких металлов и твердых сплавов / М.В. Мальцев [и др.]. – М.: Металлургия, 1981. – 272 с.

3. Гегузин Я.Е. Макроскопические дефекты в металлах. – М.: Металлургиздат, 1962. – 252 с.

4. Колмогоров В.Л. Напряжения, деформации, разрушение. – М.: Металлургия. 1970. – 230 с.

5. Методики определения технологических свойств металла и его отдельных составляющих в условиях сложного нагружения / А.А. Богатов, С.В. Смирнов, В.П. Швейкин, А.В. Нестеренко // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. – 1995. – № 1. – С. 42–49.

6. Пластичность и разрушение / под ред. В.Л. Колмогорова. – М.: Металлургия, 1977. – 337 с.

7. Смирнов С.В., Богатов А.А., Колмогоров В.Л. Исследование пластического разрыхления металла и залечивание деформационных дефектов при отжиге // Физика металлов и металловедение. – 1980. – Т. 49, вып. 2. – С. 389–393.

8. Смирнов С.В., Швейкин В.П. Пластичность и деформируемость углеродистых сталей при обработке давлением. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 255 с.

References

1. Bogatov A.A., Mizhirickij O.I., Smirnov S.V. Resurs plastichnosti metallov pri obrabotke davleniem. M.: Metallurgija. 1984. 144 p.

3. Vakuumnaja metallurgija tugoplavkih metallov i tverdyh splavov / M.V. Mal'cev [i dr.]. M.: Metallurgija, 1981. 272 p.

3. Geguzin Ja.E. Makroskopicheskie defekty v metallah. M.: Metallurgizdat, 1962. 252 p.

4. Kolmogorov V.L. Naprjazhenija, deformacii, razrushenie. M.: Metallurgija. 1970. 230 p.

5. Metodiki opredelenija tehnologicheskih svojstv metalla i ego otdel'nyh sostavljajuwih v uslovijah slozhnogo nagruzhenija / A.A. Bogatov, S.V. Smirnov, V.P. Shvejkin, A.V. Nesterenko // Izvestija VUZov. Cvetnaja metallurgija. 1995. no. 1. pp. 42–49.

6. Plastichnost' i razrushenie / pod red. V.L. Kolmogorova. M.: Metallurgija, 1977. 337 p.

7. Smirnov S.V., Bogatov A.A., Kolmogorov V.L. Issledovanie plasticheskogo razryhlenija metalla i zalechivanie deformacionnyh defektov pri otzhige // Fizika metallov i metallovedenie. 1980. T. 49, vyp. 2. pp. 389–393.

8. Smirnov S.V., Shveykin V.P. Plastichnost' i deformiruemost' uglerodistyh stalej pri obrabotke davleniem. Ekaterinburg: UrO RAN, 2009. 255p.

Рецензенты:

Орлов Г.А., д.т.н., профессор кафедры обработки металлов давлением, Институт материаловедения и металлургии, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ), г. Екатеринбург;

Залазинский А.Г., д.т.н., профессор, заведующий лабораторией системного моделирования, Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук УрО РАН (ИМАШ УрО РАН), г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 658.382

КУЛЬТУРА ОХРАНЫ ТРУДА КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Хайруллина Л.И., Гасилов В.С.

ФГБОУ ВПО «КНИТУ» «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: LHDA79@mail.ru

Рассмотрены такие понятия, как культура охраны труда, климат безопасности, показатели климата безопасности. Культуру охраны труда можно рассматривать как понятие, включающее в себя несколько теорий, рассматривающих культурные аспекты охраны труда, такие как: отношение к охране труда, поведение в данной системе, а также климат на рабочем месте с точки зрения безопасности труда. Культура охраны труда рассматривается в статье как важнейший элемент управления предприятиями наряду с чисто производственными задачами. Описано влияние процессов формирования культуры охраны труда на производственный процесс и уровень безопасности производства; прикладное применение концепции климата безопасности к понятию культуры охраны труда на промышленных предприятиях. Представлены практические меры реализации и внедрения культуры охраны труда на предприятии.

Ключевые слова: охрана труда, культура охраны труда, климат безопасности, показатели климата безопасности, миссия охраны труда, способы безопасности

A SAFETY CULTURE AS AN ELEMENT OF ENTERPRISE MANAGEMENT

Hayrullina L.I., Gasilov V.S.

FGBOU SEI HPE KNITU «Kazan State Technological University», Kazan, e-mail: LHDA79@mail.ru

Consider concepts such as safety culture, climate security, indicators of climate security. A safety culture can be seen as a concept that includes several other theories, considering the cultural aspects of labour protection, such as relevant to the protection of labour, the behavior of the system, as well as the climate in the workplace in terms of safety. A safety culture is considered in the article as the most important element of business management along with the purely productive tasks. It explains how the processes of creating a culture of safety in the production process and safety level of production; application of the concept of the security climate to the notion of safety culture in industry. Before practical measures and the introduction of safety culture at the company.

Keywords: occupational safety, safety culture, climate security, climate security indicators, mission safety, security methods

В эпоху новых технологий и сложных производственных систем, когда на внутриорганизационные отношения воздействуют колебания мировой экономики, требования потребителей и трудовые соглашения, предприятия, работающие в разных сферах индустрии, сталкиваются с новыми задачами в области создания и поддержания здоровых и безопасных условий труда. Одно из условий перехода экономики государства на постиндустриальный уровень, так называемую «экономику знаний», связано с качественно новыми условиями труда и, соответственно, высокими требованиями к культуре труда.

На современном этапе развития общества перед государством стоит задача повышения благосостояния населения на основе динамичного и устойчивого экономического роста и повышения конкурентоспособности страны. Решение этой задачи под силу только людям, профессиональный уровень которых отвечает современным квалификационным требованиям, а совокупность их физических, умственных и эмоциональных возможностей позволяет им выполнять работу определенного объема и качества в течение установленной продолжительности рабочего времени без ущерба своему здоровью, т.е. при осуществлении надежной охраны их труда и соответствующей культуры труда. Возникает необходимость в новых подходах к формированию человеческого капитала, в том числе необходимость в совершенствовании культуры безопасности производств, создания благоприятных производственных сред, формирование «климатов безопасности» [5] с учетом перспектив развития общества.

В экономически развитых странах все энергичнее ставится и решается вопрос о культуре охраны труда, которая становится одним из важнейших элементов управления предприятиями наряду с чисто производственными задачами. Однако многие путают охрану труда с техникой безопасности на всех, в том числе и на самых высоких уровнях. В ряде исследований в качестве ключевых элементов охраны труда выступают усилия по управлению охраной труда, участию и вовлечению менеджеров высшего звена в охрану труда и само качество управления. Именно этим аспектам и посвящена данная статья.

Культура охраны труда является новой концепцией. Культуру охраны труда можно рассматривать как понятие, включающее в себя несколько других теорий, рассматри-

вающих культурные аспекты охраны труда, такие как отношение к охране труда, поведение в данной системе, а также климат на рабочем месте с точки зрения безопасности труда. На эти теории чаще ссылаются, и они достаточно подробно описаны.

Однако встает вопрос, является ли культура охраны труда лишь новым словосочетанием для обозначения старых понятий или оно несет в себе новое содержание, которое может улучшить наше понимание того, как развивается охрана труда в организациях? Влияет ли культура охраны труда на развитие предприятия? Этим вопросам и посвящена данная статья.

Четкое определение понятия «культура охраны труда» отсутствует как в западных, так и в российских изданиях. В этом можно убедиться даже по такому факту: взять любой справочник или словарь по охране труда и попробовать найти там само понятие «культура охраны труда», однако в результате поисков можно найти массу сопряженных понятий: «климат безопасности», «политика безопасности», «организационный климат», «культура общения» и др. Более или менее четкое определение культуры охраны труда можно найти в Российской энциклопедии по охране труда**,** где под культурой охраны труда понимается – высокий уровень развития системы сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности [1].

В «Энциклопедии по охране и безопасности труда» [5] «культура охраны труда» рассматривается как теория, которая включает в себя:

1) ценности, представления и принципы, которые служат основой в управлении системой безопасности труда;

2) систему практических процедур и поведенческих реакций, которые воплощают и усиливают эти основные принципы.

Отсюда можно сделать вывод о том, что культуру охраны труда нельзя приравнивать ни к конкретным структурам обеспечения охраны труда (отдел охраны труда, комиссия по охране труда и т.п.), ни к существующим программам безопасности (определение рисков, контролирующая деятельность типа инспекций рабочих мест, расследования несчастных случаев, анализа безопасности той или иной профессии и т.д.). Анализируя различные теории и эмпирические свидетельства о воздействии культуры охраны труда на уровень безопасности труда, можно прийти к выводу о том, что существует особый вид культуры охраны труда, который является более продуктивным для качественного функционирования системы безопасности. Иными словами, эта культура охраны труда должна быть комбинацией лидерства и поддержки со стороны руководителей высшего звена, участия в деле менеджеров низшего уровня и вовлечения рабочих в соблюдение мер безопасности для сохранения, прежде всего, жизни и здоровья работников. Фактически, такую культуру охраны труда можно высоко оценить по двум главным параметрам охраны труда: миссия охраны труда и «вовлечение в охрану труда» [4].

Миссия охраны труда означает приоритетность охраны труда в общей миссии предприятия, а вовлечение в охрану труда означает, что органы надзора и работники совместно создают атмосферу взаимопомощи в деле охраны труда на исполнительном уровне. В этой связи необходимо упомянуть о том, что люди, работающие в той или иной организации, сталкиваются с множеством событий, рабочих ситуаций и операций, которые воспринимаются ими комплексно. Это предполагает, что рабочая среда состоит из множества «климатов», и что «климат охраны труда» [5] является одной из составляющих этой среды. Исследование «климата охраны труда» чрезвычайно перенасыщено теоретическими, концептуальными и иными проблемами, однако на сегодняшний день он является действенным инструментом управления.

Показатели климата безопасности [5] (таблица), о которых речь пойдет ниже, могли бы дать возможность использовать их для распознавания и оценки потенциально проблемных участков. Каждый показатель климата является многомерным явлением, описывающим природу восприятия работниками собственного опыта в рамках организации труда и рассматривается как сумма представлений, сложившихся у рабочих о своей рабочей обстановке [5].

Показатели климата безопасности, как и сама концепция климата безопасности, имеет существенное значение для промышленных предприятий и формирования культуры охраны труда, так как рассматриваются как необходимый источник информации при оценке соответствия поведения рабочих принятым на предприятии нормам безопасности. В этом заключается прикладное применение концепции климата безопасности к понятию культуры охраны труда на промышленных предприятиях. Показатели климата безопасности являются тем практическим инструментом, который без больших затрат может быть использован менеджментом для оценки и распознавания потенциально проблемных мест. Таким образом, можно рекомендовать его включение

в качестве одного из элементов информационной системы организационной безопасности. Полученная информация может служить в качестве генеральной линии при разработке культуры охраны труда и политики безопасности.

Показатели климата безопасности

Автор(ы)	Показатели климата безопасности
Зохар (1980)	Осознанное значение обучения технике безопасности Осознанный эффект необходимого темпа работы для безопасности Осознанный статус комитета охраны труда Осознанный статус сотрудника по технике безопасности Осознанное действие соблюдения техники безопасности на продвижение по службе Осознанный уровень риска при работе Осознанное отношение менеджмента к безопасности труда Осознанное действие соблюдения правил безопасности на социальный статус
Браун и Холмс (1986)	Восприятие рабочими заинтересованности менеджмента в их благополучии Восприятие рабочими уровня активности менеджмента в данном направлении Осознание рабочими физического риска
Дедоббелер и Биланд (1991)	Вовлеченность и приверженность менеджмента безопасности труда Вовлеченность рабочих в охрану труда

Представления рабочих о климате безопасности в основном связаны с отношением менеджмента к охране труда и его стремлением обеспечить безопасность рабочих. Исходя из этого, можно сделать вывод, что изменение отношения и позиции руководства предприятий являются обязательным условием, обеспечивающим повышение культуры охраны труда на промышленных предприятиях, что, в свою очередь, ведет к повышению производительности труда [3]. Культура охраны труда должна быть интегрирована в систему производства таким образом, чтобы быть тесно связанной с общим уровнем контроля производственного процесса, осуществляемого менеджментом. Участие руководства предприятия в делах обеспечения безопасности производства считается решающим фактором её улучшения. Традиционные способы безопасности, основанные на таких элементах, как комиссии по охране труда, инструктажи на рабочем месте, правила техники безопасности, лозунги, наглядная агитация, система поощрений, соревнования возлагают ответственность за безопасность на отделы или специалистов по охране труда и промышленной безопасности, не занимающихся производством, и практически единственной задачей которых является «инспектирование» опасностей. Корень проблемы, по мнению западных исследователей, изучающих проблемы климата безопасности, заключается в том, что вышеупомянутый подход, который очень распространен на отечественных предприятиях, терпит неудачу при попытке интегрировать безопасность или сформировать ту же культуру охраны труда в системе производства, так как ограничиваются возможности диагностирования и решения проблем неэффективности и «верхоглядства менеджмента», что увеличивает частоту несчастных случаев [3].

Решение проблемы формирования устойчивой культуры охраны труда на предприятиях некоторыми авторами, в частности видится в том, что менеджеры должны демонстрировать более широкий подход к управлению, сочетая формальную роль (когда принимается решение выделить время на необходимые профилактические работы по охране труда или расследование несчастного случая) с личной ролью (проведение встреч с работниками для обсуждения безопасности и производительности, например, в сложной финансовой ситуации). Культура охраны труда должна быть ориентирована на заботу как руководства, так и рабочих в создании безопасного климата. «Собрания по безопасности» [3], особенно на крупных промышленных предприятиях, могут стать хорошим средством вовлечения рабочих в осознание и решение проблем безопасности. Можно однозначно утверждать, что дух партнерства улучшает показатели климата безопасности в противоположность менталитету политики принуждения.

Делая акцент на руководстве предприятий, нельзя также недооценивать важность роли работников в динамике культуры охраны труда. Мотивации и поведение рабочих в том, что касается безопасности труда, зависят от того, как они воспринимают приоритеты в охране труда, транслируемые своими непосредственными руководителями и администрацией. Эта схема воздействия «сверху вниз» была доказана многочисленными поведенческими экспериментами, в ходе которых вводился элемент позитив-

ного отклика менеджеров с целью улучшения соответствия формальным правилам безопасности [3]. Также работники могут спонтанно создать рабочие группы, способствующие их вовлечению в «формальный» и «неформальный» менеджмент и регулирование на рабочем месте [2]. Этот аспект поведения сотрудников, ориентированный на инициативы безопасности, исходящие от рабочих групп, и их способность к саморегулированию, может быть позитивно использован руководством для улучшения вовлеченности работников и создания культуры безопасности труда.

Другим мощным фактором продвижения культуры охраны труда является проведение анкетных опросов по тематике охраны труда. Рабочие, как правило, знают, каковы основные проблемы охраны труда непосредственно на их рабочем месте, но в связи с тем, что их мнением никто не интересуется, они всячески сопротивляются вовлечению в программу улучшения условий и охраны труда [4]. Анонимный опрос по этой тематике является одним из способов улучшения процессов формирования культуры охраны труда и будет способствовать участию рабочих в процессе охраны труда, обеспечивая одновременно руководителей высшего звена обратной связью, которая может быть с успехом использована для улучшения управления вышеуказанной сферой. Такой опрос можно провести в форме интервьюирования, или же методом раздачи опросных листов всем рабочим.

Многочисленные исследования показывают, что там, где руководители высшего звена уделяют внимание охране труда и лидерству, это незамедлительно сказывается на качестве работы. Результаты этих исследований также наводят на мысль о том, что лучшим способом продемонстрировать гуманистические ценности и философию управления, ориентированную на людей, является участие руководителей высшего звена в таких видимых мероприятиях, как инспекции качества охраны труда на рабочих местах и встречи с рабочими. Таким образом, в результате вышеуказанных действий должно возникнуть «партнерское лидерство», несмотря на то, что современная ситуация характеризуется постоянными реструктуризациями производства, руководство предприятий должно ставить задачи и предоставлять полномочия своим работникам. В процессе распределения полномочий возрастает возможность совместной работы и соучастия работодателей и работников. Это способствует формированию культуры охраны труда и получает свое развитие в искусстве умения выслушать человека и умении высказаться, а также искусстве анализа проблем и поиска точек соприкосновения. Таким образом, развивается чувство общности и самоэффективности, что способствует тому, что работодатели и работники становятся способны к созиданию.

Если говорить о практических мерах реализации и внедрении культуры охраны труда, то к ним можно отнести:

1. Организацию учебного пункта на предприятии с тематическими залами (классами), оборудованными соответствующими схемами, действующими макетами и моделями, тренажерами, световыми табло, фотостендами, плакатами и т.д.

2. Обучение новой технике за три месяца до ее внедрения.

3. Знакомство на учебном пункте не только с достижениями по охране труда на своем предприятии, но и с опытом, новинками в области охраны труда на других предприятиях.

4. Информационное обслуживание: например использование многотиражной газеты и радио для знакомства с работой передовиков, касающейся охраны труда, всех рабочих и служащих предприятия. Темы бесед и заметок могут быть самые разные, в частности: «Передовики делятся опытом», «Примени опыт товарища», «Безопасность – дело каждого», «Ручной труд – на плечи машин» и т.д.

5. Проведение краткосрочных инструктажей перед началом работы по соответствующим планам, которые составляются на основе статистического, топографического и монографического методов исследования производственного травматизма.

6. Внедрение метода наставничества с созданием «микрозвеньев», состоящих из наставника и двух-трех молодых рабочих.

7. Выпуск в учебных пунктах сатирических листков, направленных на борьбу с нарушителями законодательства по охране труда.

8. Проведение аттестации рабочих мест по условиям труда.

9. Обучение оказанию первой помощи пострадавшим на производстве.

10. Обеспечение спецодеждой и другими средствами индивидуальной защиты, специальной литературой, журналами, плакатами и прочей продукцией по охране труда.

Таким образом, внедрение и профилактика культуры охраны труда как элемента управления предприятием означает обеспечение права на безопасные и здоровые условия труда на всех уровнях, активное участие работодателей и работников в обеспечении безопасных и здоровых условий труда че-

рез четко сформулированную систему прав, обязанностей и сфер ответственности, в которой принцип предупреждения имеет наивысший приоритет. Создание, пропаганда и поддержание в рабочем состоянии ориентированной на профилактику культуры охраны труда требует использования всех возможных средств осведомленности, знаний и понимания концепций опасностей и рисков и методов их предотвращения или ограничения.

Для эффективной организации работ по охране труда в организации необходима однозначно выраженная решимость высшего руководства организации в отношении повышения культуры охраны труда и создания современной системы управления охраной труда при сотрудничестве, по возможности, с командой профессионалов (консультантов) на всех этапах организации работ по охране труда в организации. Иными словами, эта культура охраны труда должна быть комбинацией лидерства и поддержки со стороны руководителей высшего звена, участия в деле менеджеров низшего уровня и вовлечения рабочих в соблюдение мер безопасности.

Список литературы

1. Коротков Э. Концепция российского менеджмента. – М.: Дека, 2004. – 896 с.

2. Кошкин Л.И., Хачатуров А.Е. Менеджмент на промышленном предприятии: Электронная версия, «Эколайн», 2000. – Режим доступа: http://www.14000.ru/books/industrial/index.html / (дата обращения: 05.09.12).

3. Российская энциклопедия по охране труда. В 3 т. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. – Т. 1: А–К. – 440 с.

4. Типовая программа улучшения условий и охраны труда в субъекте Российской Федерации // Информационно-правовая система ГАРАНТ-ЭКСПЕРТ.

5. Энциклопедия по охране и безопасности труда. – Режим доступа: http://base.safework.ru/ (дата обращения: 21.09.12).

References

1. *Korotkov E. Kontseptsiya rossiyskogo menedgmenta* [Russian Management Concept]. Moscow, Deka publ., 2004, 896 p.

2. *Koshkin L.I., Khachaturov A.E. Menedgment na promyshlennom predpriyatii: Electronnaya versiya* [Industrial Enterprise Management]. Moscow, Ecoline, 2000. Available at: http://www.14000.ru/books/industrial/index.html (accessed 5 September 2012).

3. *Rossiyaskaya entsiklopediya po ohrane truda. V 3 t., 2 izd., pererab. i dop.* [Occupational Safety and Health Encyclopedia, Second, revised edition]. Moscow, ENAS publ., 2007, Vol. 1, 440 p.

4. *Tipovaya programma uluchsheniya uslovii i ohrany truda v subyekte Rossiyskoi Federatsii* [Improving Conditions and Occupational Safety and Health Sample Program for Regions of Russian Federation], Garant Expert Information System.

5. *Entsiklopediya po ohrane i bezopasnosti truda.* [Occupational Safety and Health Encyclopedia], Available at: http://base.safework.ru/ (accessed 21 September 2012).

Рецензенты:

Бурмистров А.В., д.т.н., профессор кафедры ВТ Казанского национального исследовательского технологического университета, г. Казань;

Поникаров С.И., д.т.н., профессор кафедры МАХП Казанского национального исследовательского технологического университета, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 553.041

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВТОРИЧНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ УРАЛА И ПРЕДУРАЛЬЯ ДЛЯ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ ПЕТРУРГИЕЙ

[2]Чернов В.П., [1]Игнатова А.М.

[1]ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: ignatovaanna2007@rambler.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: vdovin@magtu.ru

Представлены результаты практических исследований химического и минералогического состава потенциально пригодного петургического сырья Пермского края, также экспериментально проведена оценка вторичных техногенных металлургических ресурсов (металлургических шлаков) Урала и Предуралья, ориентированная на возможность их использования в качестве петургического сырья. Использованы методы рентгеноструктурного, силикатного, термического и петрографического анализов, а так же аналитические расчетные методики. Установлено, что состав и основные характеристики изученных образцов сырья соответствуют требованиям, предъявляемым к петургическому сырью, по кислотности, пироксеновому составу, наличию фазовых преобразований и т.д. Установлено, что рассмотренные виды сырья пригодны к использованию в качестве сырья для синтеза стеклокристаллических и камнелитых материалов (синтетических минеральных сплавов – симиналов), также установлено, что методы петургической переработки пригодны для вторичных металлургических ресурсов.

Ключевые слова: петургия, металлургические шлаки, каменное литье, рециклинг, переработка вторичного сырья

MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE SECONDARY TECHNOGENIC METALLURGICAL RESOURCES URALS AND FRONT-URALS FOR THEIR PROCESSING FROM THE MELT (PETRURGY)

[2]Chernov V.P., [1]Ignatova A.M.

[1]Permskij nacionalnyj issledovatelskij politehnicheskij universitet, Perm, e-mail: ignatovaanna2007@rambler.ru;

[2]FGBOU VPO «Magnitogorskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet im. G.I. Nosova», Magnitogorsk, e-mail: vdovin@magtu.ru

The results of the empirical research of the chemical and mineralogical composition of potentially useful materials petrurgical Perm, also experimentally evaluated – secondary metallurgical technological resources (slag) and Ural Ural also focused on the possibility of their use as raw petrurgical. The methods of X-ray, silica, thermal and petrographic analyzes, as well as the analytical calculation methods. The composition and characteristics of the studied samples of raw materials meet the requirements for raw materials petrurgical for acidity, pyroxene composition, the presence of phase transformations, etc. Found that the species considered suitable material for use as a raw material for the synthesis of glass-and kamnelityh materials (synthetic mineral alloys – siminalov), also found that the methods petrurgical processing recyclable metals resources.

Keywords: petrurgy, metallurgical slags, stone casting, recycling, recycling of secondary raw materials

Производство металлов и их сплавов неизбежно сопровождается образованием сопутствующих вторичных материалов – металлургических шлаков, причисляемые к отходам. Частично они подвергаются переработке (строительные материалы – щебень, заполнители и т.д.), однако продукция, полученная по таким технологиям, малорентабельна, как правило, ее реализация экономически целесообразна при условии ее осуществления в территориальной близости от места производства, так как доставка превышает возможную прибыль, кроме того, реализация такой продукции не покрывает всех расходов, затраченных на образования шлаков [1]. Однако известно [2], что данный вид ресурсов может использоваться для производства петургических изделий. Петургические (камнелитые) изделия широко востребованы в промышленности как абразиво- и химически стойкий материал [3]. Решение проблемы утилизации, переработки вторичных техногенных образований металлургии (шлаков), совмещенное с возможностью получения из них востребованных и уникальных изделий и петургических материалов, а также проведение исследований для разработки предложений по организации на Урале и Предуралье самостоятельного или сопутствующего металлургическому петургического производства, является актуальной.

Целью настоящего исследования является разработка научных основ переработки вторичных техногенных ресурсов горно-металлургических комплексов Урала и Предуралья через изучение их пригодности и доступности для петургической

промышленности регионов, способных обеспечить их каменным литьем, техническими и декоративными синтетическими минеральными сплавами (симиналами). В рамках поставленной цели одной из задач была определена лабораторная и опытно-промышленная оценка и проверка возможности использования металлургических шлаков Урала и Предуралья в качестве сырья для петургии.

Материалы и методы исследования исследования

В качестве объектов исследования в данной работе рассматриваются металлургические шлаки предприятий Урала и Предуралья.

Для того чтобы оценить возможность использования металлургических вторичных ресурсов в качестве сырья для петургии, необходимо определить, соответствует ли оно основным требованиям, предъявляемым к петургическому сырью. Вопросы оценки и выбора сырья как петургического изучались Б.Х. Ханом, Г.А. Рашиным, А.Г. Котловой, А.Н. Заварицким, А.С. Гинзбергом, Г.А. Лебедевым и др. Так, на их основе и работ И.Е. Липовского, В.А. Дорофеева, В.В. Вагина и Б.И. Пирогова [4] сформулированы основные требования, предъявляемые к петургическому сырью:

1) химический состав сырья должен быть близок к конечному составу литья и желательно находиться в пределах (мас., %): SiO_2 – 45–50 %, CaO – 10–13 %, MgO до 10 %, Al_2O_3 до 15 %, ($FeO + Fe_2O_3$) до 15;

2) однородность сырья по химическому и минералогическому составу;

3) низкая температура плавления (1200-1400°С) и высокая кристаллизационная способность получаемого расплава (наличие тугоплавких соединений, катализирующих кристаллизацию как модификаторы);

4) экономическая целесообразность.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки соответствия вторичного металлургического техногенного сырья Урала и Предуралья требованиям, предъявляемым к петургическому сырью, нами использовались методики силикатного [5] и петрографического [6] анализов.

Силикатным анализом был установлен оксидно-химический состав образцов сырья, концентрация основных компонентов сравнивалась с рекомендованным, а также были рассчитаны величины коэффициента кислотности ($К_{общ}$) и пироксенового модуля ($М_{ру}$) (табл. 1). Видно, что химический состав вторичного техногенного металлургического сырья близок к рекомендованному составу настолько, что может использоваться с минимальной подшихтовкой. Таким образом, рассмотренные образцы техногенных металлургические ресурсов Урала и Предуралья соответствуют первому требованию, предъявляемому к петургическому сырью в полном объеме.

Таблица 1

Оксидный состав и кислотно-основные характеристики ($К_{общ}$, $М_{ру}$) техногенных металлургических ресурсов Урала и Предуралья

Материал	Содержанием компонентов, %*									$К_{общ}$	$М_{ру}$
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	FeO	MnO	Cr_2O_3	P_2O_5	Fe_2O_3		
Металлургические шлаки											
Доменный шлак	30–40	5–15	35–45	3–20	0,1–1	0,2–3	–	–	–	1,4	2,7
Мартеновский										1,7	2,8
Первичный	24–25	4–7	24–28	8–11	1–2	6–7	–	–	13–27	1,3–1,5	2,7–3,1
Конечный	18–34	3–7	36–43	6–18	0,5–1	5–23	–	–	9–22	1,4	2,7
Электропечной										1,7	2,8
Первичный	19–20	2–8	32–35	11–17	1–2	1–5	–	–	11–25	1,3–1,5	2,7–3,1
Конечный	17–22	4–9	42–45	14–16	0,1–0,2	1–4	–	–	1–3	1,4	2,7
Шлаки ферросплавного производства											
Ферросилиций	25–45	25–45	10–25	1–5	1–2	1–2	–	–	–	1,3–1,5	2,7–3,1
Ферромарганец	28–32	1–4	40–46	2–5	–	15–20	–	0,1	–	1,4	2,7
Мет. марганец	28–30	2–4	44–48	2–4	0,15	14–25	–	0,01	–	1,5	3,0
Феррохром	26–32	6–10	46–55	8–12	0,9	–	3,4	0,01	–	1,1	2,8
Ферромолибден	62–68	9–13	6–8	1–3	7–11	–	–	–	–	1,2	3,1
Ферротитан	0–2	65–75	8–13	5–8	0–2	0,1–0,2	–	–	–	1,5	2,7
Шлаки цветной металлургии											
Медно-никелиевый	38–35	6–10	4–8	3–8	50–51	–	–	–	–	1,1	2,8
Медный										1,2	3,1
Электроплавка	34–37	2–8	1,5–5	0,8–2,5	61–63	–	–	–	4–6	1,5	2,7
Шахтная плавка	30–32	–	6–10	1,5–2,5	36–39	–	–	–	4–6	1,5	3,0
Отраж. плавка	33–35	5–6	2–6	1–2	39–48	–	–	–	8–10	1,1	2,8
Свинцовый										1,2	3,1
Электроплавка	28–32	–	18–22	–	32–39	–	–	–	–	1,5	2,7
Шахтная плавка	20–27	–	10–13	–	27–32	–	–	–	–		
Шлаковозгон	20–25	8–10	15–18	–	28–34	–	–	–	–		
Оловянный											
Электроплавка	46–50	16–18	12–18	–	10–13	–	–	–	–		
Фьюминг	38–42	4–9	4–6	–	23–33	–	–	–	–		

В табл. 1 приведены минимальные и максимальные величины концентрации основных компонентов. Установленный диапазон достаточно узок, что указывает на высокую однородность химического состава, а значит, удовлетворяет второму требованию.

Наиболее стабильные результаты продемонстрировали образцы доменного шлака, дальнейшее исследование было направлено на их изучение.

Для того чтобы идентифицировать и провести оценку минералогического состава образцов сырья, были проведены минералого-петрографические исследования.

Петрографическим анализом [6] установлено, что образцы доменного шлака Магнитогорского металлургического комбината (рис. 1) состоят из сочетания кристаллической и аморфной фазы. В кристаллической части различаются: псевдоволластонит, мелилиты, пироксены, β-$2CaO \cdot SiO_2$. Пироксены (твердый раствор «Диопсид $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$ – геденбергит $CaO \cdot FeO \cdot 2SiO_2$») наблюдаются в виде кристаллов зеленовато-буроватой окраски (с плеохроизмом) до 20–40 мкм в длину.

Судя по значениям коэффициентов преломления, в твердом растворе содержится примерно равное количество диопсида и геденбергита. На рис. 1 отчетливо видны кристаллы псевдоволластонита, мелилитов, пироксенов и β-$2CaO \cdot SiO_2$.

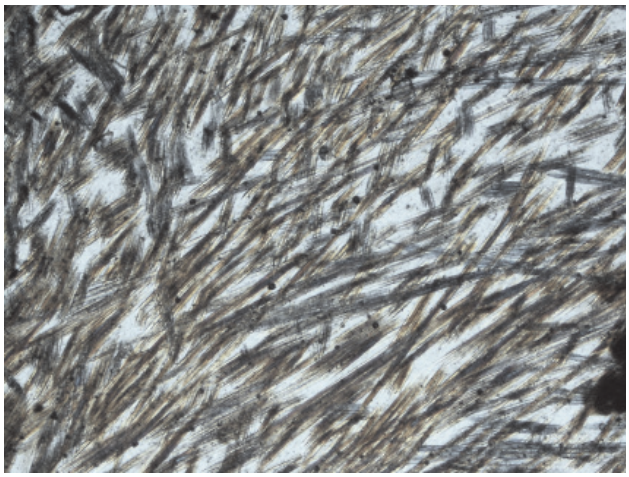


Рис. 1. Структура доменного шлака Магнитогорского комбината, ×50

Кристаллические фазы цементируются тончайшими пленками в стекло-фазе. Кое-где в стекле наблюдаются выделения CaS в виде дендритных, скелетных форм размером от 4 до 20 мкм.

При исследовании образцов доменного шлака Чусовского металлургического завода (рис. 2) обнаружены двухкальциевый силикат, псевдоволластонит, мелилиты, пироксены: диопсид и геденбергит, кальцит, ильменит и стекло-фазы. Мелилит выделяется в виде скелетных звездообразных выделений. Стекло-фаза достаточно темного цвета, что указывает на повышенное содержание оксидов железа в ней. Присутствие ильменита вызвано наличием в шлаке оксида титана.

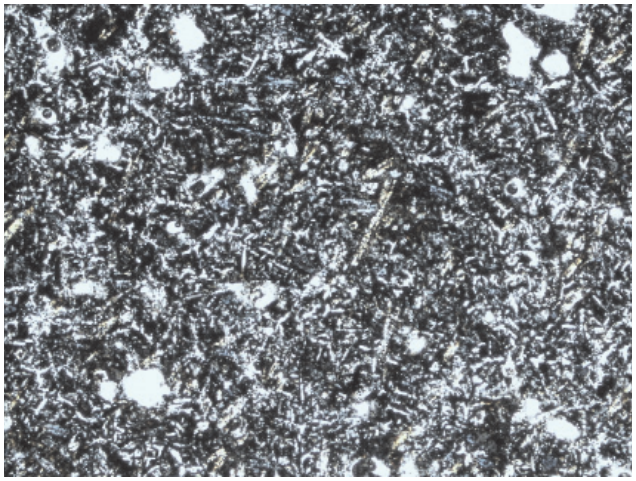


Рис. 2. Структура доменного шлака Чусовского завода комбината, ×50

Наличие развитых кристаллов в шлаках указывает на высокую кристаллизационную способность, присутствие пироксенов указывает на склонность расплавов шлаков образовывать равномерные минеральные материалы. Таким образом, исследованные образцы вторичного металлургического сырья соответствуют третьему требованию, предъявляемому к петрургическому сырью.

Важнейшие технологические характеристики сырья – такие как температура плавления и вязкость – были установлены расчетным путем по методу Б.Х. Хана (выражены через пироксеновый модуль). Результаты представлены в табл. 2. В этой же таблице представлены эталонные характеристики, полученные результаты позволяют судить о рассмотренных образцах сырья как о соответствующих образцах для использования в петрургии.

Данные о составе сырья, полученные при петрографическом анализе, говорят о том, что минералы, содержащиеся в исследуемых горных породах, соответствуют по химическому и минеральному составу второму пункту требований, предъявляемых к петрургическому сырью.

Таблица 2

Температура плавления и вязкость образцов вторичного техногенного металлургического сырья Урала и Предуралья

Наименование сырья	Вязкость, Па·с	Температура плавления, °С
Рекомендованы	100–220	1200–1450
Доменный	160	1100–1200
Ферросплавный	180	1300–1370
Медный	230	1300–1450
Свинцовый	234	1110–1250
Оловянный	250	1090–1200

Для исследования возможности синтеза петрургических материалов с однородной структурой были получены опытные образцы из расплавов вторичных техногенных металлургических ресурсов в форме плит размером 150×200×15 мм на основе исследованных образцов сырья.

Образцы петрургических материалов были получены из расплавов, приготовленных в лабораторной электродуговой печи с графитовым электродом [7], для заливки расплава использовались песчано-глинистые формы, после заливки формы с образцами были подвергнуты кристаллизационно-отжигательной обработке. Обработка состояла из двух этапов. Первый этап заключался в выдержке при температуре 900 °С, второй предполагал охлаждение от 900 до 100 °С со скоростью 30 °С/ч.

При исследовании структуры образцов петрографическим методом установлено, что переплавленный материал обладает более однородной структурой (рис. 3), с большим количеством кристаллической фазы – пироксена.

Рассматриваемые вторичные техногенные минеральные ресурсы расположены в отвалах на территориях, прилегающих к предприятиям, а значит, обладающих хорошо развитой инфраструктурой, кроме того уже, имеются производственные помещения, оборудование и персонал, ведь работа с расплавами мало чем отличатся от работы с жидким металлом. Исследования показывают, что наибольшим объемом залегания в отвалах обладают чусовские и магнитогорские шлаки, кроме того, при исследовании структуры и состава они отличались наибольшей стабильностью. Поэтому в дальнейшем, с точки зрения организации петрургического производства, именно это разновидности следует рассмотреть прежде всего.

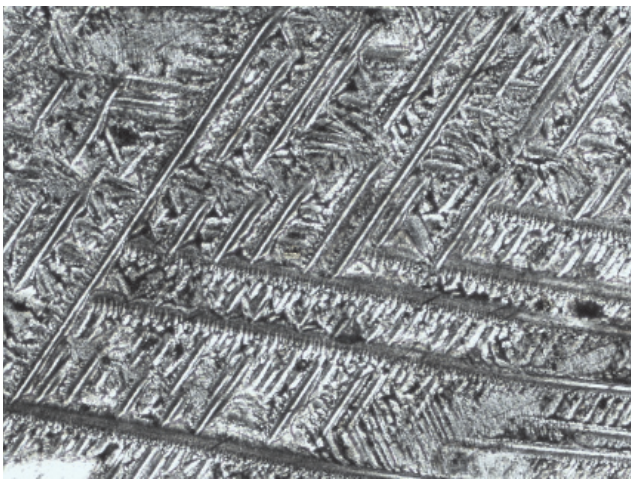


Рис. 3. Структура литого материала на основе доменного шлака, ×50

Изделия, полученные из вторичных техногенных металлургических ресурсов Урала и Предуралья методами петрургии, являются более экономичными в изготовлении, чем ряд других распространенных материалов, поскольку на одну тонну камнелитой продукции расходуется 45 кг условного топлива и требуется 4,02 чел/ч трудозатрат. Для сравнения, при изготовлении железобетонных изделий требуется 118 кг условного топлива и 4,18 чел./ч, а при изготовлении стального проката требуется 1570 кг условного топлива и 9,78 чел./ч [8].

Выводы

Таким образом, представленная минералого-петрографическая характеристика вторичных техногенных металлургических ресурсов Урала и Предуралья для организации производства петрургических материалов позволяет сделать следующие выводы:

– вторичные техногенные металлургические ресурсы Урала и Предуралья пригодны для получения синтетических минеральных сплавов и камнелитых изделий широкого спектра применения без использования дополнительных подшихтовочных материалов, а территориальное расположение источников сырья рядом с предприятиями схожего профиля свидетельствует о целесообразности организации петрургического производства;

– из всех исследованных источников техногенного петрургического сырья наиболее перспективным для освоения, с точки зрения близости характеристик к желаемым, и соответствия минералого-петрографических характеристик основным требованиям к петрургическому сырью, являются чусовские и магнитогорские шлаки.

Список литературы

1. Баталии Б.С Хранилища отходов как антропогенные месторождения полезных ископаемых // Промышленность, технология, экология: сб. трудов Международной конференции. – М., 1998. – С. 30–34.

2. Вагин В.В., Ладохин С.В. Пути интенсификации плавки шихт и улучшения качества петрургических расплавов // Сб. статей Проблемы каменного литья. – Киев: Наукова Думка, 1975. – С. 102–111.

3. Гавриленко В.В. Современные методы исследования минералов, горных пород и руд. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского горного института, 1997. – 137 с.

4. Игнатова А.М. Правила управления структурой и свойствами каменного литья // Вестник Пермского государственного технического университета «Машиностроение. Материаловедение». – 2010. – № 3. – Т. 12. – С. 145–156.

5. Кнорозов Б.В. Технология металлов и материаловедение. – М.: Металлургия, 1987. – С. 125–139.

6. Левинсон-Лессинг Ф.Ю. Базальтовое литье // Минеральное сырье. – 1927. – № 4. – С. 23–27.

7. Пеликан А. Плавленые камни. – М., 1959. – 235 с.

8. Хан Б.Х., Строщенко М.Б. Оценка технологических характеристик петрургических расплавов при использовании пироксенового модуля // Проблемы каменного литья: сб. статей. – Киев: Наукова Думка, 1975. – С. 184–192.

References

1. Batalii B.S Hraniliwa othodov kak antropogennye mestorozhdenija poleznyh iskopaemyh // Sb. trudov Mezhdunarodnoj konferencii «Promyshlennost', tehnologija, jekologija». M., 1998. p. 30–34.

2. Vagin V.V., Ladohin S.V. Puti intensifikacii plavki shiht i uluchshenija kachestva petrurgicheskih rasplavov// Sb. statej Problemy kamennogo lit'ja. – Kiev: Naukova Dumka, 1975. pp. 102–111.

3. Gavrilenko V.V. Sovremennye metody issledovanija mineralov, gornyh porod i rud. -Sankt-Peterburg: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo gornogo instituta, 1997. 137 p.

4. Ignatova A.M. Pravila upravlenija strukturoj i svojstvami kamennogo lit'ja // Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta Mashinostroenie. Materialovedenie. 2010, no. 3. t.12. pp. 145–156.

5. Knorozov B.V. Tehnologija metallov i materialovedenie. M.: Metallurgija,1987. pp. 125–139.

6. Levinson-Lessing F.Ju. Bazal'tovoe lit'e // Mineral'noe syr'e. 1927, no. 4. pp. 23–27.

7. Pelikan A. Plavlenye kamni. M., 1959. 235 p.

8. Han B.H., Strowenko M.B. Ocenka tehnologicheskih harakteristik petrurgicheskih rasplavov pri ispol'zovanii piroksenovogo modulja//Sb. statej Problemy kamennogo lit'ja. Kiev: Naukova Dumka, 1975. pp. 184–192.

Рецензенты:

Беленький В.Я., д.т.н., профессор, зам. директора Западно-Уральского аттестационного центра, г. Пермь;

Кривоносова Е.А., д.т.н., профессор, ведущий специалист, Западно-Уральский аттестационный центр, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 535.37+778.663

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ГАЛОГЕНСЕРЕБРЯНЫХ ФОТОМАТЕРИАЛАХ В ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Бойченко А.П.

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», Краснодар, e-mail: bojchenco@yandex.ru

На основе известных результатов исследований «Эффекта Ротштейна» предложена феноменологическая физико-математическая модель процессов образования изображений в микрокристаллах галогенидов серебра размером от $3\cdot10^{-7}$ до 10^{-6} м под действием импульсного электрического поля напряженностью от $5\cdot10^{6}$ В/м до $1{,}5\cdot10^{7}$ В/м и вспышки света интенсивностью ~$3{,}4\cdot10^{5}$ квант/(м^2·с). С учетом катионно-электронной и вакансионно-дырочной рекомбинации проведено численное решение модели на примере экспериментальных результатов взаимодействия барьерного газового разряда с фотоматериалами различной светочувствительности. Показано, что при одинаковой освещенности характер формирования серебряных центров скрытого изображения зависит от размеров микрокристаллов, напряженности в них электрического поля, а также скоростей его нарастания и спада.

Ключевые слова: «Эффект Ротштейна», галогениды серебра, ионы серебра, ионные вакансии, фотоэлектроны, фотодырки

PHENOMENOLOGY MODEL OF FORMATION IMAGES ON HALOENS SILVER PHOTOMATERIALS IN PULSE ELECTRICAL FIELD

Boychenko A.P.

Kuban State University, Krasnodar, e-mail: bojchenco@yandex.ru

On the basis of known results of researches «Effect Rotshtein» the physical and mathematical model of processes of formation of the images in microcrystals halogens of silver by the size from $3\cdot10^{-7}$ m up to 10^{-6} m under action of a pulse electrical field by intensity from $5\cdot10^{6}$ V/m up to $1{,}5\cdot10^{7}$ V/m and flare of light by intensity of ~$3{,}4\cdot10^{5}$ quantums / (m^2·s) is offered phenomenology. In view of kation-electronic and vacancy-holes recombination the numerical decision of model on an example of experimental results of interaction of the barrier gas-discharge with photomaterials of a various photosensitivity is carried spent. Is shown, that at identical light exposure the character of formation of the silver centres of the latent image depends on the sizes of microcrystals, intensity in them of an electrical field, and also speeds of its increase and recession.

Keywords: «Effect Rothstein», halogens silver, ions of silver, ions of vacancy, photoelectrons, photoholes

С тех пор как Ж. Ротштейном был обнаружен эффект влияния импульсного электрического поля на светочувствительность галогенсеребряных (AgHal) фотоматериалов прошло более 50 лет [10]. За это время состоялось как масштабное исследование «Эффекта Ротштейна» (преимущественно проведенное в бывшем СССР), так и его применение в научной фотографии для ядерно-физических экспериментов [3] и управления AgHal-фотографическим процессом [6, 7]. Недавние исследования взаимодействия барьерного разряда с AgHal-фотоматериалами показали, что «Эффект Ротштейна» реализуется и в этом случае, но в условиях не только однократного, но и многократного светового экспонирования [1, 2]. Несмотря на практическую привлекательность названного эффекта для программного управления чувствительностью различных фотографических систем, в настоящее время он пока не имеет какой-либо модели, адекватно описывающей кинетику процессов образования изображений и позволяющую предсказать наиболее подходящие условия его реализации на конкретных фоточувствительных материалах. Можно назвать лишь одну работу [9], посвященную этой проблеме. Однако авторы ограничились рассмотрением в ней только ионно-вакансионной стадии, т.е. без светового экспонирования фотоэмульсионных микрокристаллов (МК) AgHal. Поэтому в настоящей статье предлагается феноменологическая модель кинетики образования изображений на AgHal-фотоматериалах с учетом их светового экспонирования в импульсном электрическом поле с течением как ионно-вакансионных, так и электронно-дырочных процессов.

Постановка задачи. Для моделирования этих процессов решалась система одномерных кинетических уравнений непрерывности для концентраций катионов серебра Ag^+ n_{Ag}, катионных вакансий n_V, фотоэлектронов n_e и фотодырок n_h совместно с уравнением для напряженности электрического поля в МК AgHal E_k реальных фотографических эмульсий, предложенного в [4]:

$$\frac{\partial n_{Ag}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}\left[-D_{Ag}\frac{\partial n_{Ag}}{\partial x} - \mu_{Ag} n_{Ag} E_k\right] + \frac{eZ_{Ag}\mu_{Ag}}{\varepsilon_k\varepsilon_0}\left(n_0^2 - n_{Ag}n_V\right) - \frac{e\mu_e}{\varepsilon_k\varepsilon_0} n_{Ag} n_e; \qquad (1)$$

$$\frac{\partial n_V}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}\left[-D_V \frac{\partial n_V}{\partial x} + \mu_V n_V E_k\right] + \frac{eZ_{\mathrm{Ag}}\mu_{\mathrm{Ag}}}{\varepsilon_k \varepsilon_0}\left(n_0^2 - n_{\mathrm{Ag}} n_V\right) - \frac{e\mu_h}{\varepsilon_k \varepsilon_0} n_V n_h; \quad (2)$$

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}\left[-D_e \frac{\partial n_e}{\partial x} + \mu_e n_e E_k\right] + \frac{n_{0e}}{\tau} - \frac{e\mu_e}{\varepsilon_k \varepsilon_0}\left(n_{Ag} n_e - n_h n_e\right); \quad (3)$$

$$\frac{\partial n_h}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}\left[-D_h \frac{\partial n_h}{\partial x} - \mu_h n_h E_k\right] + \frac{n_{0h}}{\tau} - \frac{e\mu_h}{\varepsilon_k \varepsilon_0} n_V n_h - \frac{e\mu_e}{\varepsilon_k \varepsilon_0} n_h n_e; \quad (4)$$

$$E_k = \frac{3U}{\left(2 + \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_f}\right)\left(d_f + d_p \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_p}\right)}; \quad (5)$$

где $D_{\mathrm{Ag}} = \frac{\upsilon_{\mathrm{Ag}} L_{\mathrm{Ag}}}{3} \exp\left(-\frac{W_k}{kT}\right)$;

$D_V = \frac{\upsilon_V L_V}{3} \exp\left(-\frac{W_k}{kT}\right)$;

$D_e = \frac{\upsilon_e L_e}{3} \exp\left(-\frac{W_k}{kT}\right)$;

$D_h = \frac{\upsilon_h L_h}{3} \exp\left(-\frac{W_k}{kT}\right)$;

$\mu_{\mathrm{Ag}} = \frac{eZ_{\mathrm{Ag}} D_{\mathrm{Ag}}}{kT}$;

$\mu_V = \frac{eZ_V D_V}{kT}$; $\mu_e = \frac{eD_e}{kT}$;

$\mu_h = \frac{eD_h}{kT}$ – диффузии и подвижности катионов Ag^+, катионных вакансий V^-, фотоэлектронов и фотодырок в МК AgHal с характерными длинами $L_{\mathrm{Ag}} = \left(n_{0\mathrm{Ag}}\right)^{-1/3}$ для Ag^+ и вакансий $L_V = \left(n_{0V}\right)^{-1/3}$, а также эффективных длин пробега фотоэлектронов в МК $L_e = Z_{\mathrm{Ag}} e^2 \left(\varepsilon_k \varepsilon_0 kT\right)^{-1}$ и фотодырок $L_h = Z_V e^2 \left(\varepsilon_k \varepsilon_0 kT\right)^{-1}$ соответственно; Z_{Ag} и Z_V – кратности зарядов Ag^+ и V^-, равных единице; $n_{0\mathrm{Ag}}$ – начальная концентрация ионов Ag^+, равновесно образующихся с катионными вакансиями V^- концентрацией n_{0V}, т.е.

$$n_{0\mathrm{Ag}}(x,0) = n_{0V}(x,0) = n_F$$

где $n_F = \sqrt{\frac{r}{r_{\mathrm{Ag}}}} a_k^{-3} \exp\left(-\frac{W_F}{2kT}\right)$ – концентрация дефектов Френкеля и энергия их образования $W_F = 1{,}7 \cdot 10^{-19} - 1{,}09 \cdot 10^{-18} kT$ [9] в МК AgHal линейным размером (диаметром) r; $\upsilon_{\mathrm{Ag}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_{\mathrm{Ag}}}}$; $\upsilon_V = \sqrt{\frac{3kT}{m_V}}$; $\upsilon_e = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}}$ и $\upsilon_h = \sqrt{\frac{3kT}{m_h}}$ – скорости теплового движения ионов Ag^+, V^-, электронов и дырок соответственно; $W_k = \frac{\alpha \cdot Z^2 e^2}{4\pi\varepsilon_k \varepsilon_0 a_k}$ – потенциальная энергия взаимодействия ионов кристаллической решетки AgHal;

$n_{0e} = \eta N_{h\nu} K V_k \left(1 - \exp\left[-Kr\right]\right) \cdot \left(V S_k \tau\right)^{-1} \cdot r^2 D_e^{-1}$ и –

$n_{0h} = \eta N_{h\nu} K V_k \left(1 - \exp\left[-Kr\right]\right) \cdot \left(V S_k \tau\right)^{-1} \cdot r^2 D_h^{-1}$

фотоэлектроны и фотодырки в МК AgHal объемом $V_k = \frac{1}{6}\pi r^3$, сгенерированные световыми фотонами количеством $N_{h\nu}$ за время τ на поверхности МК площадью $S_k = 0{,}25\pi r^2$; V – единичный объем (равный 1 м^3); x – текущая координата; U – приложенное напряжение.

В ряде наших работ (например, в [1]) последний параметр являлся видеоимпульсом колоколообразной формы, подчиняющимся следующей эмпирически выведенной математической зависимости (вероятно, справедливой исключительно для использованного генератора высоковольтных импульсов):

$$U = U_0 \cdot N\left(\exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) + \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right)\right)\left\{\exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) \cdot \left(\frac{t+\tau_1}{\tau_1}\left[\frac{t+\tau_2}{\tau_2}\right]^{-1}\right)\right\}, \quad (6)$$

где U_0 – начальное напряжение на электродах. На основании изложенного были определены соответствующие граничные условия задачи:

$$n_{\mathrm{Ag}}(0,t) = n_{0\mathrm{Ag}} \exp\left(-\frac{\mu_{\mathrm{Ag}} E_k R_d}{D_{\mathrm{Ag}}}\right); \quad \frac{\partial n_{\mathrm{Ag}}(r,t)}{\partial r} = \frac{n_{0\mathrm{Ag}} \mu_{\mathrm{Ag}} E_k \exp\left(-\mu_{\mathrm{Ag}} D_{\mathrm{Ag}}^{-1} E_k \left[R_d - r\right]\right)}{D_{\mathrm{Ag}}}; \quad (7)$$

$$n_V(0,t) = n_{0V} \exp\left(\frac{\mu_V E_k R_d}{D_V}\right); \quad \frac{\partial n_V(r,t)}{\partial r} = -\frac{n_{0V} \mu_V E_k \exp\left(\mu_V D_V^{-1} E_k \left[R_d - r\right]\right)}{D_V}; \quad (8)$$

$$n_e(0,t) = n_{0e} \exp\left(\frac{\mu_e E_k L_e}{D_e}\right); \quad \frac{\partial n_e(r,t)}{\partial r} = -\frac{n_{0e} \mu_e E_k \exp\left(\mu_e D_e^{-1} E_k \left[L_e - r\right]\right)}{D_e}; \quad (9)$$

$$n_h(0,t) = n_{0h} \exp\left(-\frac{\mu_h E_k L_h}{D_h}\right); \quad \frac{\partial n_h(r,t)}{\partial r} = \frac{n_{0h} \mu_h E_k \exp\left(\mu_h D_h^{-1} E_k \left[L_h - r\right]\right)}{D_h}; \quad (10)$$

где $R_d = \sqrt{\dfrac{\varepsilon_k \varepsilon_0 kT}{e^2 Z_{\mathrm{Ag}}^2 n_{0\mathrm{Ag}} + e^2 Z_V^2 n_{0V}}}$ – Дебаевский радиус.

Для рационального решения системы (1)–(5) с начальными и граничными условиями (7)–(10) методом Рунге–Кутта в ней было выполнено обезразмеривание уравнений. Численное моделирование осуществлялось на примере экспериментальных результатов по взаимодействию барьерного разряда с AgHal-фотоматериалами [1, 2] при вариантах напряженности электрического поля $E_k = 5 \cdot 10^6$ В/м и $E_k = 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м, размерах МК AgHal исследованных фотопленок $r = 3 \cdot 10^{-7}$ м и $r = 10^{-6}$ м, интенсивности светового излучения $J_{h\nu}$, создаваемого одиночной электронной лавиной ~$3{,}4 \cdot 10^5$ квант/(м^2·с). Расшифровка, обозначение и значения некоторых параметров для МК AgHal, а также физических постоянных, выбранных для расчета, приведены в таблице.

Результаты моделирования представлены на рис. 1–6 с совмещенной осциллограммой импульса напряжения, которая выделена сплошной линией черного цвета. Оси ординат на всех графиках представлены в безразмерных и относительных единицах, нормированных на $N_0 = n_0 V_k$, а оси абсцисс – в единицах времени изменения импульса электрического поля $E_k(t)$ (или длительности видеоимпульса приложенного напряжения t).

Как видно из рис. 1 и 2, в отсутствии освещения электрическое поле просто смещает ионы и вакансии, группируя их на противоположных сторонах кристалла AgHal в такт своего изменения. Причем более эффективно этот процесс реализуется для ионов Ag^+ как имеющих наибольшую подвижность по сравнению с V^-, остающихся почти неподвижными за все время изменения E_k. Описанные закономерности наблюдаются как для микро-, так и наноразмерных кристаллов AgHal при $E_k = 5 \cdot 10^6$ В/м и $E_k = 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м, что согласуется с данными моделирования работы [9].

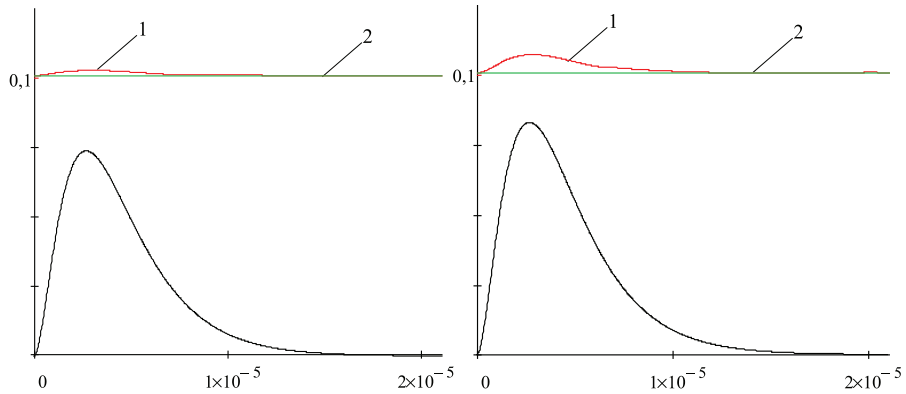


Рис. 1. Изменение концентраций ионов Ag^+ (1) и ионных вакансий V^- (2) в МК AgHal с $r = 3 \cdot 10^{-7}$ м под действием поля $E_k = 5 \cdot 10^6$ В/м (слева) и $E_k = 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м (справа) в отсутствии освещения (описание в тексте)

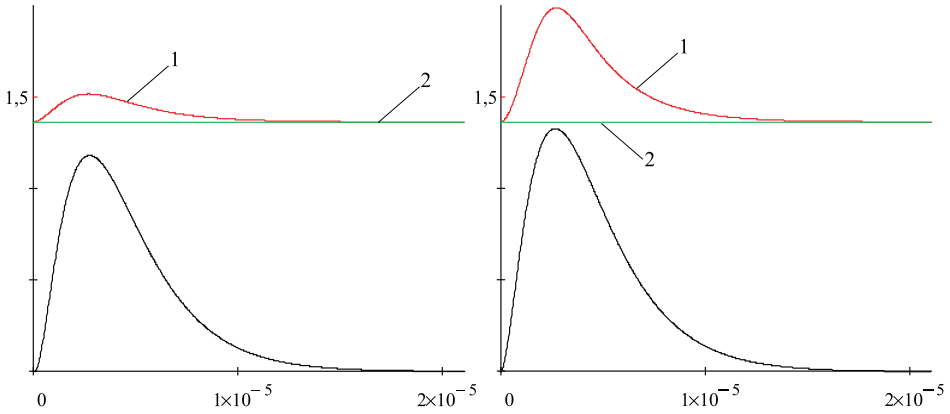


Рис. 2. Изменение концентраций ионов Ag^+ (1) и ионных вакансий V^- (2) в МК AgHal с $r = 10^{-6}$ м под действием поля $E_k = 5 \cdot 10^6$ В/м (слева) и $E_k = 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м (справа) в отсутствии освещения (описание в тексте)

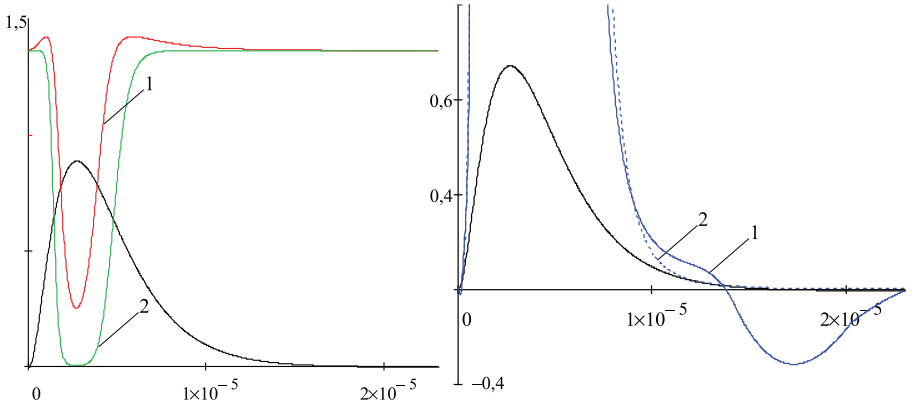
Физические и геометрические значения некоторых параметров МК AgHal, фотографических слоев и постоянных, выбранных для численных расчетов

№ п/п	Параметр и его обозначение		Значение
1	Элементарный электрический заряд, Кл	e	$1{,}6021892 \cdot 10^{-19}$
2	Постоянная Больцмана, Дж/К	k	$1{,}380658 \cdot 10^{-23}$
3	Стандартная температура, К	T	298
4	Диэлектрическая постоянная, Ф/м	ε_0	$8{,}8541878 \cdot 10^{-12}$
5	Постоянная кристаллической решетки AgBr, м	a_k	$5{,}7748 \cdot 10^{-10}$
6	Постоянная Маделунга для кристалла AgBr	α	1,7476
7	Относительная диэлектрическая проницаемость МК AgBr	ε_k	12,5
8	Радиус ионов серебра, м	r_{Ag}	$1{,}13 \cdot 10^{-10}$
9	Масса ионов серебра, кг	m_{Ag}	$1{,}792 \cdot 10^{-25}$
10	Эффективная масса электрона, кг	m_e	$1{,}1843 \cdot 10^{-32}$
11	Эффективная масса дырок, кг	m_h	$4{,}555 \cdot 10^{-30}$
12	Масса ионных вакансий в МК AgBr*, кг	m_V	$3{,}530 \cdot 10^{-21}$
13	Диэлектрическая проницаемость AgHal-фотоэмульсионного слоя	ε_f	5,89
14	Дэлектрическая проницаемость полимерной подложки AgHal-фотоматериала	ε_p	3,23
15	Толщина фотоэмульсионного слоя AgHal-фотоматериала, м	d_f	$5{,}70 \cdot 10^{-6}$
16	Толщина полимерной подложки AgHal-фотоматериала, м	d_p	$1{,}65 \cdot 10^{-4}$
17	Коэффициент поглощения фотонов кристаллом AgBr (для длины волны излучения $\lambda = 400$ нм), $м^{-1}$	K	10^5
18	Квантовый выход фотоэффекта в МК AgHal**	η	1
19	Длительность световой вспышки, с	τ	$1{,}5 \cdot 10^{-6}$
20	Длительность видеоимпульса напряжения, с	t	$2{,}5 \cdot 10^{-5}$
21	Длительность переднего фронта видеоимпульса напряжения, с	τ_1	$2{,}5 \cdot 10^{-6}$
22	Длительность заднего фронта видеоимпульса напряжения, с	τ_2	$4{,}5 \cdot 10^{-6}$
23	Подгоночный коэффициент	N	10,49

Примечания:
* рассчитано из данных в [9];
** значение для фотонов фиолетового и ультрафиолетового диапазонов электромагнитного спектра [5].

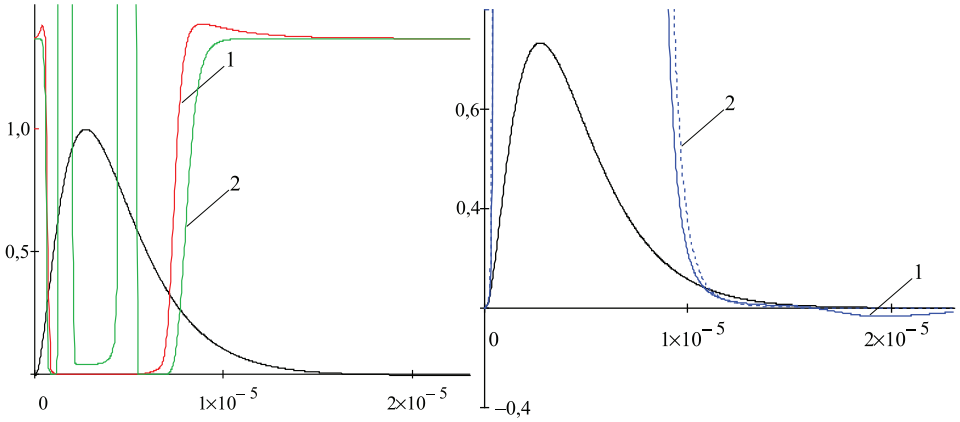
Кардинальные изменения концентраций всех заряженных частиц происходят в МК AgHal при их освещении, что видно из рис. 3–6. Кинетика для n_{Ag}, n_V, n_e и n_h определяется как амплитудным значением напряженности поля в разноразмерных кристалликах E_k, так и скоростями его нарастания и спада. Наибольший интерес

под влиянием этих факторов представляет поведение ионов Ag^+ и фотоэлектронов, как основных частиц, образующих центры скрытого изображения (ЦСИ). На переднем и заднем фронтах электрополевого импульса наблюдаются резкие скачки их концентраций, соответствующие определенным, пороговым величинам E_k. До этого порога поле уменьшает или увеличивает концентрации частиц (в зависимости от знака их зарядов и направления поля), группируя их на противоположных сторонах МК. По мере нарастания E_k и достижения порогового уровня, при котором катионы и электроны набирают энергию, достаточную для их рекомбинации, начинает интенсивно осуществляться последний процесс. Он выражается сменой знака изменения n_{Ag} и n_e в зависимости от вышеперечисленных параметров поля, а также размеров МК, и длится от ~0,1t до ~0,45t для Ag^+ и от ~0,8t до ~0,95t для электронов.



а б

Рис. 3. Освещение МК AgHal с r = 10^{-6} м под действием электрического поля E_k = 5·10^6 В/м: а – изменение концентраций ионов Ag^+ (1) и ионных вакансий V^- (2); б – изменение концентраций электронов (1) и дырок (2) (описание в тексте)

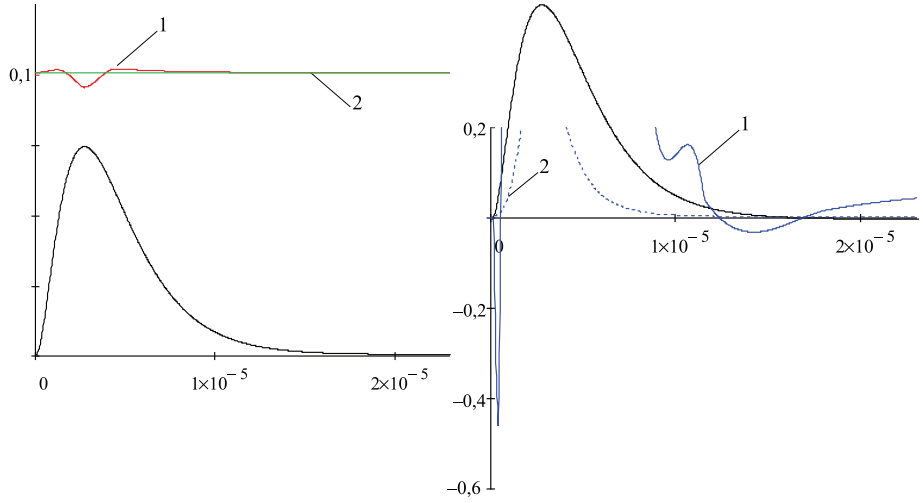


а б

Рис. 4. Освещение МК AgHal с r = 10^{-6} м под действием электрического поля E_k = 1,5·10^7 В/м: а – изменение концентраций ионов Ag^+ (1) и ионных вакансий V^- (2); б – изменение концентраций электронов (1) и дырок (2) (описание в тексте)

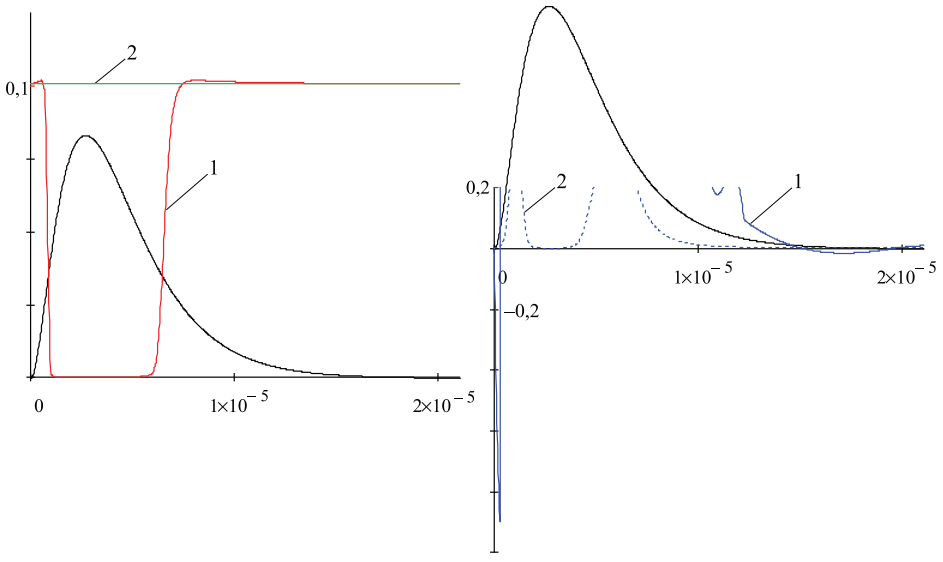
Не менее интересно поведение вакансий. В отличие от варианта с неосвещенными МК размером 10^{-6} м под действием света и поля они подобно ионам Ag^+ вовлекаются в интенсивную рекомбинацию с фотодырками. Данный процесс создает очень благоприятные условия для формирования серебряных ЦСИ, т.к. существенно уменьшает вероятность их разрушения за счет обратной рекомбинации фотоэлектронов с дырками и ионов Ag^+ с вакансиями. Кроме того, как видно из рис. 4*а* и 6*б*, вакансионно-дырочная рекомбинация носит многоимпульсный характер, что связано с величиной E_k и размерами МК AgHal. Таким образом, упомянутый в [9] размерный эффект четко реализуется и в предлагаемой модели, ярко выражаясь для наиболее подвижных частиц – дырок и электронов. Например, для последних в нанометровых кристаллах из-

менение на заднем фронте электрополевого импульса имеет колебательный характер с убывающей амплитудой (см. рис. 5*б* и 6*б*), что, вероятно, объясняется процессом периодической отдачи энергии электронами, приобретенной от поля, на взаимодействие с кристаллической решеткой и рекомбинацию с Ag^+. Очевидно, этот процесс будет длиться до тех пор, пока E_k не достигнет величины, соответствующей порогу нарушения такого динамического равновесия, по-видимому, устанавливающегося в областях минимальной E_k. Поведение дырок и вакансий в наноразмерных МК также имеет характерные черты. При $E_k = 5 \cdot 10^6$ В/м и $E_k = 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м концентрации последних практически не меняются (рис. 5*а* и 6*а*), тогда как в тех же полях между ними начинается рекомбинация, выражающаяся для дырок одноимпульсным режимом при $E_k = 5 \cdot 10^6$ В/м (рис. 5*б*) и при $E_k = 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м – двухимпульсным (рис. 6*б*). Из чего следует, что в кристаллах AgHal указанного масштаба при определенных E_k и характере его изменения возможно управление как электронно-ионным, так и вакансионно-дырочным взаимодействием. По-видимому, подобное управление осуществимо и для кристаллов AgHal микронного масштаба, но в полях с $E_k < 5 \cdot 10^6$ В/м (при рассмотренной величине $J_{h\nu}$), что требует соответствующей экспериментальной проверки.



а б

Рис. 5. Освещение МК AgHal с $r = 3 \cdot 10^{-7}$ м под действием электрического поля $E_k = 5 \cdot 10^6$ В/м: а – изменение концентраций ионов Ag^+ (1) и ионных вакансий V^- (2); б – изменение концентраций электронов (1) и дырок (2) (описание в тексте)



а б

Рис. 6. Освещение МК AgHal с $r = 3 \cdot 10^{-7}$ м под действием электрического поля $E_k = 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м: а – изменение концентраций ионов Ag^+ (1) и ионных вакансий V^- (2); б – изменение концентраций электронов (1) и дырок (2) (описание в тексте)

Заключение

Несмотря на феноменологический подход в рассмотрении процессов образования изображений на AgHal-фотоматериалах под действием электрического поля, предложенная модель позволяет объяснить ряд известных экспериментальных результатов по «Эффекту Ротштейна», во многом считающихся аномальными и противоречивыми. Прежде всего, это относится к уменьшению светочувствительности у фотоматериалов с высоким значением этого параметра в поле $E_k \sim 10^7$ В/м и ее повышению у низкочувствительных фотоматериалов в поле той же напряженности [6]. Как показывает библиографический анализ, при рассмотрении этих процессов совершенно не уделялось внимание вакансионно-дырочному взаимодействию, которое, как оказалось, играет немаловажную роль в формировании ЦСИ и существенно зависящее от характера изменения и напряженности электрического поля в МК AgHal, а также их размеров. Как следует из результатов моделирования, именно в поле $1{,}5 \cdot 10^7$ В/м для МК рассмотренных размеров наблюдается сложный, многоимпульсный характер рекомбинации фотодырок с вакансиями, длящийся $\sim 10^{-5}$ с, а каждый акт рекомбинаций – порядка $(2–3) \cdot 10^{-6}$ с (зависящих от длительностей нарастания и спада электрополевого импульса). Аналогичный процесс взаимодействия протекает между фотоэлектронами и ионами Ag^+, но в кристалликах нанометрового масштаба, как при $E_k = 5 \cdot 10^6$ В/м, так и при $E_k = 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м. Из чего следует, что светочувствительность AgHal-фотографических слоев будет существенно зависеть от моментов возникновения световой вспышки на том или ином участке изменения импульса электрического поля $E_k(t)$, что и наблюдается экспериментально [8]. Однако новый результат, выявленный при моделировании, – это упомянутый многоимпульсный характер рекомбинационных взаимодействий, указывающий на существенные изменения светочувствительности AgHal-фотоматериалов еще и при их многоимпульсном световом экспонировании с определенным периодом следования вспышек под действием одиночного импульса электрического поля, что обнаружено нами в [2].

Список литературы

1. Бойченко А.П., Хонякин С.В. Исследование влияния составляющих излучения барьерного разряда на формирование газоразрядных изображений // Научные итоги 2011 года: достижения, проекты, гипотезы: матер. I Междунар. научно-практич. конфер. Ч. 2. (Новосибирск, 26 дек. 2011 г.) – Новосибирск, 2011. – С. 39–43.

2. Бойченко А.П. Влияние парных световых импульсов на эффект Ротштейна // ЖТФ. – 2012. – Т. 82. – Вып. 12. – С. 116–118.

3. Новый трековый детектор – ядерная эмульсия с управляемой чувствительностью / Е.М. Гущин, А.Н. Лебедев, А.Ю. Лопырев и др. // ПТЭ. – 1988, № 1. – С. 28–31.

4. Гущин Е.М., Лебедев А.Н, Сомов С.В. О диэлектрических свойствах галогенсеребряных эмульсий // Журн. науч. и прикл. фото- и кинематогр. – 1989. –Т. 31, № 2. – С. 95–99.

5. Мейкляр П.В. Физические процессы при образовании скрытого фотографического изображения. – М.: Наука, 1972. – 400 с.

6. Певчев Ю.Ф. О зависимости знака эффекта электрического поля от контрастности фотографической эмульсии // Журн. науч. и прикл. фото- и кинематогр. – 1970. – Т. 15, № 5. – С. 360–361.

7. Самойлович Д.М., Ардашев И.В., Баринова Е.С. Специальная фотографическая эмульсия с управляемой чувствительностью // Докл. АН СССР. – 1968. – Т. 178, № 6. – С. 1296–1297.

8. Уланов В.М. Некоторые особенности изменения чувствительности фотографических слоев в электрическом поле // Журн. науч. и прикл. фото- и кинематогр. – 1989. – Т. 30, №2. – С. 133–135.

9. Ханефт А.В., Крашенинин В.И. Кинетика поляризации и эффект термогенерации дефектов Френкеля в галогенидах серебра // Журн. науч. и прикл. фотографии. – 1998. – Т. 43, № 1. – С. 34–43.

10. Rothstein J. Enhancement of photographic speed and sensitivity by electric field // Phot. Sci. and Enginiring. – 1960. – Vol. 4, № 1. – P. 5–11.

References

1. Bojchenko A.P., Honjakin S.V. Issledovanie vlijanija sostavljajuwih izluchenija bar'ernogo razrjada na formirovanie gazorazrjadnyh izobrazhenij // Nauchnye itogi 2011 goda: dostizhenija, proekty, gipotezy: Mater. I Mezhdunar. nauchno-praktich. konfer. Ch. 2. (Novosibirsk, 26 dek. 2011 g.) Novosibirsk, 2011. pp. 39–43.

2. Bojchenko A.P. Vlijanie parnyh svetovyh impul'sov na jeffekt Rotshtejna // ZhTF. 2012. T. 82. Vyp. 12. pp. 116–118.

3. Guwin E.M., Lebedev A.N, Lopyrev A.Ju. i dr. Novyj trekovyj detektor – jadernaja jemul'sija s upravljaemoj chuvstvitel'nost'ju // PTJe. 1988, no. 1. pp. 28–31.

4. Guwin E.M., Lebedev A.N, Somov S.V. O dijelektricheskih svojstvah galogenserebrjanyh jemul'sij // Zhurn. nauch. i prikl. foto- i kinematogr. 1989. T. 31, no. 2. pp. 95–99.

5. Mejkljar P.V. Fizicheskie processy pri obrazovanii skrytogo fotograficheskogo izobrazhenija. M.: Nauka, 1972. 400 p.

6. Pevchev Ju.F. O zavisimosti znaka jeffekta jelektricheskogo polja ot kontrastnosti fotograficheskoj jemul'sii // Zhurn. nauch. i prikl. foto- i kinematogr. 1970. T.15, no. 5. pp. 360–361.

7. Samojlovich D.M., Ardashev I.V., Barinova E.S. Special'naja fotograficheskaja jemul'sija s upravljaemoj chuvstvitel'nost'ju // Dokl. AN SSSR. 1968. T. 178, no. 6. pp. 1296–1297.

8. Ulanov V.M. Nekotorye osobennosti izmenenija chuvstvitel'nosti fotograficheskih sloev v jelektricheskom pole // Zhurn. nauch. i prikl. foto- i kinematogr. 1989. T. 30, no. 2. pp. 133–135.

9. Haneft A.V., Krasheninin V.I. Kinetika poljarizacii i jeffekt termogeneracii defektov Frenkelja v galogenidah serebra // Zhurn. nauch. i prikl. fotografii. 1998. T. 43, no. 1. pp. 34–43.

10. Rothstein J. Enhancement of photographic speed and sensitivity by electric field // Phot. Sci. and Enginiring. 1960. Vol. 4, no. 1. pp. 5–11.

Рецензенты:

Богатов Н.М., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой физики и информационных систем Кубанского государственного университета, г. Краснодар;

Копытов Г.Ф., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой радиофизики и нанотехнологий Кубанского государственного университета, г. Краснодар.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 535.37 + 778.663

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА С ГАЛОГЕНСЕРЕБРЯНЫМИ ФОТОМАТЕРИАЛАМИ

Бойченко А.П.

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет Минобрнауки России», Краснодар, e-mail: bojchenco@yandex.ru

На примере рентгеновских фотопленок «RETINA» и «PRIMAX», служащих диэлектрическими барьерами на одном из электродов Роговского, исследованы в воздухе атмосферного давления характеристики зажигания барьерного разряда, возбуждаемого одиночными колоколообразными импульсами напряжения положительной и отрицательной полярности с длительностью ~13 мкс. Установлен многоимпульсный режим горения разряда в промежутке толщиной 50 мкм и показано, что первый разрядный импульс всегда возникает при строго определенном напряжении, тогда как следующие за ним импульсы стохастически появляются в разные моменты времени изменения высоковольтного импульса. При этом длительность световых импульсов разряда может на порядок превышать таковую его электрических импульсов. Вследствие чего показано многократное световое экспонирование галогенсеребряных фотоматериалов в присутствии одиночного импульса электрического поля. На основе этих результатов смоделировано воздействие разряда на фотоматериалы и выявлена реализация в них «Эффекта Ротштейна», подчиняющегося новым закономерностям, отличным от ранее установленных для одноимпульсного режима экспонирования в полях менее ~10^7 В/м.

Ключевые слова: барьерный газовый разряд, галогенсеребряный фотоматериал, «Эффект Ротштейна»

BASIC LAWS INTERACTIONS BARRIER DISCHARGE WITH HALOGEN SILVER PHOTOMATERIALS

Boychenko A.P.

Kuban State University, Krasnodar, e-mail: bojchenco@yandex.ru

On an example of X-ray films «RETINA» and «PRIMAX», employees electrical isolators by barriers on one of electrodes Rogovskiy, are investigated in air of atmospheric pressure of the characteristic of ignition of the barrier gas-discharge raised single bell-figurative by pulses voltage of positive and negative polarity with duration ~$1{,}3 \cdot 10^{-5}$ s. The multipulse mode of burning of the gas-discharge in an interval by thickness 50 microns is established and is shown, that the first digit pulse always arises at the strictly certain voltage, whereas the pulses, following it, arbitrary occur at the different moments of time of change of a high-voltage pulse. Thus the duration of light pulses of the gas-discharge can on the order exceed of those its electrical pulses. Owing to what the repeated light exhibiting halogen silver of photomaterials is shown at the presence of a single pulse of an electrical field. On the basis of these results the influence of the gas-discharge on photomaterials is simulated and the realization in them «Effect Rothstein», submitting to the new laws which are distinct from before established for one-pulse mode exhibiting, ined a for an one-pulse mode, ~10^7 V/m is revealed.

Keywords: barrier gas-discharge, halogen silver photomaterial, «Effect Rothstein»

Барьерный газовый разряд (БГР), возникающий в системе конденсатора с диэлектрическими или полупроводниковыми барьерами, находит в настоящее время самое разнообразное применение, начиная от озонаторов и заканчивая преобразователями и визуализаторами инфракрасного излучения. Наряду с диэлектрическими и полупроводниковыми барьерами используются их фоточувствительные композиции, особенно в тех случаях, когда стоит задача документальной фиксации быстропротекающих ($<< 10^{-3}$ с) процессов. Одним из примеров таких композиций являются фотографические материалы на основе микрокристаллов (МК) галогенидов серебра (AgHal), полупроводниковые и электронно-оптические свойства которых уже более 150 лет используются как в любительской фотографии, так и в различных областях науки и техники. Возможность непосредственного размещения AgHal-фотоматериалов в магнитных и электрических полях большой напряженности, высокоинтенсивного ионизирующего излучения и пр. делает их незаменимыми средствами регистрации информации и визуализации изображений в таких условиях.

Благодаря названной возможности к использованию AgHal-фотоматериалов часто прибегают при изучении различных газоразрядных явлений и процессов, развивающихся в диэлектрической изоляции высоковольтных установок [1], а также при оценке величин пробойного напряжения [2], что позволяет, в частности, дифференцированно визуализировать характерные особенности зажигания БГР, возбуждаемого различными формами высоковольтного напряжения и его полярности (относительно электрода, на котором расположен фотоматериал). Несмотря на использование фотоматериалов для регистрации БГР, научному исследованию процессов в их фоточувствительной компоненте – эмульсионных МК AgHal под действием разряда – посвящено очень малое количество работ. Лишь за последние 10 лет были выявлены некоторые стороны газоразрядно-фотографических

процессов, в частности, относящиеся к их электронным [3] или ионным стадиям [4]. В отличие от электрополевого или, например, электромагнитного воздействия, низкотемпературная плазма БГР представляет собой многофакторно воздействующую систему, т.к. при горении разряда не только регистрируется широкодиапазонный спектр различных классов излучений (электромагнитного и акустического), но и ряд физико-химических процессов, протекающих между компонентами плазменной среды. Из чего понятно, что в процессе взаимодействия БГР с фотоматериалами их МК AgHal будут одновременно подвергаться всем перечисленным факторам воздействия. Поэтому в [5] нами был проведен расчет вклада каждой компоненты БГР в такое воздействие и показано, что почти 90% его доли приходится на электромагнитное излучение ультрафиолетового и фиолетового диапазонов спектра, тогда как, например, на долю акустического от 40 Гц до 10 кГц – всего 3%. Указанный диапазон электромагнитного воздействия лежит в области собственного поглощения МК AgHal [6], что объясняет возможность получения газоразрядных изображений на любых AgHal-фотоматериалах как низкой, так и высокой светочувствительности (СЧС). Особенность взаимодействия с ними БГР заключена еще и в том, что, с одной стороны, зажигание разряда и режим его горения зависят от эмиссионных и электро-геометрических характеристик фотоматериала (соотношения толщин и диэлектрических проницаемостей его подложки и фотослоя), величины газоразрядного промежутка и химической природы газа [3], а с другой – наложение внешнего электрического поля на газоразрядно-фотографическую систему конденсатора приводит к изменению электрического состояния МК AgHal, межфазной поляризации на границе с окружающей их желатиной и одновременному экспонированию световыми импульсами от БГР, т.к. горение последнего в газе атмосферного давления носит импульсный характер независимо от формы прикладываемого напряжения [7]. Причем количество световых вспышек от разряда даже за одиночный импульс электрического поля может достигать нескольких единиц [7] и в зависимости от моментов синхронизации импульсов света с электрополевым способно приводить к разным фотографическим эффектам [8]. Именно в таких условиях взаимодействие БГР с AgHal-фотоматериалами совершенно не исследовалось. Поэтому для установления его основных закономерностей ставилось две серии экспериментов. В первой изучалась кинетика свечения БГР лавинной формы, возбуждаемого в промежутке толщиной 50 мкм с фотоматериалом, расположенном на одном электроде, а разряд возбуждался одиночными колоколообразными видеоимпульсами разной полярности. Во второй серии экспериментов моделировались условия горения БГР на основе выявленных закономерностей в первой серии, и оценивалась реакция фоточувствительного слоя материалов на такое воздействие путем денситометрии сформированных на них изображений.

Материалы и методы исследования

Исследования кинетики свечения лавинного БГР проводились на ранее описанной установке [4]. Единственным ее отличием являлось использование фотоэлектронного умножителя ФЭУ-70. Этот прибор обладает хорошими импульсными характеристиками с временны́м разрешением до 15 нс, а также весьма низким порогом спектральной чувствительности ($\sim 5 \cdot 10^{-16}$ Вт/Гц$^{-0.5}$). Причем максимум этой чувствительности лежит в области 340–440 нм, на который приходится максимум спектра излучения БГР [3]. Разряд возбуждался одиночными колоколообразными видеоимпульсами как положительной, так и отрицательной полярности (относительно электрода, на котором лежит фотоматериал) и длительностью ~13 мкс (на уровне 0,1). Его горение происходило в воздухе атмосферного давления и температуре 25°С, постоянство химического состава и концентрация водяных паров которого контролировались на газовом хроматографе «Кристалл-5000». С помощью виртуального запоминающего осциллографа PCS-500 (фирма «Velleman») регистрировались напряжение зажигания БГР и соответствующие ему импульсы фототока ФЭУ. Во всех серях эксперимента использовались рентгеновские фотопленки «RETINA» и «PRIMAX», как проявляющие наибольшую газоразрядную чувствительность [3]. На рис. 1, *а–г* представлены осциллограммы горения БГР при амплитудном значении напряжения 8250 ± 412 В (нижняя осциллограмма) и его светового излучения (верхняя осциллограмма), полученные с интервалом в 15 с. Как из них видно, при одиночном импульсе электрического поля возникает несколько отдельных импульсов разряда (по времени зажигания и форме им идентичны импульсы тока БГР), которым соответствуют отдельные световые вспышки, но значительно большей длительности. В случае периода следования разрядных импульсов, соизмеримых с их длительностью и менее, импульсы светового излучения суммируются, а их длительность и амплитуда при этом увеличиваются (см., например, рис. 1, *г*), удлиняя время горения БГР.

Учитывая описанную закономерность, во второй серии экспериментов по моделированию воздействия разряда на AgHal-фотопленки выбиралась пара световых импульсов с фиксированной длительностью 1,5 мкс, а экспонирование ими фотопленок осуществлялось при напряженности электрического поля в фотослое E:$6 \cdot 10^6$ В/м (при которой обычно зажигается БГР с данными фотопленками в газоразрядном промежутке толщиной 50 мкм) и $1{,}5 \cdot 10^7$ В/м, когда разряд стабильно горит в той же системе конденсатора. При каждой напряженности поля экспери-

мент проводился в двух вариантах. В первом период следования световых импульсов T фиксировался на величине их длительности – 1,5 мкс, и их пачкой сканировалось три участка импульса поля:

а) на уровне $0{,}4E_1$ его переднего фронта;

б) в максимуме напряженности E_{max};

в) на уровне $0{,}5E_2$ заднего фронта электрополевого импульса.

Во втором варианте эксперимента передний фронт первого светового импульса фиксировался на уровне $0{,}4E_1$ переднего фронта импульса электрического поля, а максимум излучения второго светового импульса синхронизировался с максимумом поля E_{max} и затем на уровне $0{,}5E_2$ его заднего фронта. В этом случае T световых импульсов соответствовал 3,3 и 7,2 мкс.

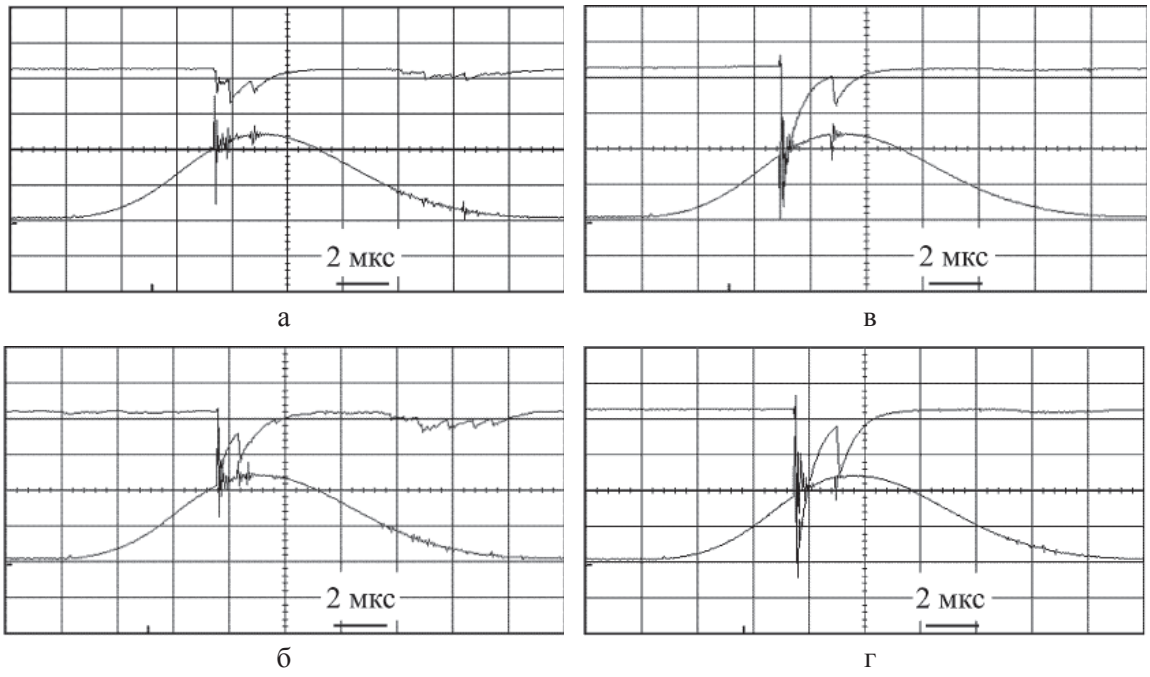


Рис. 1. Серия осциллограмм напряжений пробоя воздуха атмосферного давления в системе конденсатора с AgHal-фотоматериалом на одном из электродов Роговского и соответствующие БГР осциллограммы фототока ФЭУ. Масштаб: одна клетка по оси ординат для напряжения БГР – 3300 В; для фототока ФЭУ – $2{,}5\cdot10^{-6}$ А (описание в тексте)

Источником экспонирующего света, моделирующим излучение БГР, выбирался светодиод, имеющий в спектре максимум с длиной волны ~400 нм. Излучение светодиода пропускалось через светофильтр из стекла марки ФС-6. Светодиод питался от генератора импульсов Г5-63 (он позволяет получать на выходе как одиночные, так и парные импульсы напряжения от 0 до 100 В с регулируемыми длительностью и временным сдвигом от 10^{-7} с), синхронизированного с двумя другими такими же генераторами, один из которых служил запускающим высоковольтный импульсный генератор, а второй – линией задержки. Контрольным вариантом эксперимента являлись фотоматериалы, экспонированные только световыми импульсами с указанными значениями T. Все описанные варианты экспонирования фотопленок проводились в десятикратной повторности. Техническая организация эксперимента осуществлялась на установке, схема которой приведена на рис. 2.

Здесь 1 – латунный электрод Роговского; 2 – медная сеточка (с шагом 0,5 мм) для пропускания излучения от светодиода 3 через кварцевый оптоволоконный провод 4 и светофильтр 5; фотоэмульсионный слой пленки 6 и ее полимерная подложка 7; 8 – высоковольтный импульсный генератор с емкостным делителем напряжения 9 (описан в [13]), подключенный к упомянутому выше запоминающему двухканальному осциллографу 10 (PCS-500), с помощью которого определялась синхронизация электрополевого и световых импульсов; 11 – запускающий генератор импульсов с генератором 12, служащим линией задержки; 13 – генератор импульсов для питания светодиода 3.

После химико-фотографической обработки фотопленок (они обрабатывались в проявителе СП-47 и нейтральном закрепителе при температуре 23 °С) полученные на них изображения денситометрировались. Оценка эффекта изменения η их интегральной оптической плотности D (и, соответственно, СЧС) при экспонировании фотопленок парными световыми импульсами в электрическом поле осуществлялась по ранее приведенной формуле в [4]:

$$\eta = \frac{D_1 - D_2}{D_2}$$

где D_1 – интегральная оптическая плотность изображения на фотопленке, экспонированной парой световых импульсов в электрическом поле; D_2 – интегральная оптическая плотность изображения на фотопленке, экспонированной только световыми импульсами. (Значения D_1 и D_2 получены при вычете оптической плотности вуали). Результаты эксперимента представлены в табл. 1 и 2, в которых значения D_2 соответствуют условию $E = 0$, а D_1 – всем остальным вариантам воздействия электрического поля.

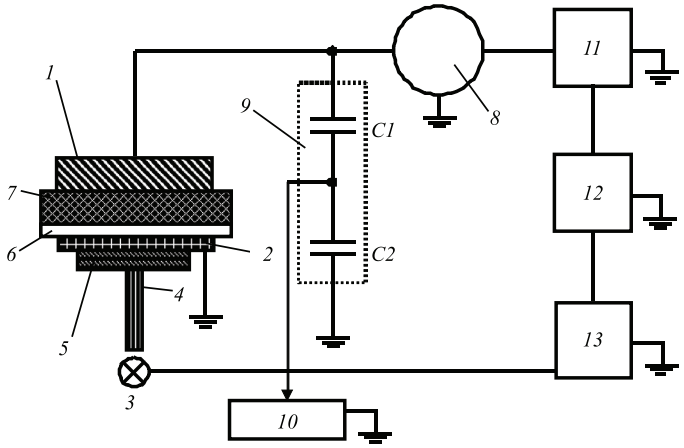


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для моделирования воздействия БГР на фотографические материалы (обозначения в тексте)

Результаты исследования и их обсуждение

Как видно из серии осциллограмм импульсного пробоя воздуха (рис. 1, *а–г*), первый разрядный импульс всегда происходит при одном и том же напряжении (одной и той же напряженности поля E [9]), тогда как следующие за ним импульсы БГР стохастически возникают в различные моменты времени. При этом стохастический режим имеют как количество разрядных импульсов и период их следования, так и амплитуда. Подробный анализ осциллограмм показал, что вспышка светового излучения возникает с запаздыванием относительно переднего фронта разрядного импульса на величину половины его длительности. Это соответствует появлению импульса света на максимуме импульса тока БГР. Как отмечалось выше, при этом длительность импульсов светового излучения оказывается на порядок больше длительности разрядных. Обнаруженная закономерность согласуется с результатами ранее проведенных исследований импульсного пробоя воздуха атмосферного давления в узких разрядных промежутках микронной толщины [10], где также обнаружено увеличение длительности свечения разряда при размещении на электродах барьеров из слюды. Однако новым результатом настоящих исследований является обнаружение одной из причин увеличения длительности и амплитуды световых импульсов БГР: при импульсном пробое воздуха атмосферного давления они происходят за счет слияния вспышек друг с другом, когда период следования возникающих разрядных импульсов соизмерим или менее их длительности. Есть основания полагать, что обнаруженная закономерность связана с электрической и геометрической неоднородностью диэлектрических барьеров, а также их эмиссионными характеристиками. В наших экспериментах это AgHal-фотоматериалы, представляющие собой многослойные композиции из диэлектрических полимеров и дисперсных полупроводников микронного масштаба – МК AgHal [6].

Таблица 1

Эффект влияния парных световых импульсов с фиксированным периодом следования T = 1,5 мкс на интегральную оптическую плотность изображений у рентгеновских фотопленок «RETINA» и «PRIMAX» в импульсном электрическом поле

Вариант			«RETINA»						
			$E = 0$	$0{,}4E_1$	η	E_{max}	η	$0{,}5E_2$	η
E~6·10⁶, В/м	Полярность	+	0,124 ± 0,006	0,198 ± 0,009	0,6	0,152 ± 0,008	0,2	0,194 ± 0,010	0,5
		–		0,240 ± 0,012	0,9	0,150 ± 0,008	0,2	0,245 ± 0,013	0,9
E~1,5·10⁷, В/м		+		0,127 ± 0,007	0	0,085 ± 0,003	–0,3	0,117 ± 0,006	0
		–		0,133 ± 0,007	0	0,094 ± 0,004	–0,2	0,127 ± 0,007	0
Вариант			«PRIMAX»						
E~6·10⁶, В/м	Полярность	+	0,033 ± 0,002	0,036 ± 0,002	0	0,008 ± 0,001	–0,7	0,029 ± 0,004	0
		–		0,042 ± 0,002	0,3	0,016 ± 0,001	–0,5	0,029 ± 0,003	0
E~1,5·10⁷, В/м		+		0,063 ± 0,005	0,9	0,051 ± 0,003	0,5	0,070 ± 0,006	1,1
		–		0,053 ± 0,005	0,6	0,041 ± 0,003	0,2	0,065 ± 0,007	0,9

Таблица 2

Эффект влияния парных световых импульсов с изменяющимся периодом следования на интегральную оптическую плотность изображений у рентгеновских фотопленок «RETINA» и «PRIMAX» в импульсном электрическом поле

Полярность	E, В/м	«RETINA»				«PRIMAX»			
		T = 3,3 мкс	η	T = 7,2 мкс	η	T = 3,3 мкс	η	T = 7,2 мкс	η
	0	0,123 ± 0,006	–	0.129 ± 0,005	–	0,033 ± 0,002	–	0,034 ± 0,003	–
+	$6 \cdot 10^6$	0,254 ± 0,013	1,0	0,146 ± 0,006	0,1	0,012 ± 0,001	–0,6	0,019 ± 0,002	–0,4
–		0,195 ± 0,010	0,6	0,133 ± 0,006	0	0,020 ± 0,002	–0,4	0,018 ± 0,002	–0,4
+	$1{,}5 \cdot 10^7$	0,177 ± 0,008	0,4	0,144 ± 0,007	0,1	0,040 ± 0,003	0,2	0,060 ± 0,005	0,8
–		0,215 ± 0,010	0,7	0,148 ± 0,007	0,1	0,060 ± 0,005	0,8	0,059 ± 0,004	0,8

Как и ожидалось, при описанных условиях моделирования воздействия лавинного БГР на AgHal-фотопленки реакция их фоточувствительной компоненты при различных моментах синхронизации световых импульсов с импульсом поля, оказывается не только неодинаковой, но и в большинстве полученных результатов имеет прямо противоположные эффекты η. Особенно отчетливо она видна при сравнении изображений, полученных только световыми импульсами с разными периодами следования и в присутствии электрического поля. Важно отметить, что без электрополевого воздействия (условие $E = 0$) в исследованном диапазоне значений T этих вспышек интегральная оптическая плотность изображений не меняется (см. табл. 1 и 2). Согласно [11] этот результат говорит о том, что в указанном диапазоне периода следования импульсов света его фотографическое действие находится за «критической частотой», т.е. не зависит от T. Наложение электрического поля на экспонируемый светом AgHal-фотоматериал лишает его этой независимости. Причем по-разному для разных фотоматериалов и условий их экспонирования, что требует отдельного рассмотрения.

Синхронизация импульса электрического поля с фиксированным периодом следования световых вспышек. Этот случай интересен тем, что при синхронизации парных световых импульсов с передним или задним фронтами электрического интегральная оптическая плотность изображений либо не изменяется (нулевые значения η), либо достоверно увеличивается на всех исследованных фотопленках. Причем на фотопленке «RETINA» наибольший эффект η достигается в поле напряженностью $E \sim 6 \cdot 10^6$ В/м на импульсах отрицательной полярности, а на «PRIMAX» – в $E \sim 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м на импульсах положительной полярности. Когда же световые импульсы оказываются в максимуме напряженности импульса электрического поля E_{max}, то величины эффектов η либо уменьшаются по сравнению с полученными в вышеописанных условиях, либо меняют знак на противоположный, указывая на уменьшение СЧС фотоматериалов по сравнению с ее исходным значением. Таким образом, действие поля при данных условиях синхронизации со светом оказывает десенсибилизирующее действие на обе разновидности фотопленок. Наибольшая десенсибилизация достигается при импульсах положительной полярности с $E \sim 1{,}5 \cdot 10^7$ В/м на пленке «RETINA», а на «PRIMAX» – при той же полярности, но в поле с $E \sim 6 \cdot 10^6$ В/м. Кроме того, полученные в данном варианте эксперимента результаты также указывают на возможность существенного влияния полярности импульса высоковольтного напряжения, когда при создаваемой им напряженности электрического поля достигаются высокие значения параметра η.

Синхронизация импульса электрического поля с изменяющимся периодом следования световых вспышек. Данный вариант экспонирования AgHal-фотопленок приводит к эффектам η, существенно отличающимся от описанных для предыдущего варианта эксперимента, особенно у пленки «RETINA». Так, в электрополевом импульсе положительной полярности и напряженностью $6 \cdot 10^6$ В/м, максимум которого синхронизирован со вторым световым импульсом, показывает существенное увеличение СЧС фотопленки с ее последующим падением почти до исходного уровня (η = 0,1) при совмещении светового импульса с задним фронтом электрополевого. Противоположный эффект η на той же фотопленке наблюдается при импульсе отрицательной полярности. Здесь СЧС уменьшается до исходного уровня при тех же условиях синхронизации второго светоимпульса. В поле напряженностью $1{,}5 \cdot 10^7$ В/м и тех же условиях синхронизации со второй вспышкой эффект изменения η говорит о подъеме СЧС (особенно при электрическом импульсе отрицательной полярности) фотопленки «RETINA» и ее падении при синхронизации заднего фронта электрополевого импульса со световым. Как видно из

табл. 1 и 2, этот результат противоположен «эффектам поля», когда синхронизированными с ним оказываются два световых импульса, как в максимуме напряженности, так и в минимуме его заднего фронта.

На фотопленке «PRIMAX» только при электрическом импульсе положительной полярности и напряженности поля $1{,}5\cdot10^7$ В/м закономерность изменения эффекта η схожа с описанным для этой пленки в п. 3.1. Во всех остальных вариантах при импульсах отрицательной полярности увеличенная по сравнению с исходной СЧС этой фотопленки остается на неизменном уровне как при синхронизации второго светоимпульса с максимумом E_{max}, так и с минимумом на его заднем фронте $0{,}5E_2$. Однако при величине поля $6\cdot10^6$ В/м эффект η имеет отрицательный знак, а при $E \sim 1{,}5\cdot10^7$ В/м – положительный. Наконец, при электрополевых импульсах положительной полярности и их $E \sim 6\cdot10^6$ В/м «отрицательный эффект» действия поля оказывается максимальным при синхронизации второго светового импульса с вершиной электрического, т.е. с максимумом его E_{max}.

Анализ полученных результатов однозначно показывает проявление «Эффекта Ротштейна», но подчиняющегося совершенно новым закономерностям, которые выявляются при наличии второго светового импульса. Поэтому в настоящее время дать полную интерпретацию обнаруженным закономерностям пока не представляется возможным. Однако, опираясь на установленные для одноимпульсного экспонирования AgHal-фотоматериалов [8, 12], можно провести их сопоставление, высказав соответствующие соображения об их физической сущности.

Согласно известному механизму Р. Герни и Н. Мотта, для образования центров скрытого изображения (СИ) необходимо наличие в МК AgHal центров чувствительности. Допустим, что рассматриваемый МК, поглотивший при экспонировании N квантов света, имеет m таких центров. Предполагая, что каждый световой квант конвертируется в таком центре, то его мощность n (определяемая количеством атомов Ag) в отсутствие электрического поля, можно оценить как $n = N/m$. Тогда способность к проявлению МК AgHal, т.е. получение видимого изображения (ВИ), будет определяться соотношением между величиной n и порогом проявления n_0. По мнению авторов [12], при $n \geq n_0$ МК будут проявлены полностью, а при $n \leq n_0$ – еще не выйдут из индукционного периода.

При световом экспонировании МК AgHal в электрическом поле появляются новые возможности образования ВИ [12], схема реализации которых приведена на рис. 3. Здесь пунктирными линиями изображены условные границы областей скопления электронов под действием электрического поля напряженностями $6\cdot10^6$ В/м – 1 и $1{,}5\cdot10^7$ В/м – 2. Черными кружками – центры чувствительности. Рис. 3*а* демонстрирует случай, когда в области скопления электронов центры чувствительности отсутствуют, а рис. 3*б* – когда присутствует хотя бы один такой центр. Для случая на рис. 3*а* электроны, которые большую часть времени находятся в мелких потенциальных ямах, образуемых естественными дефектами МК, будут нейтрализоваться междоузельными ионами Ag^+ у этих же дефектов, что приведет к образованию одиночных атомов Ag. После релаксации поля в объеме МК AgHal произойдет перегруппировка атомарного серебра, в результате которой у центров чувствительности накопится некоторое количество атомов Ag. Однако при этом часть серебра СИ может остаться в мелкодисперсном состоянии (например, за счет образования термоустойчивых групп из нескольких атомов). Тогда мощность центров СИ окажется несколько меньше той, которая образуется в отсутствии электрического поля. Если же изначально мощность центров была достаточной для проявления МК (минимальный размер центров проявления представлен на рис. 3*в, г* пунктирными окружностями), то при действии электрического поля она может оказаться меньше порога проявления n_0, как это показано на рис. 3*в* сплошными окружностями (Ag в мелкодисперсном состоянии изображено в виде светлых кружков). Следовательно, наложение электрического поля в момент светового экспонирования МК AgHal может перевести их из разряда проявляемых в разряд не проявляемых.

Локализация процесса образования СИ в малой области МК также может привести к противоположному результату, если в этой области окажется хотя бы один центр чувствительности (рис. 3*г*). В этом случае такой центр, представляющий собой глубокую потенциальную яму и, следовательно, эффективно захватывающий электроны, будет успешно конкурировать с естественными дефектами МК. И если электрическое поле будет удерживать электроны вблизи этого центра более 10^{-5} с (время образования СИ в МК AgHal [6]), то подавляющая часть Ag СИ выделится именно у этого центра, а все остальные центры не будут участвовать в процессе образования СИ. Если мощность центров

СИ в отсутствии электрического поля была недостаточной для проявления МК, то при наложении поля они смогут приобрести такую способность за счет центра, на котором преимущественно накопилось серебро СИ (рис. 3*г*).

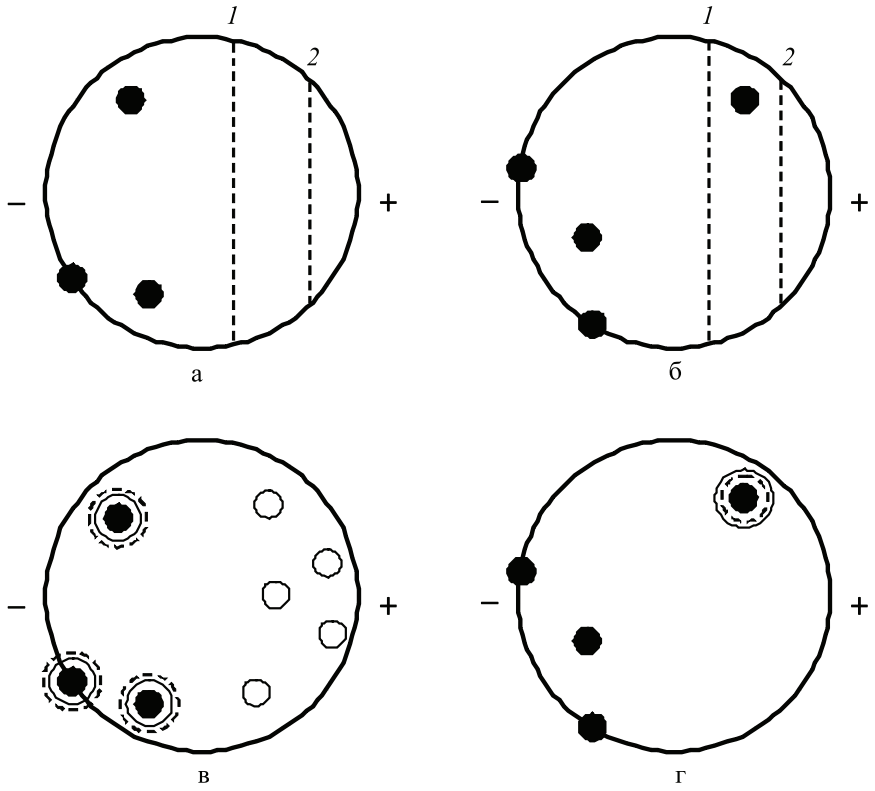


Рис. 3. Схема реализации «Эффекта Роттштейна» в МК AgHal при световом экспонировании фотоматериалов в импульсном электрическом поле (обозначения и пояснения в тексте)

Таким образом, в отдельных МК AgHal экспонируемого фотографического слоя электрическое поле может оказывать прямо противоположное действие. Отсюда следует, что знак и величина наблюдаемого эффекта η должны определяться соотношением между количеством случаев, изображенных на рис. 3*а, б*. Естественно предположить, что при прочих равных условиях это соотношение будет зависеть только от среднего числа центров чувствительности *m*, приходящихся на один эмульсионный МК AgHal. Вероятность того, что в области скопления электронов под действием поля окажется хотя бы один центр чувствительности, с увеличением среднего числа центров на МК *m* будет возрастать. Таким образом, положительный эффект η может наблюдаться только для фотографических эмульсий с большим числом центров чувствительности на МК [12].

Описанному механизму формирования ВИ хорошо соответствуют результаты экспонирования в электрическом поле фотопленки «RETINA» парными световыми импульсами с фиксированным периодом следования (см. п. 3.1). Если не касаться изменения во времени напряженности импульса электрического поля на переднем и заднем фронтах, а принять его среднюю величину для исследованных вариантов $6 \cdot 10^6$ и $1{,}5 \cdot 10^7$ В/м, то для первого варианта граница области скопления электронов (область 1) будет значительно больше той, которую создает поле с напряженностью $1{,}5 \cdot 10^7$ В/м (область 2). Тогда очевидным является результат увеличения СЧС данной фотопленки в поле меньшей напряженности, чем в поле с его большей величиной за счет разницы границ названных областей, в которых может оказаться центр чувствительности. Как видно из рис. 3*б, г* такой центр в поле $1{,}5 \cdot 10^7$ В/м выходит за границу скопления электронов. Поэтому ранее наблюдавшимся увеличением СЧС (положительный знак эффекта η) у фотопленки «RETINA» в поле $6 \cdot 10^6$ В/м, в поле большей напряженности ведет к изменению знака η на противоположный. С тех же позиций можно объяснить наблюдаемые эффекты для фотопленки «PRIMAX». Уменьшение ее СЧС в поле $6 \cdot 10^6$ В/м и увеличение в поле $1{,}5 \cdot 10^7$ В/м означает не только попадание центров чувствительности в неболь-

шую область электронного скопления, но и указывает на преимущественное распределение таких центров по поверхности МК AgHal данной фотопленки.

Однако рамками предложенного механизма [12] нельзя однозначно объяснить результаты экспонирования фотопленок при изменяющемся T световых импульсов. Так, например, наблюдавшееся уменьшение СЧС у «RETINA» в поле $1{,}5\cdot10^7$ В/м при синхронизации обеих вспышек с его E_{max} в поле той же величины ведет к существенному увеличению чувствительности фотопленки, когда с максимумом его напряженности синхронизирован только второй световой импульс. А для фотопленки «PRIMAX» совмещение второй вспышки как с максимумом напряженности импульса поля, так и его минимумом заднего фронта не меняет величин и знака эффекта η ни при $E \sim 6\cdot10^6$ В/м, ни при $E \sim 1{,}5\cdot10^7$ В/м, причем только при его отрицательной полярности. Из чего следует, что кроме описанного выше механизма должны реализовываться другие, в том числе с участием дефектов самой решетки МК AgHal, например, дефектов Френкеля, на физическое состояние которых способно оказать поле высокой напряженности [13]. Численное моделирование объемно-зарядовой поляризации таких дефектов в импульсном электрическом поле до 10^8 В/м и длительностью от 10^{-6} до $4\cdot10^{-3}$ с проведено в работе [13].

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют, что основной закономерностью взаимодействия БГР с AgHal-фотоматериалами является их многократное экспонирование световыми импульсами излучения разряда с максимумом в ближней ультрафиолетовой и фиолетовой области электромагнитного спектра, синхронизированных с одиночным импульсом электрического поля. Этот вывод справедлив не только для импульсного режима возбуждения БГР, но и для постоянного и переменного напряжений, т.к. многими теоретическими и экспериментальными исследованиями этого вида разряда доказан его импульсный характер горения независимо от форм возбуждающего напряжения [7]. Импульсы светового излучения, соответствующие импульсам разрядного тока, всегда возникают и погасают на уровне прикладываемого напряжения (или напряженности поля), не равном нулю. В зависимости от амплитудного значения последнего и его длительности (импульсный режим) или частоты изменения (переменное напряжение) количество разрядных импульсов и период их следования могут значительно изменяться в пределах длительности высоковольтного импульса или полупериода переменного напряжения. Кроме первого разрядного импульса (случай импульсного режима возбуждения БГР) эти изменения для остальных носят стохастический характер. При этом длительность разрядного импульса оказывается на порядок меньше длительности импульса светового излучения, передний фронт которого (начало разгорания БГР) приходится на максимум амплитуды разрядного. Когда период следования последних оказывается соизмерим или меньше их длительности, то импульсы светового излучения сливаются в один с длительностью большей величины и амплитуды (интенсивности), удлиняя время горения БГР и, соответственно, время экспозиции фотоматериала.

Одновременное действие на рентгеновские фотоматериалы импульсов света и электрического поля приводит к проявлению «Эффекта Ротштейна», но подчиняющегося иным физическим закономерностям, отличным от ранее установленных для одноимпульсного режима экспонирования таких фотоматериалов [8, 12]. Изменение периода следования вспышек и их синхронизация с различными моментами изменения электрического поля напряженностями $6\cdot10^6$ и $1{,}5\cdot10^7$ В/м способно приводить к реализации «Эффекта Ротштейна» с разными величинами и знаками – увеличению или уменьшению СЧС AgHal-фотоматериалов по сравнению с исходной или не изменять ее. Не исключено, что установленные закономерности для двухимпульсного светового экспонирования фотоматериалов в электрическом поле для трех и более световых импульсов могут оказаться иными.

Обнаруженные закономерности формирования изображений в описанных условиях однозначно показывают их подчинение не только одновременной реализации сразу нескольким физическим механизмам, но и на сложный характер их взаимосвязи, определяемый как внешними условиями экспонирования AgHal-фотоматериалов, так и физическим состоянием МК AgHal их фоточувствительных слоев. В заключение отметим, что обнаружение новых эффектов изменения СЧС рентгеновских фотопленок при их экспонировании парными световыми импульсами в электрическом поле напряженностью до $1{,}5\cdot10^7$ В/м выходит за рамки ранее высказанных утверждений о том, что для крупнозернистых AgHal-фотоматериалов (к которым относятся исследованные фотопленки «RETINA» и «PRIMAX») в диапазоне E от 0 до 10^7 В/м их СЧС только понижается [14].

Список литературы

1. Mason J.H. The deterioration and breakdown of dielectrics resulting from internal discharge // Paper. – 1950. – № 1053. – P. 44–59.

2. Бабиков М.А., Комаров Н.С., Сергеев А.С. Техника высоких напряжений. М., Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 670 с.

3. Бойченко А.П. Исследование процессов взаимодействия слаботочного лавинного разряда с галогенсеребряной фотоэмульсией: дис. … канд. физ-мат. наук. – Краснодар, 2002. – 148 с.

4. Бойченко А.П. Воздействие барьерного разряда лавинной формы на галогенсеребряный фотоматериал при заблокированной ионной проводимости // ФТП. – 2012. – Т. 46, № 4. – С. 525–529.

5. Бойченко А.П., Кузьминов И.Н. Исследование акустического излучения лавинного разряда, возбуждаемого одиночными видеоимпульсами в микронном промежутке с двухслойным диэлектриком на электроде // Процессы и явления в конденсированных средах: матер. Междунар. дистанц. научно-практич. конф. – Краснодар, 2005. – С. 82–97.

6. Мейкляр П.В. Физические процессы при образовании скрытого фотографического изображения. М.: Наука, 1972. – 400 с.

7. К вопросу о числе разрядов за период в газовых включениях в диэлектрике / Ч.М. Джуварлы, Г.В. Вечхайзер, Ю.В. Горин, П.В. Леонов // Acta technica ČSAV. – 1967. – № 6. – С. 676–684.

8. Певчев Ю.Ф., Калашникова В.И., Коновалова Л.П. О механизме влияния импульсного электрического поля на фотографический процесс // Журн. научн. и прикл. фото- и кинематогр. – 1970. – Т. 15, № 4. – С. 250–256.

9. Бойченко А.П., Хонякин С.В. Исследование влияния составляющих излучения барьерного разряда на формирование газоразрядных изображений // Научные итоги 2011 года: достижения, проекты, гипотезы: матер. I Междунар. научно-практич. конфер. Ч. 2. (Новосибирск, 26 дек. 2011 г.) – Новосибирск, 2011. – С. 39–43.

10. Андреев С.И., Новикова Г.М. Исследование объемного разряда наносекундной длительности в воздухе при атмосферном давлении // ЖТФ. – 1975. – Т. 65, № 8. – С. 1692–1703.

11. Картужанский А.Л. Критическая частота прерывистого освещения фотографического слоя и релаксационные процессы в эмульсионных кристаллах // Журн. научн. и прикл. фото- и кинематогр. – 1956. – Т. 1, № 1. – С. 10–18.

12. О возможности управления чувствительностью фотоэмульсионного детектора / В.И. Калашникова, А.А. Колюбин, Б.Д. Лемешко, Ю.Ф. Певчев // Экспериментальные методы ядерной физики. Вып. 1. – М.: Атомиздат, 1975. – С. 90–103.

13. Ханефт А.В., Крашенинин В.И. Кинетика поляризации и эффект термогенерации дефектов Френкеля в галогенидах серебра // Журн. научн. и прикл. фотогр. – 1998. – Т. 43, №1. – С. 34–43.

14. Диденко А.Я., Добродеев Н.А., Коноплич Р.Ф., Савкин В.И. К эффекту изменения светочувствительности фотографических материалов в электрическом поле // Журн. научн. и прикл. фото- и кинематогр. – 1991. – Т. 36 , № 4. – С. 277–281.

References

1. Mason J.H. The deterioration and breakdown of dielectrics resulting from internal discharge // Paper. 1950. no. 1053. pp. 44–59.

2. Babikov M.A., Komarov N.S., Sergeev A.S. Tehnika vysokih naprjazhenij. M., L.: Gosjenergoizdat, 1963. 670 p.

3. Bojchenko A.P. Issledovanie processov vzaimodejstvija slabotochnogo lavinnogo razrjada s galogenserebrjanoj fotojemul'siej: dis…. kand. fiz-mat. nauk. Krasnodar, 2002. 148 p.

4. Bojchenko A.P. Vozdejstvie bar'ernogo razrjada lavinnoj formy na galogenserebrjanyj fotomaterial pri zablokirovannoj ionnoj provodimosti // FTP. 2012. T. 46, no. 4. pp. 525–529.

5. Bojchenko A.P., Kuz'minov I.N. Issledovanie akusticheskogo izluchenija lavinnogo razrjada, vozbuzhdaemogo odinochnymi videoimpul'sami v mikronnom promezhutke s dvuhslojnym dijelektrikom na jelektrode // Processy i javlenija v kondensirovannyh sredah: Mater. Mezhdunar. distanc. nauchno-praktich. konf. Krasnodar, 2005. pp. 82–97.

6. Mejkljar P.V. Fizicheskie processy pri obrazovanii skrytogo fotograficheskogo izobrazhenija. M.: Nauka, 1972. 400 p.

7. Dzhuvarly Ch.M., Vechhajzer G.V., Gorin Ju.V., Leonov P.V. K voprosu o chisle razrjadov za period v gazovyh vkljuchenijah v dijelektrike // Acta technica ČSAV. 1967. no. 6. pp. 676–684.

8. Pevchev Ju.F., Kalashnikova V.I., Konovalova L.P. O mehanizme vlijanija impul'snogo jelektricheskogo polja na fotograficheskij process // Zhurn. nauchn. i prikl. foto- i kinematogr. – 1970. T. 15, no. 4. pp. 250–256.

9. Bojchenko A.P., Honjakin S.V. Issledovanie vlijanija sostavljajuwih izluchenija bar'ernogo razrjada na formirovanie gazorazrjadnyh izobrazhenij // Nauchnye itogi 2011 goda: dostizhenija, proekty, gipotezy: Mater. I Mezhdunar. nauchno-praktich. konfer. Ch. 2. (Novosibirsk, 26 dek. 2011 g.) Novosibirsk, 2011. pp. 39–43.

10. Andreev S.I., Novikova G.M. Issledovanie ob#emnogo razrjada nanosekundnoj dlitel'nosti v vozduhe pri atmosfernom davlenii // ZhTF. 1975. T. 65, no. 8. pp. 1692–1703.

11. Kartuzhanskij A.L. Kriticheskaja chastota preryvistogo osvewenija fotograficheskogo sloja i relaksacionnye processy v jemul'sionnyh kristallah // Zhurn. nauchn. i prikl. foto- i kinematogr. 1956. T. 1, no. 1. pp. 10–18.

12. Kalashnikova V.I., Koljubin A.A., Lemeshko B.D., Pevchev Ju.F. O vozmozhnosti upravlenija chuvstvitel'nost'ju fotojemul'sionnogo detektora // Jeksperimental'nye metody jadernoj fiziki. Vyp. 1. M.: Atomizdat, 1975. pp. 90–103.

13. Haneft A.V., Krasheninin V.I. Kinetika poljarizacii i jeffekt termogeneracii defektov Frenkelja v galogenidah serebra // Zhurn. nauchn. i prikl. fotogr. 1988. T. 43, no.1. pp. 34–43.

14. Didenko A.Ja., Dobrodeev N.A., Konoplich R.F., Savkin V.I. K jeffektu izmenenija svetochuvstvitel'nosti fotograficheskih materialov v jelektricheskom pole // Zhurn. nauchn. i prikl. foto- i kinematogr. 1991. T. 36, no. 4. pp. 277–281.

Рецензенты:

Богатов Н.М., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой физики и информационных систем Кубанского государственного университета, г. Краснодар;

Дерябин М.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры общей физики Ставропольского государственного университета, г. Ставрополь.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 519.876.5

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ СКОРОСТИ ВЕТРА НА РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЕ ПОЛЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА

Губарев С.В.

Институт промышленной экологии Уральского отделения РАН, Екатеринбург, e-mail: mnogono@gmail.com

Проведено компьютерное исследование для определения степени влияния временной динамики скорости ветра на формирование поля поверхностного загрязнения на протяжении десяти дней с учетом розы ветров исследуемой местности. Рассчитана вероятностная функция распределения скорости ветра на высоте 121 метров исходя из данных натурных наблюдений. Для моделирования процессов массопереноса загрязняющего вещества в приповерхностном слое атмосферы предложена альтернативная имитационная модель на базе метода клеточных автоматов. В результате компьютерного эксперимента определена относительная ошибка моделирования в случае аппроксимации динамики скорости ветра вероятностной функцией и в случае постоянной скорости ветра. Отсутствие статистических данных о динамике скорости ветра на временном интервале моделирования приводит к 60% ошибке при расчете концентрации результирующего поверхностного загрязнения при прочих равных условиях.

Ключевые слова: клеточный автомат, имитационное моделирование, компьютерное моделирование процессов массопереноса загрязняющих веществ в атмосфере

EFFECTS OF WIND SPEED DYNAMICS ON THE RESULTING FIELD OF SURFACE POLLUITION ON SURFACE POLLUTION CONGLOMERATION FROM POINT SOURCE OF POLLUTION

Gubarev S.V.

Institute of Industrial Ecology, the Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, e-mail: mnogono@gmail.com

Computational modeling was performed to determine a degree with which ten days dynamics of wind speed affect the surface pollution field formation considering the wind pattern of the area in question. Wind speed distribution function was determined for the height equal to 121 meters based upon observations data. Alternative computational model based on cellular automata method was proposed for modeling pollutants mass-transfer in a near-surface atmospheric layer. As a result of computational experiment modeling relative error for modeling was determined for the cases of approximating wind speed dynamics with distribution function, and for constant wind speed. It was found that the lack of statistic data on wing speed dynamics for the modeling timeframe causes 60% error in computing concentration of resulting surface pollution OTE.

Keywords: cellular automata, imitation modeling, computer modeling of atmospheric processes and pollutants mass-transfer in atmosphere

Как показывают экспериментальные наблюдения, метеорологические параметры существенно изменяются на протяжении суток и напрямую влияют на характер распространения загрязнений в атмосфере. В связи с этим при моделировании распространения примесей загрязняющих веществ от непрерывных источников загрязнений необходимо учитывать изменение метеорологических параметров во времени. Вертикальная диффузия турбулентных движений масс воздуха, направление и скорость ветра непрерывно и существенно изменяются на протяжении суток. Как правило, для анализа степени загрязнения используются стационарные модели распространения загрязнений [6, 7], не учитывающие изменение метеорологических параметров во времени. Как показано, учет временных флуктуаций атмосферных параметров в приповерхностном слое атмосферы позволит существенным образом уменьшить погрешность при расчете полей поверхностных загрязнений.

Проведен ряд компьютерных экспериментов по исследованию накопления загрязняющего вещества за десятидневный период подстилающей поверхностью от непрерывного высотного точечного источника загрязнения высотой 107 метров. Цель исследования заключалась в определении степени влияния динамических изменений атмосферных параметров на результирующее поле поверхностного загрязнения за время моделирования, а также определении наилучшего метода аппроксимации скорости ветра для достижения наименьшей ошибки моделирования. Моделирование осуществлялось с помощью разработанного программного комплекса имитационного моделирования, созданного на основе метода клеточных автоматов [1, 2, 3].

Комплекс программ состоит из набора модулей (программ), по отдельности обеспечивающих расчеты массопереноса в результате моделирования следующих физических процессов:

• эмиссии загрязняющих веществ;
• конвективного массопереноса вдоль направления ветра;
• седиментации (гравитационного осаждения, сухого осаждения);
• турбулентной диффузии;
• вторичного ветрового массопереноса;
• адсорбции молекул воды на поверхности аэрозольных частиц;

Основная особенность реализации указанного программного комплекса заключается в применении метода объединения правил клеточного автомата для моделирования комплексного процесса массопереноса загрязняющих веществ в атмосфере. Правила объединяются с учетом их интенсивности влияния на процесс рассеивания массопереноса

Основным показателем интенсивности правила КА является его характерное время, рассчитанное исходя из выделенных безразмерных комплексов атмосферных процессов (3, 4, 5). Результатом объединения правил являются рассчитанные вероятности срабатывания каждого правила КА.

$$T \cdot P = b \qquad (1)$$

$$T = \begin{pmatrix} t_{td} & -t_u & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -t_u & t_{sed} & 0 & 0 \\ 0 & -t_u & 0 & t_u^* & 0 \\ 0 & -t_u & 0 & 0 & t_{gid} \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

$$P = \begin{pmatrix} P_{td} \\ P_u \\ P_{sed} \\ P_u^* \\ P_{gid} \end{pmatrix}; \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}; \qquad (2)$$

$$t_{td} = P_{td} \cdot D_{ca} \cdot L^2/(D \cdot L_{ca}{}^2); \qquad (3)$$

$$t_u = P_u \cdot L \cdot u_{ca}/(L_{ca} \cdot u); \qquad (4)$$

$$t_{sed} = P_{sed} \cdot \omega_{ca} \cdot L/(L_{ca} \cdot \omega); \qquad (5)$$

$$t_{gid} = \frac{\rho RT(d^2 - d_0^2)}{8DMp_\infty(1-S)}, \qquad (6)$$

где T – матрица характерных времен процессов; P – искомая матрица вероятностей; b – вектор свободных коэффициентов; t_{td} – характерное время процесса диффузии; P_{td} – вероятность правила диффузии КА; L и L_{ca} – размер моделируемой области пространства в метрах и размер вектора состояний клеточного автомата соответственно; D_{ca} – безразмерный коэффициент диффузии клеточного автомата; D – коэффициент диффузии м^2/с; t_u – характерное время процесса ветрового массопереноса; P_u – вероятность правила ветрового массопереноса КА; u_{ca} – безразмерная скорость ветрового массопереноса клеточного автомата; u – средняя скорость ветра м/с; t_{sed} – характерное время процесса гравитационного осаждения; ω_{ca} – безразмерная скорость гравитационного осаждения клеточного автомата; ω – средняя скорость гравитационного осаждения м/с; t_{gid} – характерное время роста зародыша в процессе гидратации молекул воды; d_0 – окончательный диаметр капли; d – начальный диаметр капли; ρ – плотность воды; D – молекулярный коэффициент диффузии молекул воды; p_∞ – давление водяных паров вдали от капли; S – степень перенасыщения.

Для данного исследования была создана имитационная модель на базе программного комплекса, имитирующая действие существующего источника загрязнения – трубы высотой 107 метров медеплавильного завода города Карабаш Челябинской области. Моделирование производилось в предположении ровной подстилающей поверхности и в предположении поглощения загрязняющего вещества на высоте $z = 0$. Имитационная область моделирования 6000×6000×1000 метров, с разрешением матрицы клеточного автомата 60×60×10 метров на клетку. Поставленная задача может быть описана следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u\frac{\partial C}{\partial x_i} + v\frac{\partial C}{\partial x_2} + \omega\frac{\partial C}{\partial x_3} = \sum_i \frac{\partial}{\partial x_i} D_i \frac{\partial C}{\partial x_i} + f_S;$$

$$D_3 \frac{\partial C}{\partial x_3} + \omega C = \beta C; \quad \beta = \infty, \qquad (7)$$

где C – концентрация примеси; t – время, прошедшее с момента выброса; u, v, ω – декартовые средние скорости сноса примеси; D_i – вектор коэффициентов турбулентной диффузии, $f_S = f(x_1, x_2, x_3, t)$ – функция, описывающая действие источников загрязнения; β – некоторая постоянная размерности скорости. Согласно последним данным, после внедрения ряда очистительных сооружений на медеплавильным заводе результирующая мощность выбросов пыли в атмосферу оценивается $Q = 50$ т/год [4].

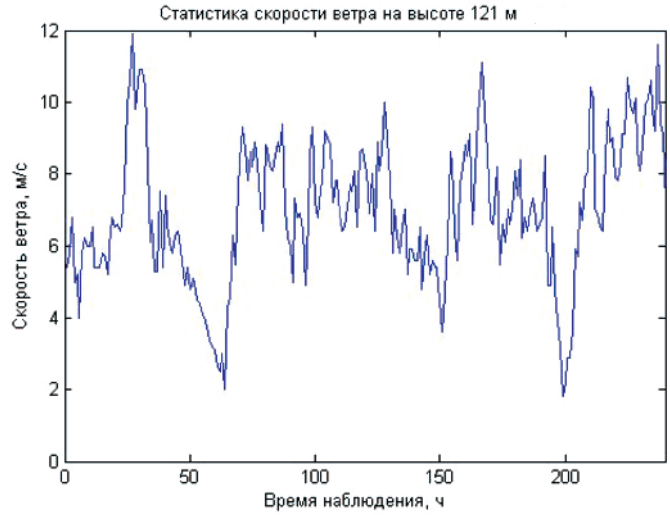
Как показывают данные экспериментальных наблюдений, поле поверхностного загрязнения, полученное с помощью созданной имитационной модели [2, 5], верно характеризует реальную картину загрязнений на данной территории. В связи с этим возникла задача исследовать изменение

результирующего поля поверхностного загрязнения в зависимости от входных параметров модели, а именно аппроксимации функции скорости ветра от времени.

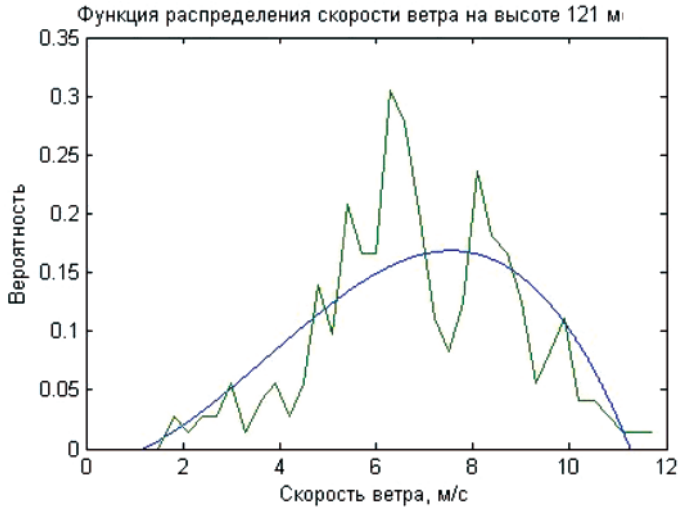
Подробные данные о характерном состоянии атмосферы на высоте 121 м были получены сотрудниками обнинской метеорологической башни – уникального научного сооружения высотой 310 м. Экспериментальные данные скорости и направления ветра записываются каждый час и усредняются за 20-минутный промежуток времени, процесс сбора информации полностью автоматизирован. При анализе архивов экспериментальных данных за 10-дневный промежуток времени (с 02.02.2011 по 12.02.2011) была найдена функция распределения скорости и направления ветра рис. 1 а, б:

$$P(u) = -0{,}00082u^3 + 0{,}00918u^2 + \\ + 0{,}00133u - 0{,}01314. \quad (8)$$

Хотя полученные данные по состоянию атмосферы территориально относятся к другой области, важно получить представление о характерном поведении скорости ветра на высоте порядка 100 метров. С другой стороны, рельеф местности обеих территорий принципиально не отличается, в связи с этим можно сделать предположение, что характерная вероятностная функция распределения скорости ветра на территории города Карабаш Челябинской области будет аналогична.



а



б

Рис. 1. Данные наблюдений, полученные с обнинской метеовышки: а – подробные данные динамики поля скорости ветра; б – функция распределения вероятности скорости ветра на высоте. Экспериментальные данные аппроксимированы полиномом 3 степени

В качестве ожидаемого результирующего поля поверхностного загрязнения была принята картина, полученная в результате моделирования первой имитационной моделью рис. 2а при использовании подробных данных динамики изменения скорости ветра от времени (рис. 1а).

Как правило, при использовании стандартной Гауссовой модели рассеивания примесей от точечного источника скорость ветра принимают постоянной и равной среднестатистической скорости на исследуемой территории. В связи с этим вторая имитационная модель построена с учетом среднестатистической скорости ветра за 10-дневной промежуток (рис. 2б). Среднестатистическая скорость ветра составила 6,9 м/с. Относительное изменение суммарного уровня концентрации загрязняющего вещества на поверхности составило $\delta_{12} = 61{,}2\,\%$ (9) от ожидаемого (рис. 2а, в).

$$\delta_{12} = \frac{\left|\sum_{x,y} C_1(x,y) - \sum_{x,y} C_2(x,y)\right|}{\sum_{xy} C_1(x,y)}, \quad (9)$$

где C_1, C_2 – расчетное распределение количества загрязняющего вещества, полученное в результате работы первой и второй имитационной модели соответственно. Аналогичная формула применялась для расчета δ_{13} полученного в результате работы первой и третьей имитационной модели.

Третья имитационная модель была построена на основе найденной вероятностной функции распределения скорости ветра (1) (рис. 1б). Результирующее поле поверхностного загрязнения представлено на рис. 3в. Относительное изменение суммарного уровня концентрации загрязняющего вещества на поверхности составило $\delta_{13} = 0б5\,\%$ (9) от ожидаемого (рис. 3а, б).

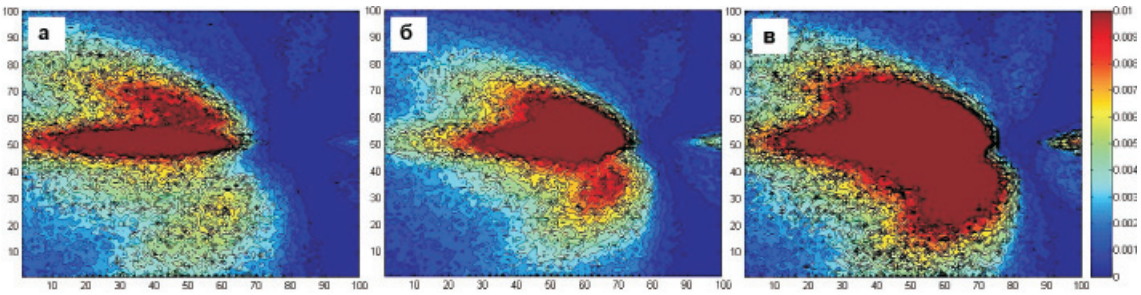


Рис. 2. Расчетные поля концентрации загрязняющего вещества. Моделирование производилось на основе: а – подробных данных о динамике скорости ветра; б – вероятностной функции скорости ветра; в – постоянной скорости ветра. Концентрация представлена в кг/м^2. Масштаб – 60 метров на клетку

Согласно полученным результатам (рис. 2) флуктуации атмосферных параметров играют существенную роль при распространении загрязняющих веществ и формировании полей поверхностных загрязнений. Подробные метеорологические данные о состоянии атмосферы, как правило, не доступны для исследуемой территории, с другой стороны, накопленные архивные данные динамики атмосферных параметров исследуемой местности позволяют рассчитать статистические вероятностные функции.

Применение вероятностной функции динамики поля скорости ветра позволяет приблизиться к ожидаемому результату и относительное изменение суммарной концентрации загрязняющего вещества в этом случае составляет $\delta_{13} = 0{,}5\,\%$ от ожидаемого (9).

При использовании в модели средней скорости ветра относительное изменение суммарной концентрации загрязняющего вещества на подстилающей поверхности составило $\delta_{12} = 61{,}2\,\%$ от ожидаемого (9).

Работа выполнена при поддержке гранта «12-2-3-010-АРКТИКА» Методические основы и концепция интегральной системы управления качеством окружающей среды ЯНАО.

Список литературы

1. Губарев С.В. Имитационный подход к решению задач распространения примесей / С.В. Губарев, Д.Б. Берг, А.П. Сергеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12. – С. 2112–2115.

2. Губарев С.В. Имитационное моделирование распределения двухфазных загрязнений атмосферы / С.В. Губарев, К.А. Беклемишев, Д.Б. Берг // материалы Международной молодежной научной конференции. – Ереван, 2007. – С. 22–27.

3. Губарев С.В. Две модели для исследования ветрового вторичного массопереноса / С.В. Губарев, К.А. Беклемишев, Д.Б. Берг // Информационно-математические технологии

в экономике, технике и образовании: сб. науч. тр. – Екатеринбург, 2008. – С. 196–201.

4. Урал Бизнес Консалтинг [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://archive.urbc.ru/112850-post112850.html (дата обращения 23.08.2012).

5. Чуканов В.Н. Диагностика загрязнений снегового покрова растворимыми и нерастворимыми формами металлов / В.Н. Чуканов, А.П. Сергеев, С.М. Овчинников, А.Н. Медведев // Дефектоскопия. – 2006. – № 9. – С. 91–98.

6. Materials of IAEA Meeting, 1987, Chapter 3 p. 26.

7. Sun W.Y., Chang C.Z. Diffusion model for a convective layer. Part 2: Plume released from a continuous point source. J. Climate Appl. Meteorol. – 1986. – vol. 25. – № 10. – P. 1454–1463.

References

1. Gubarev S.V., Berg D.B., Sergeev A.P. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk, 2010, no. 12, pp. 2112–2115.

2. Gubarev S.V., Berg D.B., Beklemishev K.A. Materialy Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii «gornye territorii – jekologicheskie problemy gorodov» (Proc. Int. Scientific Conference «Mountain areas – urban environmental problems»). Yerevan, 2007, pp. 22–27.

3. Gubarev S.V., Beklemishev K.A., Berg D.B. Sbornik nauchnyh trudov «Informacionno-matematicheskie tehnologii v jekonomike, tehnike i obrazovanii» (Proc. Scientific Works «Information technology and mathematics in economics, technology and education»). 2008. Yekaterinburg. Ural State Technical University – Ural Polytechnic Institute. pp. 196–201.

4. Chukanov V.N., Sergeev A.P., Ovchinnikov S.M., Medvedev A.N. Defektoskopija. Yekaterinburg. 2006. no. 9. pp. 91–98.

5. Ural Biznes Konsalting (Ural Business Consulting) Avaible at: http://archive.urbc.ru/112850-post112850.html (accessed 23 August 2012)

6. Materials of IAEA Meeting, 1987, Chapter 3 pp. 26.

7. Sun W.Y., Chang C.Z. Diffusion model for a convective layer. Part 2: Plume released from a continuous point source. J. Climate Appl. Meteorol. 1986, vol. 25, no 10, pp. 1454–1463.

Рецензенты:

Никонов О.И., д.ф.-м.н., профессор, директор Департамента бизнес–информатики и математического моделирования Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург;

Берг Д.Б., д.ф.-м.н., профессор кафедры анализа систем и принятия решений Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 519.651: 519.63

О СВОЙСТВАХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ФИНИТНЫХ ФУНКЦИЙ И ОБ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В АЛГОРИТМАХ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

Леонтьев В.Л.

Ульяновский государственный университет, Ульяновск, e-mail: alex_lion@rambler.ru

Статья посвящена развитию фундаментального направления теории аппроксимации. Это направление относится к построению систем сеточных базисных функций с компактными носителями. Свойство ортогональности таких функций на каждой конкретной сетке исследовано в книге [1]. Некоторые ортогональные финитные функции [1] являются обобщением теории B-сплайнов и дополнением теории ортогональных финитных вейвлетов [2]. Некоторые ортогональные финитные функции [1] в двумерном и трехмерном случаях не имеют аналогов. Здесь рассматриваются возможности формирования новых свойств ортогональных финитных функций и возможности использования функций с такими свойствами в алгоритмах численных методов. В первой части статьи предполагается существование системы базисных сеточных финитных функций ортогональных на каждой конкретной сетке, функции которой ортогональны также первым производным всех других функций этого базиса на каждой сетке. Доказана теорема о невозможности использования такой системы функций в алгоритмах проекционных численных методов. Во второй части статьи исследуется возможность построения таких систем базисных финитных функций в общем случае. Проводится модификация сеточных базисных финитных функций с этой целью. Доказывается, что не существует модификаций указанного типа, приводящих к системе ортогональных сеточных базисных финитных функций, каждая из которых ортогональна также первым производным всех других функций этого базиса на каждой сетке.

Ключевые слова: ортогональные сеточные финитные функции, базисные функции, численные методы

ABOUT PROPERTIES OF ORTHOGONAL FINITE FUNCTIONS AND ABOUT THEIR APPLICATION IN ALGORITHMS OF NUMERICAL METHODS

Leontev V.L.

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, e-mail: alex_lion@rambler.ru

The article is devoted to development of fundamental direction of approximation theory. This direction concern to construction of systems of grid basis finite functions with compact supports. The properties of orthogonal functions on every concrete grid are investigated in the book [1]. Some orthogonal finite functions [1] are the generalization of the theory of B-splines and the addition of the theory of orthogonal finite wavelets [2]. Analogies do not exist for some orthogonal finite functions [1] in 2D and 3D cases. The possibilities of formation of new properties of orthogonal finite functions and the possibilities of application of such functions in algorithms of numerical methods are considered. In first part of the article it is supposed the existence of the system of basis orthogonal grid finite functions, which are orthogonal also to first derivatives of all another functions of this basis on every grid. The theorem about impossibility of application of such functions in algorithms of numerical methods is proved. The possibility of construction of such systems of basis finite functions is investigated in second part of the article. The modification of grid basis finite functions is made for this purpose. It is proved, that the modifications of such type are not give grid basis finite functions with new properties.

Keywords: orthogonal grid finite functions, basis functions, numerical methods

Известны [1] сеточные базисы ортогональных финитных функций (ОФФ) (первый такой базис построен В.Л. Леонтьевым в 1993 году [2], другие подобные базисы созданы и исследованы затем, например, в [3, 4, 5]), состоящие из финитных непрерывных функций, и такие, что скалярные произведения функционального пространства L_2 любых двух различных функций каждого такого базиса на каждой конкретной сетке равны нулю. Ранее (в 1988 году) были построены финитные ортогональные вейвлеты И. Добеши [6], но они в отличие от базисных функций [1] не могут быть записаны в аналитической форме, строятся приближенно с заданной точностью с помощью итерационного алгоритма кратноразрешающего анализа, не обладают симметрией (четностью, нечетностью), имеют существенно более сложную структуру и низкую гладкость. Базисные функции [6] построены с целью их использования в спектральном анализе сигналов, где успешно применяются, но не адаптированы к их использованию в алгоритмах численно-аналитических методов (проекционно-сеточных (ПСМ) и вариационно-сеточных (ВСМ)). Функции [1] созданы специально для их применения в алгоритмах численно-аналитических методов, связанных со смешанными вариационными принципами (Рейсснера, Ху-Васидзу) или с обобщающими эти вариационные принципы смешанными проекционными условиями. Показано [1], что использование ОФФ устраняет основной недостаток смешанных ВСМ или ПСМ – в несколько раз более высокое число узловых неизвестных по сравнению с ВСМ, основанными на вариационном принципе Лагранжа. Ортогональность таких базисных финитных функций позволяет исключить большую часть узловых неизвестных

величин до начала решения глобальной сеточной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) на ЭВМ (число исключаемых величин в 2-4 раза превышает число остающихся в СЛАУ узловых величин), тем самым по числу арифметических операций, необходимых для получения решения СЛАУ, ВСМ, основанные на вариационном принципе Рейсснера, оказываются близкими к ВСМ, основанным на вариационном принципе Лагранжа. При этом качество решений для всех величин (не только для основных неизвестных функций, например, перемещений, но и для их производных, например, деформаций и напряжений) в смешанном ВСМ или ПСМ является существенно более высоким и по точности, и по гладкости, чем в ВСМ, связанном с вариационным принципом Лагранжа.

1. В последние годы в связи с развитием алгоритмов численных методов возник вопрос: возможно ли построение базисных ОФФ, обладающих дополнительными свойствами. В [1] и более ранних работах В.Л. Леонтьева отмечалось, что ряд таких ОФФ имеет неиспользованные для придания функциям свойства ортогональности свободные параметры, которые можно использовать для появления у этих функций дополнительных свойств. Однако, оказывается, что эти дополнительные свойства не могут планироваться произвольно. Здесь показывается, что невозможно создание финитных функций Лагранжева базиса (в таком базисе каждая отдельная функция базиса определяет значение глобальной аппроксимации функции или ее производной только в одном узле), которые, во-первых, обладают свойствами**:** взаимно-ортогональными являются сами базисные функции, а также каждая функция является ортогональной первым производным всех других функций этого базиса на каждой конкретной сетке, и, во-вторых, предназначены для полноценного использования их в проекционных условиях.

Пусть

$$\{\ldots < x_{j-2} < x_{j-1} < x_j < x_{j+1} < x_{j+2} < \ldots\}$$

– координаты узлов сетки, расположенных на действительной оси.

Теорема. Пусть $\{\varphi_i(x)\}$ – сеточный Лагранжев «базис» в L_2 (R) такой, что

$$\varphi_i(x_j) = \delta_{ij},$$

тогда если функции $\varphi_i(x)$ обладают следующими свойствами ортогональности

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_i(x)\varphi_j(x)\,dx = A\delta_{ij};$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{d\varphi_i(x)}{dx}\right)\varphi_j(x)\,dx = B\delta_{ij}, \qquad (1)$$

где *A, B* – некоторые числовые константы, то они не могут быть использованы для аппроксимации неизвестных функций при построении приближенных решений в проекционных условиях, связанных с невязками дифференциальных уравнений, содержащих неизвестные функции и их первые производные.

Доказательство.

Пусть $f_1(x)$, $f_2(x)$ – непрерывные функции, первая из которых строго возрастает, а вторая строго убывает на интервале (x_{j-2}, x_{j+2}), причем

$$f_1(x_j) = f_2(x_j). \qquad (2)$$

Пусть также

$$f_1^*(x) = \sum_{i=j-1}^{j+1} f_1^{(i)}\varphi_i(x);$$

$$f_2^*(x) = \sum_{i=j-1}^{j+1} f_2^{(i)}\varphi_i(x)$$

– аппроксимации функций $f_1(x)$, $f_2(x)$ на интервале (x_{j-1}, x_{j+1}) линейными комбинациями функций $\varphi_i(x)$. Здесь $f_1^*(x)$ – строго возрастающая функция; $f_2^*(x)$ – строго убывающая функция, причем

$$f_1^*(x_j) = f_2^*(x_j),$$

где $f_1^{(i)}$, $f_2^{(i)}$ – постоянные коэффициенты, равные значениям $f_1(x), f_2(x)$ в узлах x_i.

Скалярные произведения первых производных этих аппроксимаций и $\varphi_j(x)$

$$\int_{x_{j-1}}^{x_{j+1}}\left(\frac{df_1^*(x)}{dx}\right)\varphi_j(x)\,dx = \int_{x_{j-1}}^{x_{j+1}}\left(\sum_{i=j-1}^{j+1}\left(\frac{d\varphi_i(x)}{dx}\right)f_1^{(i)}\right)\varphi_j(x)\,dx = Bf_1^{(i)}$$

и

$$\int_{x_{j-1}}^{x_{j+1}}\left(\frac{df_2^*(x)}{dx}\right)\varphi_j(x)\,dx = \int_{x_{j-1}}^{x_{j+1}}\left(\sum_{i=j-1}^{j+1}\left(\frac{d\varphi_i(x)}{dx}\right)f_2^{(i)}\right)\varphi_j(x)\,dx = Bf_2^{(i)}$$

равны в силу (1) и (2). Это означает, что в проекциях первых производных двух различных функций – строго возрастающей и строго убывающей, отличных от нуля

и имеющих различные знаки, – информация о первых производных двух различных в окрестности точки x_j функций при проецировании аппроксимаций этих первых производных теряется. Таким образом, использование подобных функций в качестве базисных в проекционных условиях методов типа Бубнова–Галеркина применительно к невязкам дифференциальных уравнений невозможно. Следовательно, расщепление системы сеточных уравнений на совокупность несвязанных уравнений с помощью такого ПСМ невозможно.

2. Рассмотрим общий случай. Пусть $f(x)$ – материнская локальная (финитная) функция, обладающая на отрезке [–1, 1] свойствами

$$f(-1) = f(1) = 0; \quad f(0) = A,$$

где A не равно нулю и равно, например, единице, и обладающая также свойством

$$f(x) + f(x-1) = f(0) \;\forall\; x \in [0, 1], \quad (3)$$

необходимым для наличия у последовательности сеточных наборов функций, порожденных этой материнской функцией, полного набора свойств системы базисных функций. За пределами отрезка [–1, 1] функция $f(x)$ тождественно равна нулю.

Предположим, что сеточные функции, порожденные материнской функции $f(x)$, обладают не только известным свойством ортогональности [1] самих сеточных функций на каждой конкретной сетке (внутригрупповой взаимной ортогональностью финитных базисных функций)

$$\int_0^1 f(x) f(x-1)\, dx = 0, \quad (4)$$

но и дополнительным свойством внутригрупповой ортогональности производных сеточных функций самим сеточным функциям

$$\int_0^1 \frac{df(x)}{dx f(x-1)}\, dx = 0. \quad (5)$$

Пусть на отрезке [–1, 1] материнская функция модифицируется, во-первых, некоторой финитной функцией $\alpha\varphi(x)$ (α – постоянный коэффициент), имеющей конечный носитель, не выходящий за пределы отрезка [0, 1], а, во-вторых, финитной функцией $(-\alpha\varphi(-x))$ с конечным носителем, не выходящим за пределы отрезка [–1, 0]. Первая модифицирующая функция симметрична относительно линии $x = 0{,}5$, вторая – относительно линии $x = -0{,}5$. В этом случае функция $f(x-1)$ на отрезке [0, 1] имеет соответствующую модификацию, определяемую функцией $(-\alpha\varphi(x))$ и поэтому свойство (3) выполняется для модифицированных сеточных функций автоматически в случае, если до модификации сеточные функции им обладают. Последнее здесь предполагается, поскольку рассматривается модификация базисных функций с целью изучения вопроса возможности возникновения у них дополнительного свойства, а именно, свойства ортогональности производных сеточных функций, с одной стороны, и самих сеточных функций, с другой стороны. Далее предполагается также, что модифицирующие функции непрерывны и имеют в точках $x = 0, \pm 1$ значения, равные нулю.

Условия (4), (5) с учетом такой модификации записываются в виде

$$\int_0^1 \big(f(x) + \alpha\varphi(x)\big)\big(f(x-1) - \alpha\varphi(x)\big)\, dx = 0;$$

$$\int_0^1 \left(\frac{df(x)}{dx} + \frac{\alpha d\varphi(x)}{dx}\right)\big(f(x-1) - \alpha\varphi(x)\big)\, dx = 0.$$

Пусть

$$\psi(x) = f(x) + \alpha\varphi(x)$$

на [0, 1], тогда последние два условия с учетом (3) записываются в виде

$$\int_0^1 \psi(x)\big(f(0) - \psi(x)\big)\, dx = 0;$$

$$\int_0^1 \frac{d\psi(x)}{dx}\big(f(0) - \psi(x)\big)\, dx = 0.$$

Выполнение первого из двух последних условий обеспечивается при определенном выборе числовых значений коэффициента α, которые, как показано в [1], существуют. Рассмотрим второе условие, которое переписывается в виде

$$\int_0^1 d\left(\psi(x) f(0) - 0{,}5\psi^2(x)\right) = 0$$

или

$$\left[\psi(x) f(0) - 0{,}5\psi^2(x)\right]_0^1 = 0,$$

откуда получается

$$\psi(1) f(0) - 0{,}5\psi^2(1) - \psi(0) f(0) + 0{,}5\psi^2(0) =$$
$$= -f^2(0) + 0{,}5 f^2(0) = -0{,}5 f^2(0) \neq 0,$$

поскольку

$$\psi(0) = f(0) = A \neq 0; \quad \psi(1) = f(1) = 0,$$

а следовательно, второе условие не выполняется при любом выборе модифицирующей функции $\varphi(x)$ и значений параметра α.

Заключение

Известные примеры численно-аналитических «методов», в рамках которых последние три года строятся и используются «базисные» системы финитных функций, «обладающих» свойствами ортогональности как функций, так и их первых производных, являются неверными в своей основе. Такое заключение основано здесь не только на представленных формальных математических исследованиях, но и на том, что в итоге применения в рамках подобного «метода» процедуры проецирования, связанной с сеткой, каждое уравнение во внутреннем узле сетки оказывается не имеющим никакой связи ни с уравнениями в других узлах, ни с граничными условиями. Возникает естественный вопрос**:** почему подобное расщепление системы проекционных уравнений возможно для нефинитных функций, например, как известно, для тригонометрических? Это возможно потому, что, несмотря на отделение проекционных уравнений друг от друга в смысле наборов содержащихся в них коэффициентов из состава аппроксимирующих точное решение линейных комбинаций, каждое возникающее после применения процедуры проецирования уравнение, соответствующее отдельной базисной тригонометрической функции, учитывает внешнее воздействие на моделируемую систему на всей области краевой задачи в силу нефинитности базисной функции и при этом любое из таких уравнений может учитывать в общем случае граничные условия.

Список литературы

1. Леонтьев В.Л. Ортогональные финитные функции и численные методы / В.Л. Леонтьев. – Ульяновск: Изд-во Ульяновского гос. ун-та, 2003. – 178 с.

2. Леонтьев В.Л. Методы конечных элементов, основанные на использовании обобщенных функций Куранта в теории упругих колебаний // Проблемы динамики и прочности электро- и энерго-машин: тезисы докл. Всерос. научного семинара (С.- Петербург, 18-20 мая 1993 г.). – СПб.: Изд-во Института проблем машиноведения РАН, 1993. – С. 21–22.

3. Леонтьев В.Л. Об одном обобщении функций Куранта // Теория функций и приближений: труды 7-й Саратовской зимней школы (30 января – 4 февраля 1994 г.). Часть 3. – Саратов: Изд-во СГУ, 1995. – С. 36–40.

4. Леонтьев В.Л., Лукашанец Н.Ч. Сеточные базисы ортогональных финитных функций // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1999. – Т. 39, № 7. – С. 1158–1168.

5. Леонтьев В.Л. Об ортогональных финитных функциях и о численных методах, связанных с их применением // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2002. – Т.9, Вып. 3. – С. 497–504.

6. Daubechies I. Comm. Pure and Appl. Math., 1988, 41, pp. 909–996.

References

1. Leontev V.L. Ortogonal’nye finitnye funkcii i chislennye metody / V.L.Leontev. – Uljanovsk: Izd-vo Uljanovskogo gos. un-ta, 2003. 178 p.

2. Leontev V.L. Metody konechnykh ehlementov, osnovannye na ispolzovanii obobshhennykh funkcijj Kuranta v teorii uprugikh kolebanijj // Problemy dinamiki i prochnosti ehlektro- i ehnergo-mashin: tezisy dokl. Vseros. nauchnogo seminara (S.Peterburg, 18-20 maja 1993 g.). S.-Peterburg: izd-vo Instituta problem mashinovedenija RAN, 1993. pp. 21–22.

3. Leontev V.L. Ob odnom obobshhenii funkcijj Kuranta // Teorija funkcijj i priblizhenijj: trudy 7-jj Saratovskojj zimnejj shkoly (30 janvarja – 4 fevralja 1994 g.). Chast 3. Saratov: Izd-vo SGU, 1995. pp. 36-40.

4. Leontev V.L., Lukashanec N.Ch. Setochnye bazisy ortogonalnykh finitnykh funkcijj // Zhurnal vychislitel’nojj matematiki i matematicheskojj fiziki. 1999. T. 39, no. 7. pp. 1158–1168.

5. Leontev V.L. Ob ortogonal’nykh finitnykh funkcijakh i o chislennykh metodakh, svjazannykh s ikh primeneniem // Obozrenie prikladnojj i promyshlennojj matematiki. 2002. T. 9, vyp. 3. pp. 497–504.

6. Daubechies I. Comm. Pure and Appl. Math., 1988, 41, pp. 909–996.

Рецензенты:

Вельмисов П.А., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Высшая математика» Ульяновского государственного технического университета, г. Ульяновск;

Журавлев В.М., д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры «Теоретическая физика» Ульяновского государственного университета, г. Ульяновск;

Попов Ф.А., д.т.н., профессор, зам. директора по ИТ, Бийский технологический институт, г. Бийск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 538.9

ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКОГО РАДИУСА ДИСЛОКАЦИОННЫХ ПЕТЕЛЬ В КРЕМНИИ И ГЕРМАНИИ С УЧЕТОМ ЭНЕРГИИ ДЕФЕКТА УПАКОВКИ

Мозжерин А.В.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: Amozzherin@sfu-kras.ru

Проведена оценка критического радиуса дислокационных петель в монокристаллах кремния и германия с учетом энергии дефекта упаковки (ЭДУ), определенной с использованием методов просвечивающей электронной микроскопии. После идентификации дефектов в монокристаллах производился расчет ЭДУ в кремнии и германии по ширине полоски дефекта упаковки. Полученные значения показали зависимость плотности дефектов от ЭДУ в данных материалах. Также было установлено, что дефекты (главным образом, дислокационные петли) следуют тенденции к резкому сокращению в размерах после некоторого предела. Чтобы установить критические радиусы дислокационных петель, применялась модель частичных дислокационных петель в двух случаях: классическом (с учетом энергий дефекта упаковки дислокационной петли и упругой энергии дислокационной линии) и с учетом формирования частичных дислокаций Шокли. Теоретический расчет критического радиуса в кремнии и германии показал хорошую согласованность с экспериментальными результатами. А в случае с учетом классической модели с частичными дислокациями Шокли установлена прямая зависимость размеров и плотности дислокационных петель от энергии дефекта упаковки.

Ключевые слова: просвечивающая электронная микроскопия, дислокационная петля, критический радиус дислокационной петли, энергия дефекта упаковки

EVALUATION OF THE CRITICAL RADIUS OF DISLOCATION LOOPS IN SILICON AND GERMANIUM BASED STACKING FAULT ENERGY

Mozzherin A.V.

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

The estimation of the critical radius of dislocation loops in single crystals of silicon and germanium produced in the Krasnoyarsk region in view of stacking fault energy (SFE), defined using the methods of transmission electron microscopy. After the identification of defects in single crystals used for calculating the SFE in silicon and germanium, the width of the strip of stacking fault. The values obtained showed the dependence defect density of the SFE in these materials. It was also found that the defects (mainly dislocation loops) follow the trend to a drastic reduction in size after a certain limit. To establish the critical radius of dislocation loops used unfaulting model of dislocation loops in two cases, the classical (including the stacking fault energy of the dislocation loops and the elastic energy of the dislocation line) and taking into account the formation of Shockley partial dislocations. Theoretical calculation of the critical radius in silicon and germanium showed good agreement with experimental results. And in the case with the classical model of Shockley partial dislocations a direct correlation between size and density of dislocation loops from the stacking fault energy.

Keywords: transmission electron microscopy, dislocation loop, the critical radius of the dislocation loops, stacking fault energy

Знание закономерностей дефектообразования в полупроводниковых материалах типа кремния и германия имеет исключительное значение, так как они являются основными материалами современной полупроводниковой электроники, солнечной энергетики и космической техники.

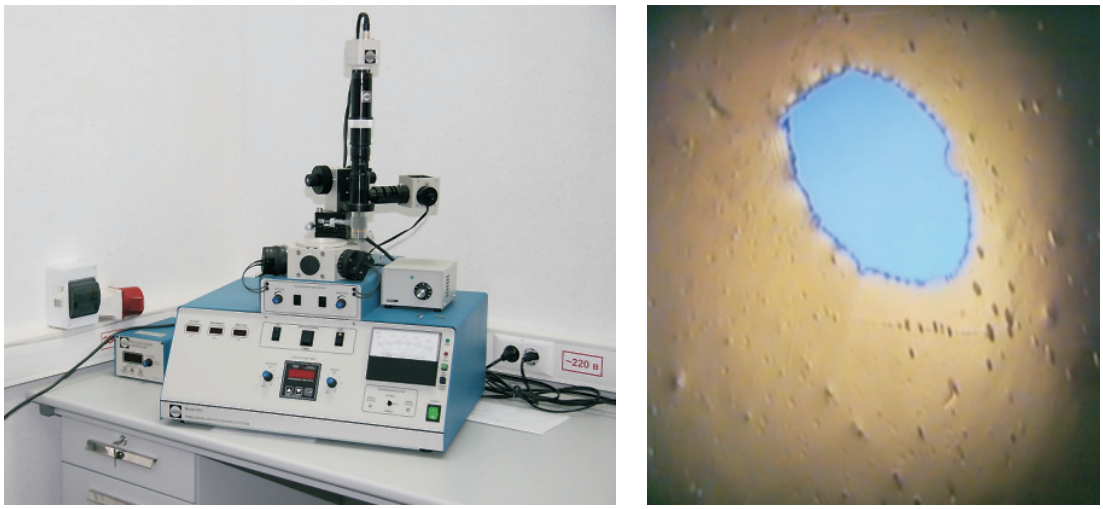
Процессы дефектообразования в кремнии и германии хорошо известны. Большое количество работ описывают причины, особенности и критерии формирования дефектов в этих материалах. Однако существенно меньше работ, описывающих зависимость образования дефектов от энергии дефекта упаковки (ЭДУ). Энергия дефекта упаковки – качественная характеристика любого полупроводникового материала. Она показывает необходимые условия для образования структурных дефектов (главным образом, линейных и объёмных). Определение ЭДУ в кремнии и германии позволяет не только установить дефектостойкость данных материалов, но и определить предельную плотность дефектов и произвести расчет ряда дополнительных параметров, например, критического радиуса дислокационных петель,что позволит более эффективно использовать данные материалы в современных наносистемах.

Целью исследования явилось установление закономерности между энергией дефекта упаковки и критическими радиусами дислокационных петель в кремнии и германии.

Материал и методы исследования

Исследуются монокристаллы кремния и германия, выращенные в Красноярском крае. Для выполнения цели исследования образцы изучались методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), главной целью которых являлось обнаружение и анализ структурных дефектов в данных материалах, а также проведение дополнительных испытаний, необходимых для дальнейшего вычисления ЭДУ материалов. При помощи просвечивающего электронного микроскопа JEOL JEM 2100 идентифицировались структурные дефекты в образцах кремния и германия, в дальнейшем была уста-

новлена их плотность. Были вычислены параметры дефектов и их характеристики. Предварительно образцы тщательно подготавливались для электронно-микроскопических исследований с применением современных методов пробоподготовки. Последний этап включал в себя ионное травление аргоном при оптимальных условиях для кремния и германия (рис. 1), что исключило возможность возникновения в материалах дополнительных дефектов, а также внесение примеси. Непосредственное исследование в ПЭМ JEOL JEM 2100, оснащенного рядом устройств, позволило определить именно структурные дефекты, отделив от них экстинкционные контуры и прочие артефакты [4].



а б

Рис. 1. Ионное травление образцов:
а – установка Precision Ion Polishing System (PIPS), Gatan; б – образец после ионного травления

Полученные результаты позволили вычислить ЭДУ в материалах по методу определения ширины полосок дефекта упаковки. А в дальнейшем вычислить критический радиус дислокационных петель с применением классической модели частичных дислокационных петель в двух случаях: классическом (с учетом энергий дефекта упаковки дислокационной петли и упругой энергии дислокационной линии) и с учетом формирования частичных дислокаций Шокли.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования на просвечивающем электронном микроскопе показали, что образцы кремния и германия содержат незначительное количество структурных дефектов: дислокаций, дислокационных петель и дефектов упаковки (рис. 2, 3). Плотность дефектов составила 10^4–10^5 см^2 для кремния и 10^4 см^2 – для германия.

ЭДУ вычислялась по методу определения ширины полоски дефекта упаковки [1, 3], т.е. по расстоянию, на которое разбегаются частичные дислокации. Ширина полоски вычисляется по формуле:

$$d = d_0\left(1-\frac{2\nu}{2-\nu}\cos 2\phi\right), \qquad (1)$$

где

$$d_0 = \frac{\mu b^2}{8\pi\gamma}\frac{2-\nu}{1-\nu}, \qquad (2)$$

отсюда

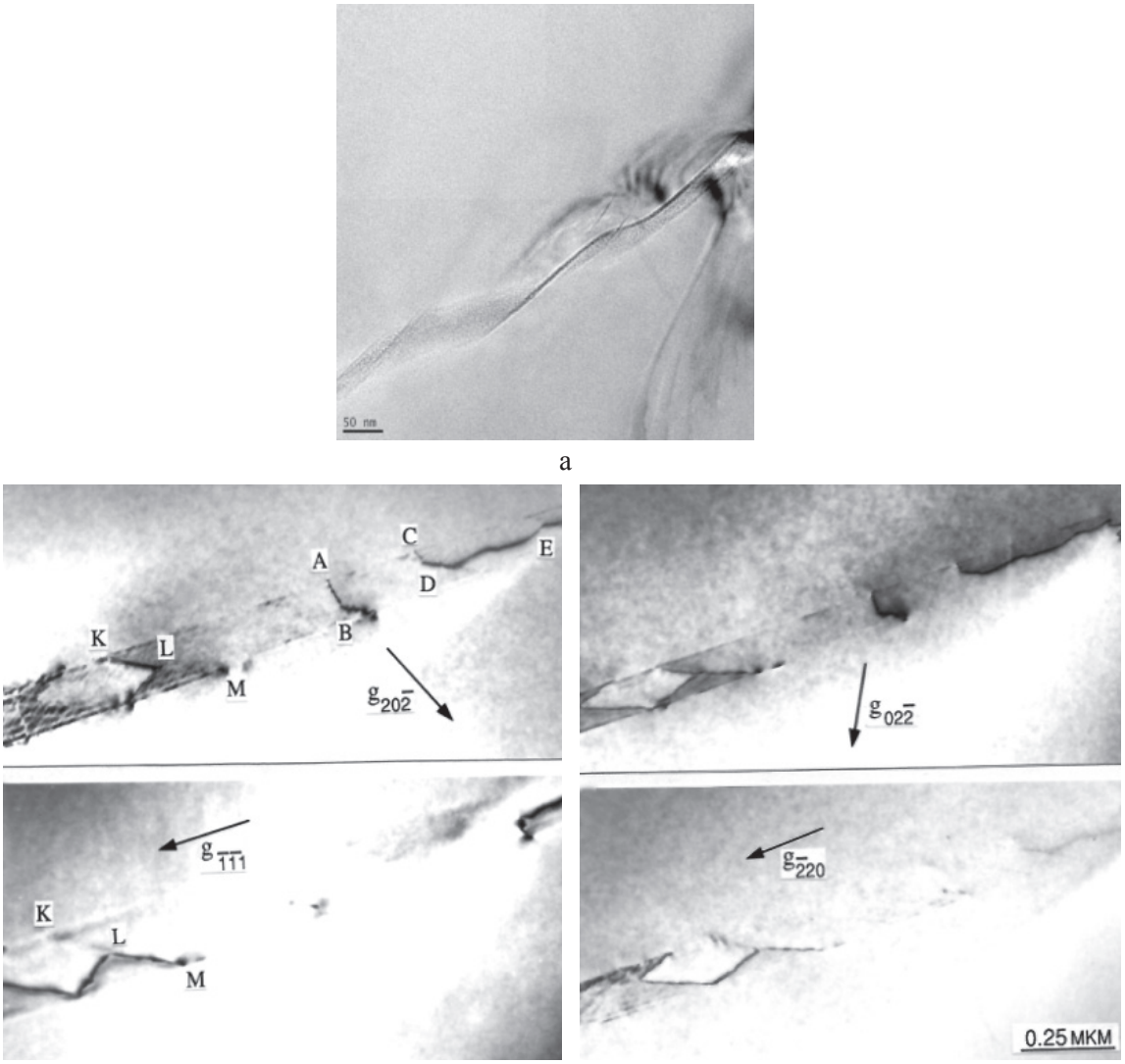
$$\gamma = \frac{\mu b^2(2-\nu)}{8\pi d_0(1-\nu)}, \qquad (3)$$

где ν – коэффициент Пуассона; φ – угол между полным вектором Бюргерса и направлением полоски; b – вектор Бюргерса; γ – ЭДУ; μ – модуль сдвига.

Вычисленное значение энергии дефекта упаковки составило $5\cdot10^{-2}$ и $9\cdot10^{-2}$ Дж/м^2 для кремния и германия соответственно. Полученные данные по ЭДУ свидетельствуют о том, что монокристаллический германий имеет более высокую энергию дефекта упаковки, чем монокристаллический кремний, а значит, он более стоек к образованию дефектов. Это подтверждается экспериментально: плотность дефектов в германии существенно меньше, чем в кремнии.

Известно, что плотность и размеры дислокационных петель напрямую связаны с энергией дефекта упаковки [2–3], так как один из вариантов образования дислокационных петель происходит при наличии частичных дислокаций, замыкающихся сами на себя. Как показали исследования на просвечивающем электронном микроскопе, эти дислокации были дислокациями Франка. Особое внимание было обращено на радиусы дислокаций Франка, так как пред-

полагается, что они связаны со значением ЭДУ в материале. Вычислив значение ЭДУ, теперь возможно рассчитать критический радиус дислокационных петель в кремнии и германии. Стоит отметить, что критический радиус дислокационной петли – та важная характеристика, которая показывает те точки, после которых происходят качественные и количественные изменения дефектной сети материала.



а

б

Рис. 2. Структурные дефекты в кремнии:
а – дислокация; б – дефект упаковки: AB, CD – винтовые дислокации (вектор Бюргерса b параллелен линии дислокации l; см рис. 4 а и г. На г исчезает дислокация при (gb) = 0, где g – вектор дифракции), DE – краевая, KL – смешанная дислокация

Для вычисления критического радиуса дислокационной петли (r_{crit}) нами используется классическая модель описания энергий процесса образования петель Франка. Согласно ей общая энергия образования дислокационной петли ($E_{l,perfect}$) включает в себя энергию дефекта упаковки дислокационной петли (E_{SF}) и упругую энергию дислокационной линии ($E_{l,Frank}$) (1) [6]. Однако энергия $E_{l,perfect}$ еще может быть выражена как сумма энергий двух петель с вектором Бюргерса $b = b_{in} + b_{out}$.

$$E_{l,perfect} = E_{SF} + E_{l,Frank}, \quad (4)$$

где

$$E_{SF} = \pi r^2 \gamma; \quad (5)$$

$$E_{l,Frank} = 2\pi r \frac{\mu b_{Frank}^2}{4\pi(1-\upsilon)}\left[\ln\left(\frac{8\alpha r}{b_{Frank}}\right) - 1\right]; \quad (6)$$

$$E_{l,perfect} = 2\pi r \frac{\mu b_{Frank}^2}{4\pi(1-\upsilon)}\left[\ln\left(\frac{8\alpha r}{b_{out}}\right)-1\right]+ \\ +2\pi r \frac{2-\upsilon}{2(1-\upsilon)}\frac{\mu b_{in}^2}{4\pi}\left[\ln\left(\frac{8\alpha r}{b_{in}}\right)-2\right], \quad (7)$$

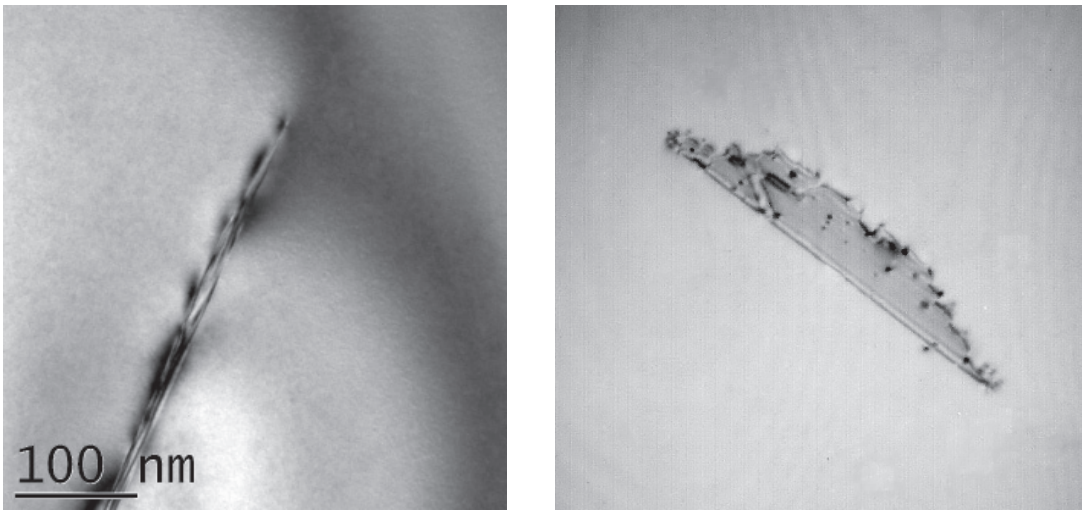
где r – радиус дислокационной петли; μ – модуль сдвига; υ – коэффициент Пуассона; α – фактор ядра дислокации; b_{Frank} – модуль вектора Бюргерса дислокационной петли Франка. В случае образцов кремния и германия (рис. 2–3) получается:

$$b_{Frank} = b_{out} = \frac{a}{\sqrt{3}} \text{ и } b_{in} = \frac{a}{\sqrt{6}}.$$

Таким образом, из (4–7) получаем связь между критическим радиусом (r_{crit}) и энергией дефекта упаковки (γ) как:

$$\gamma = \frac{\mu a^2}{24\pi r_{crit}}\frac{2+\upsilon}{(1-\upsilon)}\left[\ln\left(\sqrt{6}\frac{\alpha r_{crit}}{a}\right)\right]. \quad (8)$$

Решив трансцендентное уравнение, получим значения r_{crit} (таблица).



а б

Рис. 3. Структурные дефекты в германии: а – дислокация; б – дефект упаковки

Численные значения ЭДУ и r_{crit} кремния и германия

Материал	ЭДУ, мДж/м²	r_{crit} (классическая модель), нм	r_{crit} (с учетом частичных дислокаций Шокли), м
Si	55	98,8	18,0
Ge	90	55	9,9

Однако классическая модель описания энергий процесса образования частичных дислокационных петель имеет ряд недостатков, в частности, в ней не учитывается, что при этом процессе образование вакансионной петли Франка происходит путем формирования частичных дислокаций Шокли, что является наиболее энергетически выгодным. В этом случае формула (4) приобретает вид:

$$E_{l,perfect} = E_{SF} + E_{l,Frank+} 2E_{Shockley}, \quad (9)$$

где

$$E_{Shockley} = 2\pi r \frac{\mu b_{Shockley}^2}{4\pi}\left[\cos(\beta)^2 - \frac{\sin(\beta)^2}{1-\upsilon}\right]\ln\left(\frac{\alpha r}{b_{Shockley}}\right), \quad (10)$$

где β – угол между вектором Бюргерса и дислокационной линией сегмента Шокли, в нашем случае – β = π/6, $b_{Shockley} = \frac{a}{\sqrt{6}}$.

Стоит обратить внимание, что частичные дислокации Шокли считаются как прямые отрезки, а не как петли, хотя общая линия двух дислокаций образует петлю. Для проверки данной модели был вычислен крити-

ческий радиус, и полученные результаты сравнивались с данными, полученными с помощью классической модели.

Из уравнения (9) можно получить выражение для γ процесса образования внешней петли:

$$\gamma = \frac{\mu a^2}{4800\pi r_{crit}(1-\upsilon)}\left[400\upsilon \ln\left(\frac{\alpha r_{crit}}{a}\right) + 32 + 343\upsilon\right]. \quad (11)$$

Численные результаты приводятся в таблице.

Заключение

В работе были проведены электронно-микроскопические исследования монокристаллов кремния и германия. Было определено значение энергии дефекта упаковки: $5\cdot10^{-2}$ и $9\cdot10^{-2}$ Дж/м^2 для кремния и германия соответственно. Подтверждена зависимость плотности дефектов от ЭДУ: в кремнии, где ЭДУ несколько ниже, чем в германии, наблюдалось существенно более высокая плотность дефектов. Также, используя модель описания энергий процесса образования частичных дислокационных петель, были вычислены критические радиусы дислокационных петель данных материалов. В классическом случае (учитывая только энергию петель Франка) и с учетом энергии, вносимой частичными дислокациями Шокли. Установлено, что во втором случае полученные критические радиусы дислокационных петель достаточно точны, что подтверждается сравнением результатов с данными ряда работ [3, 5]. А также подтверждено предположение о влияние ЭДУ на $r_{crit,}$ согласно данным таблицы.

Экспериментальная работа была проведена при поддержке гранта ФЦП РФ НК-550Р_2.

Список литературы

1. Амелинкс С. Методы прямого наблюдения дислокаций: уч. изд. – М.: Изд-во «Мир», 1968. – 440 с.

2. Логинов Ю.Ю., Браун П.Д., Дьюроуз Кен. Закономерности образования структурных дефектов в полупроводниках A2B6: науч. изд. – М.: Логос, 2003. – 304 с.

3. Мозжерин А.В. Изучение энергии дефекта упаковки в кремнии методом электронной микроскопии // Естественные и технические науки. – 2011. – № 3. – С. 50–53.

4. Мозжерин А.В., Логинов Ю.Ю. Электронно-микроскопические исследования процессов дефектообразования в основных полупроводниковых материалах: сб. науч. тр. / Юбилейная X Всерос. Школа-семинар по пробл. физики конденсир. состоян в-ва, Екатеринбург, 9–15 ноября 2009 г.: ИФМ УрО РАН. – 2009. – С. 249–250.

5. Glas Frank. A simple calculation of energy changes upon stacking fault formation or local crystalline phase transition in semiconductors // Journal of Applied Physics. – 2008. – Vol. 104, 093520. –P. 1–6.

6. Herrera M., González D., Lozano J.G., García R., Hopkinson M., Liu H.Y., Gutierrez M., Navaretti P. Unfaulting of dislocation loops in the GaInNAs alloy: An estimation of the stacking fault energy // Applied Physics Letters. – 2005. – Vol. 98, 023521. – P. 1–7.

References

1. Amelinks, S. Methods of direct observation of dislocations: text ed. Moscow: Publishing House of Peace, 1968. pp. 440.

2. Loginov Y., Brown Paul D., Dyurouz Ken. Regularities of formation of structural defects in semiconductors A2B6: Moscow: Logos, 2003. pp. 304.

3. Mozzherin, Study of stacking fault energy in silicon by electron microscopy // Natural and Technical Sciences. 2011. no. 3. pp. 50–53.

4. Mozzherin A., Loginov Y. Electron microscope studies of defects in the basic processes of semiconductor materials / X Anniversary All-Russia. Workshop on probl. physics of condensed. status substance, Ekaterinburg, November 9–15, 2009: Institute of Metal Physics, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 2009. pp. 249–250.

5. Glas Frank. A simple calculation of energy changes upon stacking fault formation or local crystalline phase transition in semiconductors // Journal of Applied Physics. 2008. Vol. 104, 093520. pp. 1–6.

6.Herrera M., González D., Lozano J.G., García R., Hopkinson M., Liu H.Y., Gutierrez M., Navaretti P. Unfaulting of dislocation loops in the GaInNAs alloy: An estimation of the stacking fault energy // Applied Physics Letters. 2005. Vol. 98, 023521. pp. 1–7.

Рецензенты:

Логинов Ю.Ю., д.ф.-м.н., профессор, Сибирский государственный аэрокосмический университет им. ак. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск;

Попов А.М., д.ф.-м.н., профессор, Сибирский государственный аэрокосмический университет им. ак. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 538.945

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В СИСТЕМЕ СИЛЬНО КОРРЕЛИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ $PuRhGa_5$

Повзнер А.А., Волков А.Г., Кабирова Л.Р., Ласкина А.Е., Суслина Н.Н., Черепанова А.Н.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail:a.a.povzner@ustu.ru

В рамках обобщенной модели Хаббарда, описывающей систему сильно коррелированных d- и f-электронов, рассматривается спин-флуктуационный механизм возникновения сверхпроводящего состояния интерметаллического соединения $PuRhGa_5$. Для анализа неустойчивости к возникновению сверхпроводящего состояния выполнены самосогласованные расчеты плотности электронных состояний и магнитной восприимчивости нормальной фазы $PuRhGa_5$. Установлено, что химический потенциал располагается в непосредственной близости от локального максимума плотности состояний f-электронов. Показано, что возникновение не нулевого значения сверхпроводящего параметра порядка имеет в системе f-электронов и связано с наличием особенности (отрицательной кривизны) на зависимости их плотности состояний вблизи положения химического потенциала. Полученная температурная зависимость магнитной восприимчивости и найденное значение температуры перехода в сверхпроводящее состояние согласуются с экспериментальными данными.

Ключевые слова: флуктуации спиновой плотности, сверхпроводимость, парамагнонное спаривание

SUPERCONDUCTIVITY IN STRONGLY CORRELATED ELECTRON SYSTEM $PuRhGa_5$

Povzner A.A., Volkov A.G., Kabirova L.R., Laskina A.E., Suslina N.N., Cherepanova A.N.

Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: a.a.povzner@ustu.ru

Spin-fluctuation mechanism of superconductivity $PuRhGa_5$ is considered in terms of the generalized Hubbard model for a system of strongly correlated d- and f-electrons. For the analysis of the instability to the superconducting state are made self-consistent calculations of electronic density of states and the magnetic susceptibility of the normal phase $PuRhGa_5$. Found that the chemical potential is located in the immediate vicinity of the local maximum density of states of f-electrons. Is shown that the non-zero values of the superconducting order parameter has be for f-electrons and is associated with the presence of features (negative curvature) their density of states. The temperature dependence of the magnetic susceptibility and the value found for the transition temperature to the superconducting state agreement with the experimental data

Keywords: fluctuations of the spin density, superconductor, paramagnon coupling

Природа магнитных и электронных свойств актинидов является одной из нерешенных проблем физики сильно коррелированных электронных систем [4]. Важную группу этих веществ образуют почти магнитные металлы, сплавы и соединения (например, на основе плутония и америция). Особенностью почти магнитных металлических систем на основе 5f-металлов является проявляющаяся при изменении электронной концентрации неустойчивость не только к формированию магнитного упорядочения, но и сверхпроводимости. Яркие проявления этих неустойчивостей демонстрируют, наряду с самими 5f-металлами, сплавы и соединения на их основе [7, 3].

Цель работы – исследование спин-флуктуационного механизма спаривания сильно коррелированных электронов в рамках двузонной модели Хаббарда, в которой наряду с зонным движением f- и d-электронов учитываются внутриатомные кулоновские и межузельные обменные взаимодействия и анализ полученных выражений на примере $PuRhGa_5$.

Материал и методы исследований

Сверхпроводимость соединения $PuRhGa_5$ возникает при температуре 8,9 K [3], а его нормальная фаза характеризуется парамагнитной восприимчивостью, описываемой законом Кюри–Вейсса. Механизм образования куперовских пар в этом соединении не установлен. При этом, согласно [6], фононный механизм синглетного спаривания электронов (теория БКШ) в изоструктурном $PuCoGa_5$ не дает согласия с экспериментальными данными о температуре T_C.

Существующие подходы к описанию электронной структуры в рамках первопринципных расчетов дают оценочные значения параметров внутриатомного взаимодействия f-электронов, соответствующих режиму сильных хаббардовских корреляций ($U/zt \sim 1$, U – параметр внутриатомного хаббардовского взаимодействия, t – интеграл перескока, z – число ближайших соседей), что соответствует области кроссовера локализованной и коллективизированной моделей [4, 8]. Кроме того, электронная подсистема рассматриваемого соединения включает в себя две группы взаимодействующих между собой сильно коррелированных f- и d-электронов и не описывается в рамках первопринципных подходов, основанных на использовании однозонной модели Хаббарда. Поэтому целесообразно провести ее исследование в рамках обобщенной многозонной модели Хаббарда, в кото-

рой наряду с зонным движением d- и f-электронов учитывается их внутриатомное кулоновское и обменное взаимодействия:

$$H = H_0^{(s)} + H_{ff} + H_{dd} + H_{fd}, \qquad (1)$$

где $H_0^{(l)} = \sum_{l,\mathbf{k},\sigma} \varepsilon_{l,\mathbf{k}} a^+_{l,\mathbf{k},\sigma} a_{l,\mathbf{k},\sigma}$ – гамильтониан невзаимодействующих s(p)-, d- или f-электронов ($l = s(p), d, f$); $\varepsilon_{l,\mathbf{k}}$ – одноэлектронные зонные энергии; $a^+_{l,\mathbf{k},\sigma}(a_{l,\mathbf{k},\sigma})$ – оператор рождения (уничтожения) электронов ($l = s(p), d, f$) с квазиимпульсом $\mathbf{k}$ и спиновым квантовым числом $\sigma = \pm 1$; $H_{fd} = 2\sum_{\mathbf{q}} J^{(fd)}_{\mathbf{q}} \mathbf{S}_{\mathbf{q},f} \mathbf{S}_{-\mathbf{q},d}$ – гамильтониан межузельного обменного взаимодействия f- и d-электронов; $J^{(fd)}_{\mathbf{q}}$ – Фурье-образ параметра межузельного fd-обменного взаимодействия $J^{(fd)}_{\nu\mu}$; H_{ff} и H_{dd} – гамильтонианы систем f- и d-электронов, имеющие одинаковую структуру, включающие в себя гамильтонианы невзаимодействующих электронов – $H_0^{(l)}$ ($l = f$ или d) и гамильтониан внутриатомного хаббардовского отталкивания на узле, который может быть записан через Фурье-образы операторов зарядовой и спиновой плотности (см., например, [5]):

$$H_U^{(l)} = U_l \sum_{\mathbf{q}} \left| S^{(z)}_{\mathbf{q},l} \right|^2 - U_l \sum_{\mathbf{q}} \left| N_{\mathbf{q},l}/2 \right|^2, \qquad (2)$$

где U_l – параметр внутриатомного кулоновского отталкивания электронов ($l = d, f$); $N_{\mathbf{q},l} = \sum_{\sigma} N_{\mathbf{q},l,\sigma}$; $N_{\mathbf{q},l,\sigma} = \sum_{\mathbf{k}} a^+_{l,\mathbf{k},\sigma} a_{l,\mathbf{k}+\mathbf{q},\sigma}$ – Фурье-образ оператора плотности числа электронов на узле со спином σ; $\mathbf{q}$ – квазиимпульс; $\mathbf{S}_{\mathbf{q},l}$ – Фурье-образ оператора вектора спиновой плотности электронов; $S^{(z)}_{\mathbf{q},l} \left(= \sum_{\sigma} N_{\mathbf{q},l,\sigma}/2\right)$ – его z-проекция.

Для анализа условий возникновения сверхпроводящей фазы за счет синглетного спаривания l-электронов рассмотрим нормальную и аномальную функции Грина:

$$G^{(l)}_{k,\sigma} = Sp\left\{T_\tau a^+_{l,\mathbf{k},\sigma} a_{l,\mathbf{k},\sigma} \sigma(\beta)\right\} \Big/ Sp\left\{T_\tau \sigma(\beta)\right\}$$

и

$$F^{(\uparrow\downarrow)}_{k,l} = Sp\left\{T_\tau a^+_{l,\mathbf{k},\uparrow} a^+_{l,-\mathbf{k},\downarrow} \sigma(\beta)\right\} \Big/ Sp\left\{T_\tau \sigma(\beta)\right\}, \qquad (3)$$

где $\sigma(\beta) = T_\tau \exp\left\{\int_0^\beta H(\tau) d\tau\right\}$ – матрица рассеяния, определяющая статистическую сумму $\left(Z = Sp(\sigma(\beta))\right)$, рассматриваемой сильно коррелированной электронной системы; $H(\tau)$ – гамильтониан (1) в мацубаровском представлении взаимодействия; T_τ – оператор упорядочения по мацубаровскому времени τ.

Вычисления функций (3) были выполнены в рамках интерполяционной спин-флуктуационной теории, основанной на использовании преобразования Стратоновича–Хаббарда, сводящего рассматриваемую квантово-статистическую задачу многих тел к изучению движения свободных электронов во флуктуирующих в пространстве и во времени внутренних стохастических обменных ($\xi_{l,\nu}$) и зарядовых ($\eta_{l,\nu}$) полях [1, 2]. В первом приближении по аномальному среднему и в приближении однородных локальных полей [1] система уравнений Элиашберга может быть сведена к одному уравнению:

$$\left\{\frac{1}{T}\xi^2_{l,\perp}\left[\frac{\left(\sum_{\alpha=\pm1} \alpha g_0^{(l)}\left(\mu - U_l n_l/2 + \alpha\xi_l\right)\right)^2}{\sum_{\alpha=\pm1} g_0^{(l)}\left(\mu - U_l n_l/2 + \alpha\xi_l\right)} - 2\left(\chi^{(l)}_\perp(\xi_l) - \chi^{(l)}_\parallel(\xi_l)\right)\right] - 1\right\}\Delta_l^2 = 0 \qquad (4)$$

где $\Delta_l^2 = T\xi^2_{l,\perp}\sum_k F^{(\uparrow\downarrow)}_{k,l}$ отвечает сверхпроводящей щели и выражается через аномальное среднее.

Результаты исследования и их обсуждение

Переходя к численному анализу парамагнонного спаривания в $PuRhGa_5$, воспользуемся для расчета одноэлектронной плотности состояний методом LDA + U + SO (в базисе FP-LAPW). Однако, поскольку основное состояние данного соединения является сверхпроводящим, расчеты энергетических спектров могут быть выполнены лишь в области температур, соответствующих нормальной фазе ($T > T_C$). Поэтому целесообразно использовать ранее развитый нами метод самосогласованного расчета плотности электронных состояний [2], объединяющий первопринципный расчет электронной структуры с модельным численным расчетом амплитуды FSD и магнитной восприимчивости. Выражение для восприимчивости получается путем добавления к (1) слагаемого, описывающего зеемановский сдвиг, и последующего дифференцирования по магнитному полю статистической суммы Z $\left(= Sp\left(\sigma(\beta)\right)\right)$, вычисленной методом перевала (см., например, [5]):

$$\chi = \sum_{l=f,d} \chi^{(l)} + \chi^{(sp)} + Q_0^{(fd)} \chi^{(f)} \chi^{(d)} + \sum_{l=f,d} \chi^{(l)}_{\text{orb}}, \qquad (5)$$

где

$$\chi^{(sp)} = 2g_0^{(sp)}(\mu) \text{ и } \chi^{(l)} = 2U_l^{-1}\left(1 - D_{0,l}^{-1}\right)D_{0,l}$$

– парамагнитные восприимчивости $s(p)$- и d,f-электронов; $g_0^{(l)}(\varepsilon)$ – одноэлектронная плотность состояний электронов l-й зоны; μ – химический потенциал;

$$D_{0,l}^{-1} = 1 - U_l \chi_\perp(\mu, \xi_l) + \kappa_l\left(\xi_l^z\right)^2$$

– фактор обменного усиления парамагнитной восприимчивости d- или f-электронов; ξ_l – среднеквадратическая амплитуда флуктуаций стохастических полей;

$$\kappa_l = \frac{U_l}{\xi_l^2}\left(\chi^{(l)}_\perp(\xi_l) - \chi^{(l)}_\parallel(\xi_l)\right)$$

– коэффициенты спиновой жесткости в системе l-электронов; $\chi^{(l)}_\perp(\xi_l)$ и $\chi^{(l)}_\parallel(\xi_l)$ – по-

перечная и продольная компоненты паулиевской восприимчивости f-, d-электронов с учетом спин-флуктуационной перенормировки их спектров:

$$\chi_{\perp}^{(l)}(\xi_l) = (1/2\xi_l)\sum_{\alpha=\pm 1}\alpha\int g_0^{(l)}(\varepsilon) f(\varepsilon-\mu+U_l n_l/2-\alpha\xi_l)d\varepsilon;$$

$$\chi_{\parallel}^{(l)}(\xi_l) = 2\prod_{\alpha=\pm 1} g_0^{(l)}(\mu-U_l n_l/2+\alpha\xi_l)\Big/\sum_{\alpha} g_0^{(l)}(\mu-U_l n_l/2+\alpha\xi_l),$$

где $\chi_{\text{orb}}^{(l)} = \sum_{\alpha,\alpha'(=\pm 1)} \frac{n_l\left[N_l-n_l\right]}{\left[N_l\left(\delta_l+\xi_l(\alpha-\alpha')\right)\right]}$ – орбитальная восприимчивость d- или f-электронов [2]; N_l – величина орбитального вырождения состояний l-й зоны ($l = f$, d); n_l – занятые состояния; δ_l – среднее энергетическое расстояние между энергиями мультиплетов l-й зоны; $Q_0^{(fd)}\chi^{(f)}\chi^{(d)}$ – вклад f-d-обмена в магнитную восприимчивость.

В свою очередь, в приближении эффективной массы температурная зависимость модуля обменного стохастического поля на узле описывается уравнением [1]:

$$\xi_l^2 = B^{(l)}\left(D_{0,l}T\right)^2\left\{1+4\left(\frac{J_0^{(fd)2}D_{0,l}}{U_f U_d}\right)\left(D_{0,l'}^{-1}-\left(\frac{B^{(l')}}{B^{(l)}}\right)D_{0,l}^{-1}\right)^{-1}\times\right.$$

$$\left.\times\left(2+\left(\frac{B^{(l')}}{B^{(l)}}\right)D_{0,l'}^{-3}\left(D_{0,l'}{}^{-2}-\left(\frac{B^{(l')}}{B^{(l)}}\right)D_{0,l}{}^{-2}\right)-\left(\frac{B^{(l')}}{B^{(l)}}\right)D_{0,l}^{-1}\right)\right\},$$

где $B^{(l)}$ – коэффициент разложения паулиевской восприимчивости по частоте, а $l \neq l'$.

Результаты расчетов плотности электронных состояний и магнитной восприимчивости представлены на рис. 1, 2.

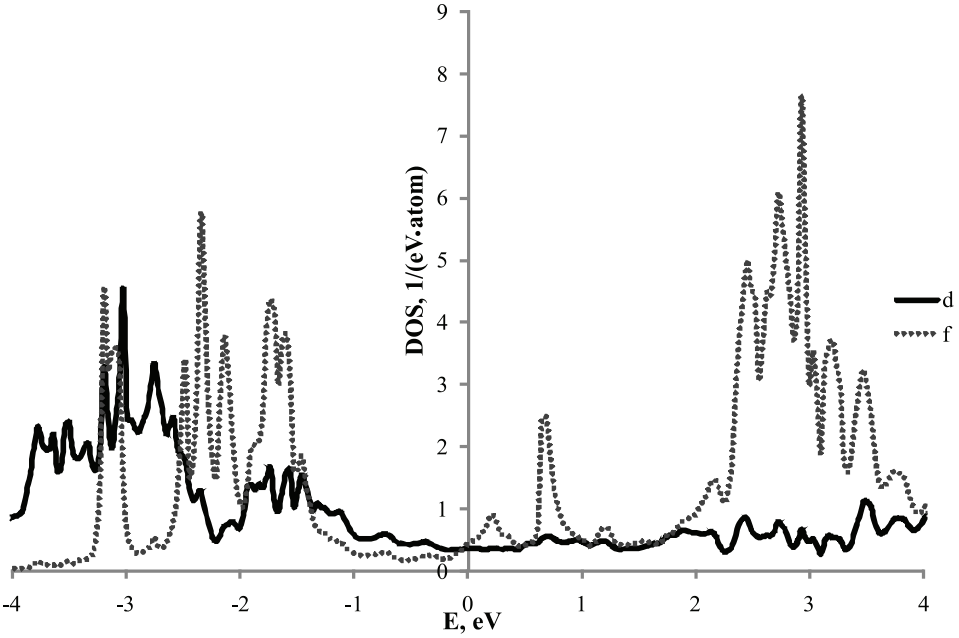


Рис. 1. Плотность состояний d- и f-электронов $PuRhGa_5$

Сопоставление результатов расчетов с экспериментальными данными [3] проведено для значений параметров внутриатомного межэлектронного взаимодействия: U_f = 2,1 эВ, U_d = 1,5 эВ хундовского обменного взаимодействия J_H = 0,85 эВ и межузельного fd-обменного взаимодействия $J^{(fd)} = 0{,}25U_f$ эВ. Среднее расстояние между мультиплетными энергиями δ_l = 2,5 эВ, что соответствует половине энергетического расстояния между центрами зон, отвечающих f- и d-мультиплетам. Кроме этого, при

расчете восприимчивости использовались параметры мнимой части функции Линхарда f- и d-электронов: $B^{(f)} = 0{,}55$ и

$$B^{(d)} = B^{(f)}\left(U^{(d)}g_0^{(d)}(\varepsilon_F)\Big/U^{(f)}g_0^{(f)}(\varepsilon_F)\right).$$

Как следует из анализа полученных зависимостей, орбитальный вклад в магнитную восприимчивость в основном обусловлен f-электронами. Оставаясь по величине практически неизменным (рис. 2), он возрастает по относительной величине от 10^{-2} до 20%.

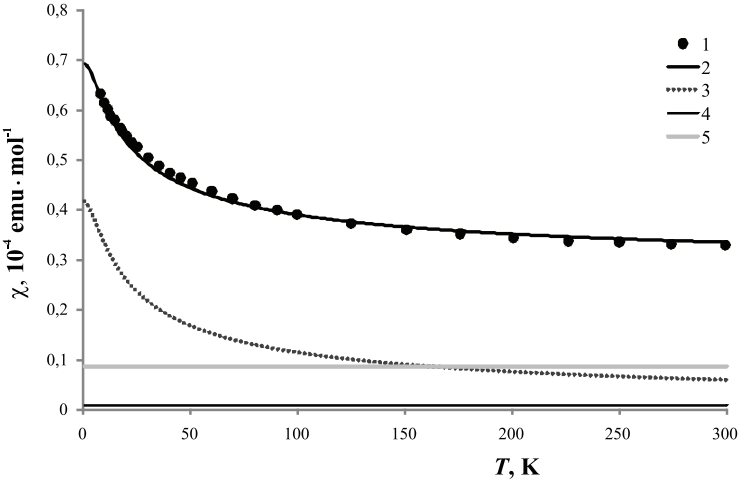


Рис. 2. Температурная зависимость магнитной восприимчивости $PuRhGa_5$: 1 – экспериментальные данные [3]; 2 – полная магнитная восприимчивость, рассчитанная по формуле (3); 3 и 4 – вклады f- и d-электронов соответственно; 5 – орбитальный вклад

Обращает на себя внимание паули-подобное изменение магнитной восприимчивости d-электронов (см. рис. 2). Такое поведение $\chi^{(d)}(T)$ обусловлено слабой зависимостью плотности состояний d-электронов от энергии вблизи положения химического потенциала (см. рис. 1). Последнее ведет к тому, что имеющие место перенормировки спектра этой группы электронов оказываются не существенными, а константа спиновой жесткости мала и положительна. Относительный вклад d-электронов в $\chi(T)$ возрастает с температурой от ≈10 до 45%.

Основной вклад в зависимость $\chi(T)$ вносят f-электроны, относительная величина которого изменяется от 90 до 40% при изменении температуры от 0 К до 300 К. Восприимчивость этой группы электронов описывается обобщенным законом Кюри–Вейсса (см. рис. 2). Из-за наличия в непосредственной близости от положения химического потенциала локального максимума на зависимости $g_0^{(f)}(\varepsilon)$ спин-флуктуационные перенормировки спектра f-электронов оказываются значительными, вследствие чего флуктуации спиновой плотности близки к насыщению (см., например, [1, 2]). Однако вследствие перераспределения электронов между f-, d- и sp-состояниями и обусловленного межзонным обменным взаимодействием взаимного «подмагничивания» f- и d-подсистем эффект насыщения амплитуды FSD в системе f-электронов не достигается. Поэтому константа спиновой жесткости отрицательна и резко изменяется с температурой.

Анализ уравнения (6) с использованием найденных значений U_f, ε_F и плотность электронных состояний показывает неустойчивость к формированию сверхпроводимости в системе f-электронов. При этом в силу положительности константы спиновой жесткости для d-электронов спин-флуктуационный механизм сверхпроводимости в этой подсистеме не реализуется. Оценка температуры сверхпроводящего перехода, выполненная на основе установленной электронной структуры $PuRhGa_5$, дает величину $T_C = 10$ К (экспериментальное значение 8,9 К [3]) при $J_0^{(fd)} = 0{,}25$ эВ. При этом следует отметить, что уменьшение значения $J_0^{(fd)}$ ведет к резкому падению величины T_C.

Заключение

Таким образом, спиновые флуктуации могут являться причиной возникновения сверхпроводимости $PuRhGa_5$. Усилению неустойчивости к возникновению сверхпроводимости способствует межзонное взаимодействие. При этом из полученных формул следует сильная зависимость температуры T_C от концентрации электронов, что указывает на важность экспериментальных исследований допированных систем,

обеспечивающих возможность контролируемого изменения концентраций d- или f-электронов.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (соглашение № 14.A18.21.0737).

Список литературы

1. Волков А.Г., Повзнер А.А., Крюк В.В., Баянкин П.В. Спиновые флуктуации и особенности электронных переходов полупроводник-металл в почти ферромагнитных соединениях переходных металлов // ФТТ. – 1999. – Т. 41, Вып. 10. – С. 1792–1796.

2. Повзнер А.А., Волков А.Г., Филанович А.Н. Электронная структура и магнитная восприимчивость почти магнитных металлов (на примере палладия и платины) // ФТТ. –2010. – Т. 52, Вып. 10. – С. 1879–1884.

3. Boulet P., Colineau E., Wastin F., Rebizant J., Javorsky P., Lander G.H., Thompson J.D. Tuning of the electronic properties in PuCoGa5 by actinide (U, Np) and transition-metal (Fe, Rh, Ni) substitutions // Phys. Rev. B. – 2005. – Vol. 72. – 104508.

4. Moore K.T., van der Laan G. Nature of the 5f states in actinide metals // Rev. Mod. Phys . – 2009. –Vol. 81, № 1. – P. 235–298.

5. Moriya T. Spin Fluctuations in Itinerant Electron Magnetism. Springer, Berlin (1985).

6. Piekarz P., Parlinski K., Jochym P.T., Oleś A.M., Sanchez J.-P., Rebizantn J. First-principles study of phonon modes in PuCoGa5 superconductor// Phys. Rev. B. – 2005. – Vol. 72. – 014521.

7. Sarrao J.L., Morales L.A., Thompson J.D., Scott B.L., Stewart G.R., Wastin F., Rebizant J., Boulet P., Colineau E., Lander G.H. Plutonium-based superconductivity with a transition temperature above 18K // Nature. – 2002. – Vol. 420, № 21. – P. 297–299.

8. Shim J.H., Haule K., Kotliar G. Fluctuating valence in a correlated solid and the anomalous properties of d-plutonium // Nature . – 2007. – Vol. 446, № 29 . – P. 513–516.

Reference

1. Volkov A.G., Povzner A.A., Kryuk V.V., Bayankin P.V. Spin fluctuations and peculiarities of semiconductor-metal electronic transitions in almost ferromagnetic compounds of transition metals// Physics of the Solid State. 1999. Vol. 41, no. 10. pp. 1644–1648.

2. Povzner A.A., Volkov A.G., Filanovich A.N. Electronic structure and magnetic susceptibility of nearly magnetic metals (palladium and platinum)//Physics of the Solid State. – 2010. – Vol.52 , no.10. pp. 2012–2018.

3. Boulet P., Colineau E., Wastin F., Rebizant J., Javorsky P., Lander G.H., Thompson J.D. Tuning of the electronic properties in PuCoGa5 by actinide (U, Np) and transition-metal (Fe, Rh, Ni) substitutions // Phys. Rev. B . 2005. Vol. 72. 104508.

4. Moore K.T., van der Laan G. Nature of the 5f states in actinide metals // Rev. Mod. Phys. 2009. Vol. 81, no.1. pp. 235–298.

5. Moriya T. Spin Fluctuations in Itinerant Electron Magnetism. Springer, Berlin (1985).

6. Piekarz P., Parlinski K., Jochym P.T., Oleś A.M., Sanchez J.P., Rebizantn J. First-principles study of phonon modes in PuCoGa5 superconductor // Phys. Rev. B. 2005. Vol. 72. 014521.

7. Sarrao J.L., Morales L.A., Thompson J.D., Scott B.L., Stewart G.R., Wastin F., Rebizant J., Boulet P., Colineau E., Lander G.H. Plutonium-based superconductivity with a transition temperature above 18K // Nature. 2002. Vol.420, no. 21. pp. 297–299.

8. Shim J.H., Haule K., Kotliar G. Fluctuating valence in a correlated solid and the anomalous properties of d-plutonium // Nature. 2007. Vol. 446, no. 29. pp. 513–516.

Рецензенты:

Коршунов И.Г., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург;

Попель П.С., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 551.466

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УЕДИНЕННЫХ ВОЛН БОЛЬШОЙ АМПЛИТУДЫ В МЕЛКОВОДНОМ БАССЕЙНЕ

[1,2]Родин А.А., [1,2]Диденкулова И.И., [1,3]Пелиновский Е.Н.

[1]Нижегородский государственный технический университет, Нижний Новгород;
[2]Институт кибернетики, Таллинский технологический университет, Таллин;
[3]Национальный исследовательский университет – Высшая школа экономики, Нижний Новгород, e-mail: pelinovsky@gmail.com

В данной статье проведено исследование процесса взаимодействия и трансформации двух уединенных волн (импульсов) различной амплитуды на поверхности жидкости конечной глубины в приближении мелкой воды. Такое взаимодействие, в частности, между падающей и отраженной волнами часто наблюдается в прибрежной зоне моря при подходе волн к крутому береговому склону. Рассмотрено взаимодействие как римановых, так и ударных волн положительной полярности и обсуждены основные особенности взаимодействия волн разных типов. Основные результаты получены в рамках гиперболической системы, описывающей уравнения нелинейной теории мелкой воды. Рассчитаны максимумы смещения водной поверхности в момент взаимодействия ударных волн. При малых амплитудах рассчитанные величины хорошо описываются результатами аналитической теории для взаимодействующих римановых волн. В случае обрушения из-за диссипации энергии на фронте ударных волн толщина потока становится меньшей, чем предсказывается теорией для римановых волн и полностью развитого бора.

Ключевые слова: уединенные волны большой амплитуды, взаимодействие волн, численное моделирование, нелинейная теория мелкой воды

INTERACTION OF LARGE-AMPLITUDE SOLITARY WAVES IN SHALLOW-WATER BASIN

[1,2]Rodin A.A., [1,2]Didenkulova I.I., [1,3]Pelinovsky E.N.

[1]Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod;
[2]Institute of Cybernetics, Tallinn University of Technoligy, Tallinn;
[3]National Research University – Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, e-mail: pelinovsky@gmail.com

Interaction of large-amplitude solitary waves in shallow-water basin. A.A. Rodin, I.I. Didenkulova, E.N. Pelinovsky. In this paper the process of transformation and interaction of two solitary waves (impulses) in the fluid of finite depth is studied in the framework of nonlinear shallow water theory. Such interaction between incident and reflected waves is often observed in the coastal region, if the wave approaches the steep coast. Interaction of Riemann and shock waves of positive polarities is considered and percularities of wave interaction for different waves are discussed. The main results are obtained within the hyperbolic system describing nonlinear shallow water equations. Maxima of water surface elevations at the moment of wave interactions are calculated. For small-amplitude waves, they are also well-described analytically by the theory of Riemann wave interaction. In the case of the wave breaking, due to the energy dissipation at the front of the shock wave, the flow depth becomes smaller than it is predicted by the theory of the Riemann wave interaction and a fully-developed bore.

Keywords: large-amplitude solitary waves, wave interaction, numerical simulation, nonlinear shallow-water theory

Процесс нелинейной трансформации гравитационной поверхностной волны на мелкой воде рассматривается в работах многих авторов [1–3, 6–8, 10–11, 14]. Этот процесс, приводящий к опрокидыванию волны и последующему образованию ударной волны (бора), часто наблюдается в прибрежной зоне моря и при вхождении приливной волны в устье реки [4, 13]. Динамика самой обрушенной волны изучена меньше. Аналитические результаты известны для развитого бора, в котором скорости течения по обе стороны от скачка стремятся к константам [1, 8, 10]. Часто при подходе волн к крутому береговому склону имеет место взаимодействие падающей и отраженной волн, которое еще не рассматривалось в литературе. Именно эта проблема изучается в данной статье.

Математическая модель

Гиперболическая система уравнений нелинейной теории мелкой воды имеет вид [1, 8, 10]

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + g\frac{\partial H}{\partial x} = 0;$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left[Hu\right] = 0, \qquad (1)$$

где $H(x, t) = h + \eta(x, t)$ – полная глубина, отсчитываемая от дна; $\eta(x, t)$ – возмущение водной поверхности над невозмущенной глубиной бассейна h; u – усредненная по глубине горизонтальная скорость водного потока; g – ускорение силы тяжести. В данной работе система уравнений (1) решается численно с помощью программного па-

кета CLAWPACK (www.amath.washington.edu/~claw), использующего метод конечных объемов [12]. Глубина бассейна h постоянна и во всех расчетах выбрана равной 1 м. Граничные условия на границах расчетной области соответствуют свободному уходу волны через границу. Размер пространственного шага – 0,5 м, временного – 2 с. Начальные условия соответствуют двум римановым волнам, двигающимся навстречу друг другу:

$$H(x,t) = H_{+}(x,t) + H_{-}(x,t);$$

$$u(x,t) = u_{+}(x,t) + u_{-}(x,t), \qquad (2)$$

где $H_{\pm}(x,t) = H_{0\pm}\left[x \mp V(H_{\pm})t\right];$

$$u_{\pm} = \pm 2\left(\sqrt{gH_{\pm}} - \sqrt{gh}\right);$$

$$V = 3\sqrt{gH_{\pm}} - 2\sqrt{gh}. \qquad (3)$$

В начальный момент времени уединенные волны расположены симметрично относительно начала координат на расстоянии 2,6 км друг от друга. Форма уединенной волны выбрана гауссовой

$$H_{0\pm} = h + A_{\pm}\exp\left[-\frac{4(x \pm x_0)^2}{\lambda_{\pm}^2}\right]. \qquad (4)$$

Здесь $A_{\pm}$ – амплитуды импульсов; $\lambda_{\pm}$ – их характерные длины; x_0 характеризует расстояние от начала координат до каждого из импульсов. В расчетах характерные длины импульсов (λ) выбраны одинаковыми и равными 0,9 км. В численных расчетах контролировалось сохранение массы, и ошибка не превышала 10^{-6}%.

Взаимодействие двух импульсов

Рассмотрим теперь результаты расчетов с данными начальными условиями. Рис. 1 иллюстрирует процесс взаимодействия двух уединенных волн амплитудой 0,1 м. В этом случае параметр нелинейности, определяемый отношением амплитуды волны к глубине бассейна, достаточно мал (0,1), и столкновение волн произойдет до того, как начнут образовываться ударные фронты.

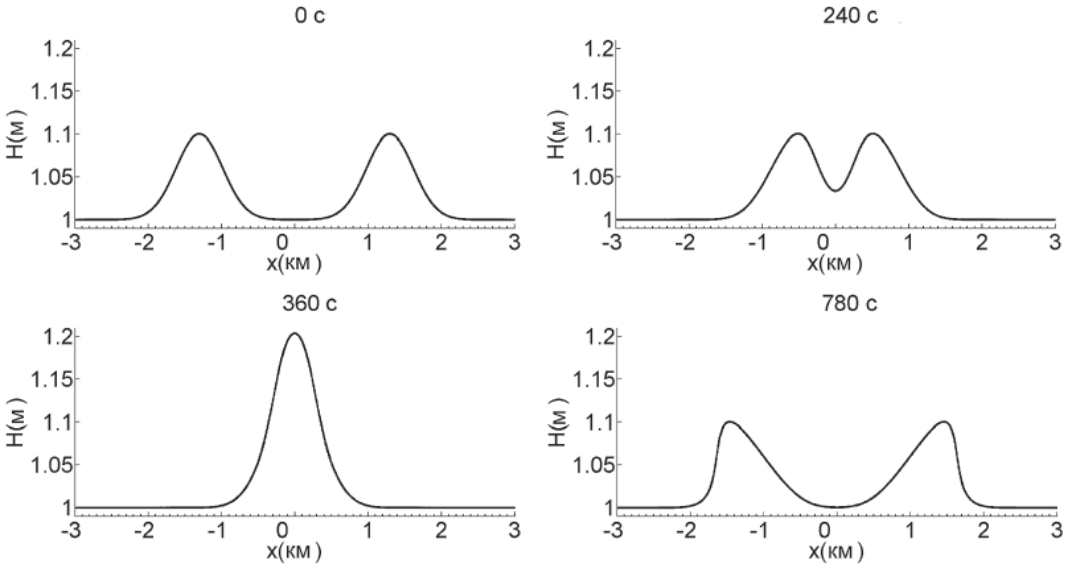


Рис. 1. Взаимодействие двух уединенных волн с амплитудой 0,1 м (слабонелинейный случай)

В численном эксперименте максимум амплитуды при взаимодействии волн составил 0,2 м, что хорошо согласуется с линейной теорией. Взаимодействие римановых волн одинаковой амплитуды исследовалось аналитически также в работе [5]

$$H_{\text{ст}} = 4\cdot\left[1 + \frac{A_{\text{нач}}}{h} - \sqrt{1 + \frac{A_{\text{нач}}}{h}}\right], \qquad (5)$$

где $A_{\text{нач}}$ – амплитуда волны непосредственно перед столкновением. В момент взаимодействия высота результирующей волны $H_{\text{ст}}$ оценивается в 0,2 м по формуле (5), что полностью соответствует результатам численного эксперимента. Зависимость максимального значения поля от времени демонстрирует рис. 2, из которого видно, что падение амплитуды, связанное с возникновением скачка, началось только с момента времени $T \sim 1600$ с. Этот факт еще раз подтверждает, что взаимодействие римановых волн происходило до образования ударных фронтов.

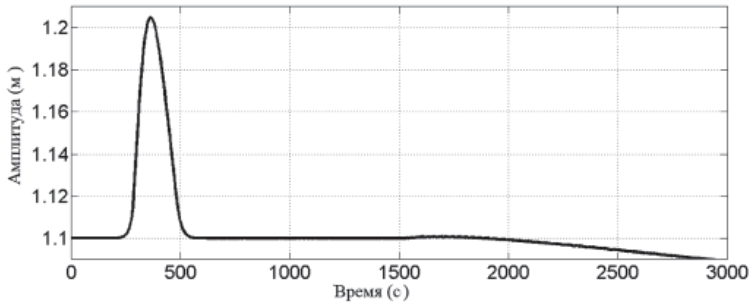


Рис. 2. Зависимость максимального значения толщины потока от времени (A_0 = 0,1 м)

Взаимодействие волн большей амплитуды (A = 0,4 м) показано на рис. 3. Здесь волны успевают столкнуться также до того, как образуются ударные фронты (6–7 мин). Максимум смещения в момент взаимодействия составляет 0,87 м, что совпадает с оценкой (5).

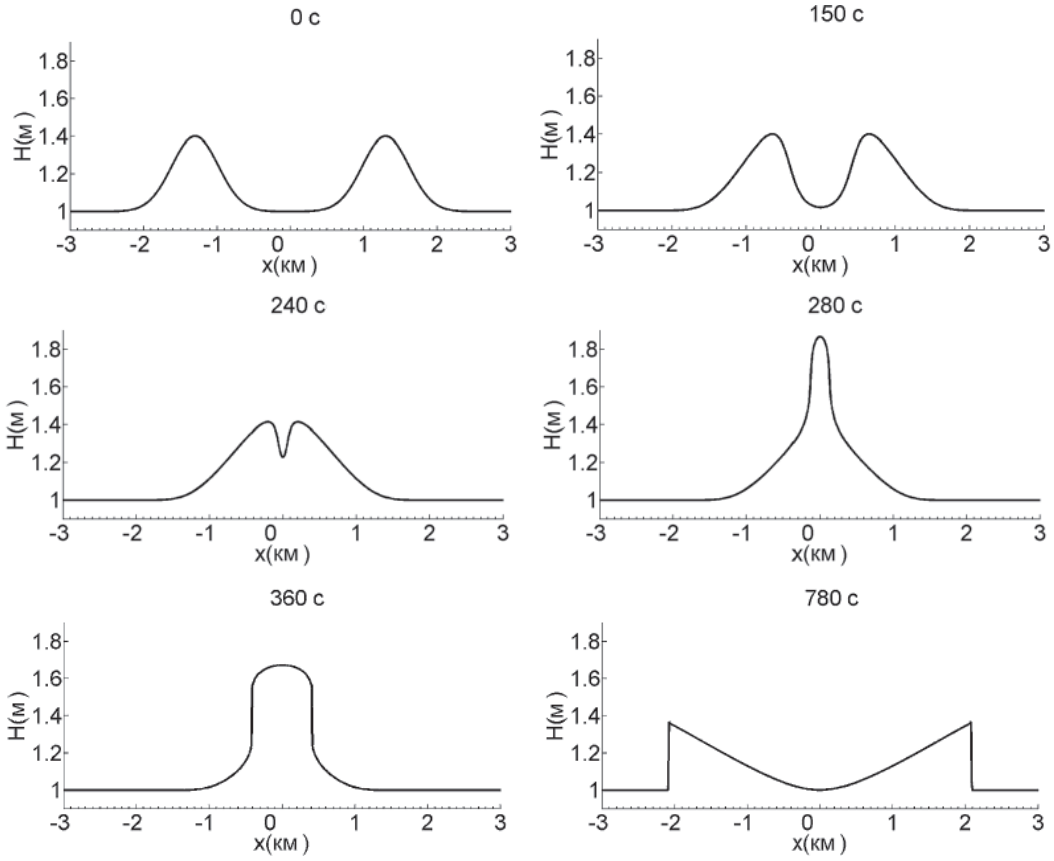


Рис. 3. Взаимодействие двух уединенных волн с амплитудой 0,4 м

Теперь рассмотрим случаи столкновения волн с ударными фронтами (рис. 4). Для этого увеличим амплитуду начальных импульсов до 0,9 м, а расстояние между ними – до 6,6 км. К моменту столкновения ударный фронт на каждой волне успевает сформироваться полностье, и высота волн начинает падать (рис. 5), так что амплитуды обеих волн непосредственно перед взаимодействием равны 0,7 м, то есть на 0,2 м меньше, чем начальные значения.

Для теоретической оценки высоты «пика» при столкновении ударных волн воспользуемся законами сохранения массы и момента [1, 8, 10]:

$$(c-u)(h+\xi_0)=ch;$$

$$u(c-u)(h+\xi_0)-\frac{g}{2}(h+\xi_0)^2=-\frac{gh^2}{2};$$

$$\overline{c}(h+\xi_r)=(\overline{c}-u)(h+\xi_0); \qquad (6)$$

$$-\frac{g}{2}(h+\xi_r)^2=-\frac{g}{2}(h+\xi_0)^2+u(\overline{c}-u)(h+\xi_0),$$

где c – скорость движения подходящего бора; u – скорость потока за фронтом

ударной волны; $\overline{c}$ – скорость бора после взаимодействия; ξ_0 – начальная высота возмущения, а ξ_r – искомая нами высота потока в момент взаимодействия. Эта система хорошо аппроксимирует случаи взаимодействия ударных волн относительно большой амплитуды ($\xi_0 \geq 3h$). В случае же бора малой амплитуды поток становится неустойчивым, и для его описания надо пользоваться теорией волнообразного бора [9]. Максимум толщины потока в момент взаимодействия составляет 2,6 м. Если вычесть невозмущенную глубину в 1 м, то получаем оценку высоты волны в момент столкновения 1,6 м. Высота необрушенной волны, вычисляемая по формуле (5) с такими начальными условиями будет равна также 1,6 м, а высота бесконечного бора по формуле (6) – 1,60 м. Линейная же теория предсказывает 1,4 м. Различие с предсказаниями нелинейной теории связано с «переходной» формой ударной волны, которая не может быть описана формой развитого бора. Так как ударный фронт был сформирован до взаимодействия импульсов, то и распределение максимума поля смещения будет иметь форму ассиметричного треугольника. Видно, что обрушение волны, а соответственно и спад амплитуды, начало происходить в момент времени 200 с, тогда как столкновение волн произошло только спустя 590 с.

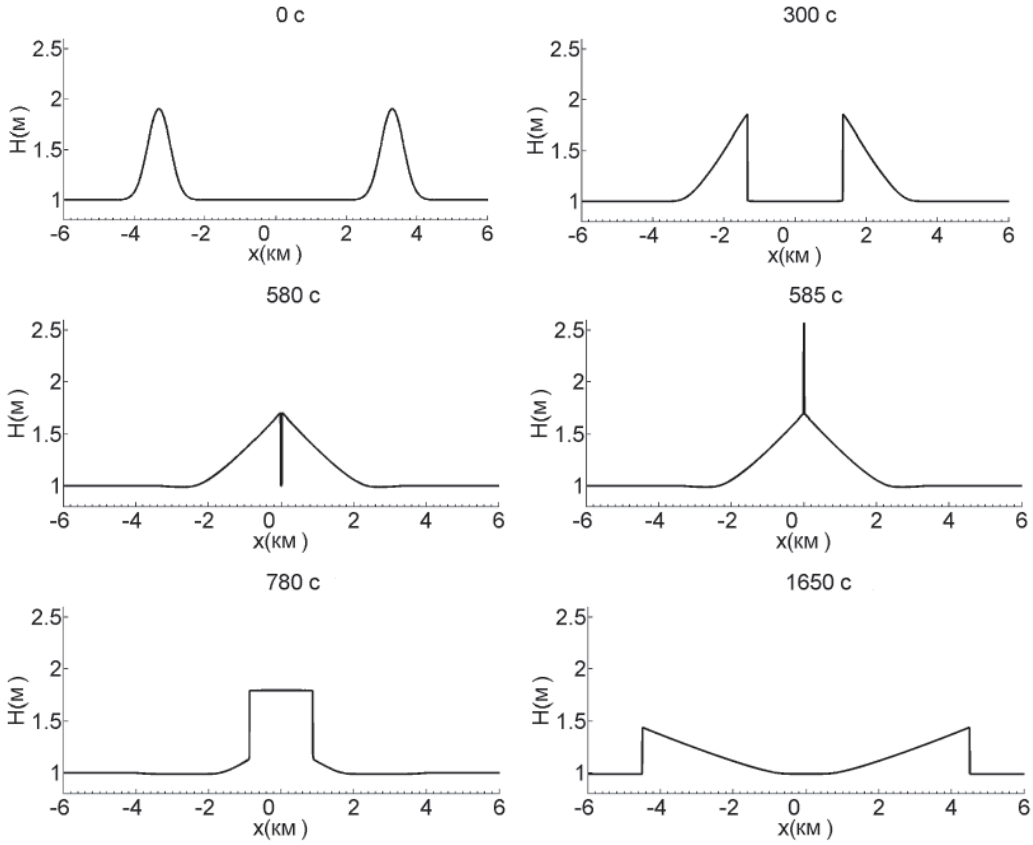


Рис. 4. Взаимодействие двух уединенных волн с начальной амплитудой 0,9 м

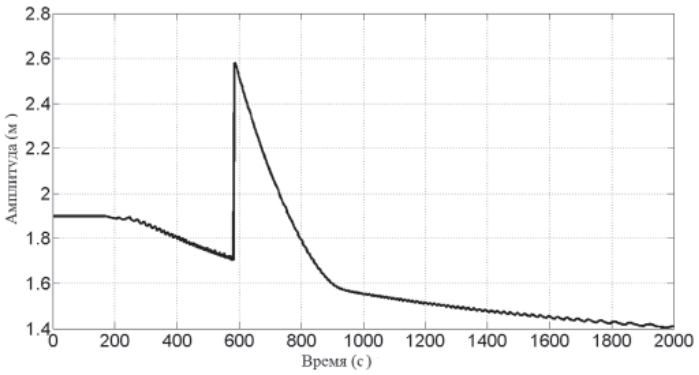


Рис. 5. Зависимость максимальной величины толщины водного потока от времени (A_0 = 0,9 м)

Заключение

В работе исследованы случаи взаимодействия уединенных поверхностных гравитационных волн положительной полярности на поверхности жидкости малой глубины. Рассчитаны максимумы смещения водной поверхности в момент взаимодействия ударных волн. При малых амплитудах рассчитанные величины хорошо описываются результатами аналитической теории для взаимодействующих римановых волн. В случае обрушения из-за диссипации энергии на фронте ударных волн толщина потока становится меньшей, чем предсказывается теорией для римановых волн и полностью развитого бора.

Представленные результаты научно-исследовательской работы получены в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, а также при поддержке грантов МК1440.2012.5, РФФИ 11-05-970006, SF0140007s11 и ETF8870.

Список литературы

1. Вольцингер Н.Е., Клеванный К.А., Пелиновский Е.Н. Длинноволновая динамика прибрежной зоны. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 272 с.

2. Крутизна и спектр нелинейно деформируемой волны на мелководье / И.И. Диденкулова, Н. Заибо, А.А. Куркин, Е.Н. Пелиновский // Изв. РАН Физика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 42, № 6. – С. 839–842.

3. Диденкулова И.И., Пелиновский Е.Н., Родин А.А. Формирование экстремальных волн на мелкой воде с учетом обрушения // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2012. – Т. 5, № 1. – С. 89–98.

4. Накамура С. О гидравлическом боре и применении результатов его изучения к проблеме возникновения и распространения цунами // Волны цунами: труды СахКНИИ). – Южно-Сахалинск, 1973. – № 32. – С. 129–151.

5. Пелиновский Е.Н. Гидродинамика волн цунами. – Нижний Новгород: ИПФ РАН, 1996. – 276 с.

6. Пелиновский Е.Н., Родин А.А. Нелинейная деформация волны большой амплитуды на мелководье // Доклады РАН. – 2011. – Т. 438, № 3. – С. 337–340.

7. Пелиновский Е.Н., Родин А.А. Трансформация сильно нелинейной волны в мелководном бассейне // Изв. РАН Физика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 48, №. 3. – С. 343–349.

8. Стокер Дж.Дж. Волны на воде. – М.: ИЛ, 1959. – 618 с.

9. Chanson H. Tidal Bores, Aegir, Eagre, Mascaret, Pororoca: Theory and Observations // World Scientific. – 2012. – 201 p.

10. Courant R., Friedrichs K.O. Supersonic Flow and Shock Waves, Interscience Publishers. – New York, 1999. – 464 p.

11. Didenkulova I., Pelinovsky E., Rodin A. Nonlinear interaction of large-amplitude unidirectional waves in shallow waters // Estonian Journal of Engineering. – 2011. – Vol. 17, №4. – P. 289–300.

12. LeVeque R.J. Finite-volume methods for hyperbolic problems // Cambridge Univ. Press. – 2004. – 559 p.

13. Tsuji Y., Yanuma T., Murata I., Fujiwara C. Tsunami ascending in rivers as an undular bore // Natural Hazards. – 1991. – Vol. 4. – P. 257–266.

14. Zahibo N., Didenkulova I., Kurkin A., Pelinovsky E. Steepness and spectrum of nonlinear deformed shallow water wave // Ocean Engineering. – 2008. – Vol. 35, № 1. – P. 47–52.

References

1. Voltsynger N.E., Klevannyy K.A., Pelinovskiy E.N., Dlinnovolnovaya dinamika pribrezhnoy zony. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 272 p.

2. Didenkulova I.I., Zahibo N., Kurkin A.A., Pelinovsky E.N. Steepness and spectrum of a nonlinearly deformed wave on shallow waters. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2006, Vol. 42, no. 6. pp. 773–776.

3. Didenkulova I.I., Pelinovskiy E.N., Rodin A.A. Formirovanie ekstremalnykh voln na melkoy vode s uchetom obrusheniya. Fundamentalnaya i prikladnaya gidrofizika. 2012, Vol. 5, no, 1, pp. 89–98.

4. Nakamura S. O gidravlicheskom bore i primenenii rezultatov ego izucheniya k probleme vozniknoveniya i rasprostraneniya tsunami. Volny tsunami (Trudy SakhKNII), Yuzhno-Sakhalinsk, 1973, no. 32. pp. 129–151.

5. Pelinovskiy E.N. Gidrodinamika voln tsunami. Nizhniy Novgorod: IPF RAN, 1996. 276 p.

6. Pelinovskiy E.N., Rodin A.A. Nonlinear deformation of a large-amplitude wave on shallow water. Doklady Physics, 2011, Vol. 56, no. 5, pp. 305–308.

7. Pelinovskiy E.N., Rodin A.A. Transformation of a strongly nonlinear wave in a shallow-water basin. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2012, Vol. 48, no. 3, pp. 383–390.

8. Stoker J.J. Water Waves The Mathematical Theory With Applications. New York: Interscience Publishers, 1957. 567 p.

9. Chanson H. Tidal Bores, Aegir, Eagre, Mascaret, Pororoca: Theory and Observations. World Scientific, 2012, 201 p.

10. Courant R., Friedrichs K.O. Supersonic Flow and Shock Waves, Interscience Publishers, New York, 1999. 464 p.

11. Didenkulova I., Pelinovsky E., Rodin A. Nonlinear interaction of large-amplitude unidirectional waves in shallow waters. *Estonian Journal of Engineering*, 2011, Vol. 17, no. 4, pp. 289–300.

12. LeVeque R.J. Finite-volume methods for hyperbolic problems. Cambridge Univ. Press, 2004. 559 p.

13. Tsuji Y., Yanuma T., Murata I., Fujiwara C. Tsunami ascending in rivers as an undular bore. Natural Hazards, 1991, Vol. 4. pp. 257–266.

14. Zahibo N., Didenkulova I., Kurkin A., Pelinovsky E. Steepness and spectrum of nonlinear deformed shallow water wave. Ocean Engineering. 2008, Vol. 35, no, 1. pp. 47–52.

Рецензенты:

Петрухин Н.С., д.ф.-м.н., профессор кафедры математики, Высшая школа экономики, г. Нижний Новгород;

Талипова Т.Г., д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 577.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОРПУСКУЛЯРНОГО АГЕНТА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Стерликова И.В.

Муромский институт, филиал ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Муром, e-mail: Oid@mivlgu.ru

Цель статьи – проверка на статистическом материале концепции существования гелиобиологической связи в регионе средней геомагнитной широты. Субъектом и объектом исследования являются жители г. Мурома Владимирской области. Исходный материал для исследования: медицинские данные станции «Скорой помощи» в г. Муроме и геофизические данные геомагнитной обсерватории Борок, Ярославской области. Сведения станции «Скорой помощи» содержат регистрацию времени вызова скорой помощи по поводу приступов сердечно-сосудистых болезней и нервных болезней. Геофизическая информация включает сведения о магнитных бурях, о планетарных магнитных Кр-индексах, о хромосферных вспышках на Солнце и записи геомагнитных пульсаций, частотный диапазон которых близок к биоритмам человека. Рассмотрены магнитные бури рекуррентного и вспышечного характеров. Для рекуррентной бури обнаружен один максимум, совпадающий по времени с началом бури. Для бури вспышечного характера обнаружены два максимума: первичный, совпадающий с началом бури, и вторичный (более интенсивный) – с задержкой от полутора до двух – трех суток. Обнаружено, что с началом магнитной бури имеют наилучшую корреляцию сосудистая дистония, бронхиальная астма и гипертония. Число вызовов скорой медицинской помощи пациентами-хрониками, страдающими ишемической болезнью сердца, выше перед бурей. Одновременно с этим отмечается резкое понижение геомагнитной активности. Анализ связи между приступами болезней и геомагнитными пульсациями показал, что наибольшее число вызовов скорой медицинской помощи приходилось на моменты времени отсутствия пульсаций, по крайней мере, в течение шести часов.

Ключевые слова: магнитосфера, плазмосфера, солнечный ветер, геосфера, биосфера, геомагнитные пульсации, магнитные бури

RESEARCH OF INFLUENCE OF THE CORPUSCULAR AGENT OF SOLAR ACTIVITY ON THE HUMAN ORGANISM

Sterlikova I.V.

Murom Institute, branch Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolay Grigoryevich Stoletovs», Murom, e-mail: oid@mivlgu.ru

The purpose of the article is check of a heliobiological communications in the region of the middle geomagnetic latitude on the statistical material. The subject and object of research are inhabitants of Murom in Vladimir region. The initial material for research: the medical data of the station of «First medical aid» in Murom and the geophysical data of the geomagnetic observatory of Borok in Yaroslavl region. The data of station «First medical aid» contain the registration of the call time of first medical aid because of attacks of cardiovascular and nervous diseases. The geophysical information includes data about magnetic storms, data about planetary magnetic Kp-indices, data about chromospheric flashes on the Sun and recording of geomagnetic pulsations at frequency range crossing with biorhythms of the human body. One maximum (coincides with the time beginning of a storm) is found out for a recurrent storm. Two maxima are found out for the magnetic storm of the flash character: primary, coinciding with the storm beginning, and secondary (more intensive) – with a delay from one and a half to two – three days. It is found that the vascular dystonia, the bronchial asthma and the hypertension have the best correlation with the beginning of the magnetic storm. The number of calls of first aid by the chronic ischemic heart disease patients before the magnetic storm is above, than it take place in the storm beginning. The sharp downturn of geomagnetic activity was marked simultaneously with it. The communication analysis between attacks of illnesses and geomagnetic pulsations has shown that the greatest number of calls of first medical aid was necessary for the moments of the time of the absence of the pulsations at least within six hours. The article contains discussions of results.

Keywords: magnetosphere, plasmasphere, solar wind, geosphere, biosphere, geomagnetic pulsations, magnetic storms

Один из актуальных вопросов на сегодняшний день – как повысить качество жизни и обеспечить долголетие. Среди болезней человека на первом месте по числу летальных исходов находятся психические заболевания, за ними следуют сердечно-сосудистые заболевания. Чтобы понять, как бороться с недугом, нужно выяснить причину его возникновения. Традиционные подходы к лечению многих болезней, к сожалению, несовершенны. Вероятно, необходим нетрадиционный подход. Один из нетрадиционных подходов к лечению человека известен как учет гелиогеофизических факторов (факторов солнечной активности). В работе [Chizhevsky, 1934] указывается на связь с солнечной активностью психических заболеваний, состава крови и свертываемости крови.

А.Л. Чижевский писал, что человека нельзя изучать отдельно от окружающей среды. Человек и внешняя среда – две сложные взаимодействующие системы. Для нас важно понять механизм этого взаимодействия, чтобы найти новые способы лечения болезней. Новейшие достижения

техники, позволившие активно исследовать космическое пространство, изменили наши представления об окружающей среде. Если ранее в понятие окружающая среда включались тропосфера, литосфера и гидросфера, то с открытием магнитной оболочки Земли (магнитосферы), солнечного и межзвездного ветров понятие окружающей среды расширилось до необъятного космического пространства. Солнечный ветер представляет собой поток заряженных частиц (корпускул), выбрасываемых из Солнца и направляемых межпланетным магнитным полем к нашей планете. При изменениях параметров солнечного ветра на земной поверхности регистрируются магнитные бури.

Цель работы – проверка на статистическом материале концепции существования гелиобиологической связи в регионе средней геомагнитной широты.

Исходный материал для исследования. Медицинские данные станции «Скорой помощи» в г. Муроме, Владимирской области, и геофизические данные геомагнитной обсерватории Борок, Ярославской области. Оба пункта – Муром и Борок – расположены приблизительно на одном геомагнитном меридиане 111°, проходящем через Карелию и Скандинавию, и имеют приблизительно одинаковую геомагнитную широту 53°. Указанная широта относится к средним геомагнитным широтам.

Сведения станции «Скорой помощи» содержат регистрацию времени вызова скорой помощи по поводу приступов сердечно-сосудистых болезней (ССБ) и нервных болезней (НБ), наступивших внезапно в резкой форме проявления. Геофизическая информация включает сведения о магнитных бурях (времени начала, продолжительности, типе бури), о планетарных магнитных Кр-индексах, о хромосферных вспышках на Солнце и записи геомагнитных пульсаций.

Субъект и объект исследования. Жители г. Мурома Владимирской области.

Мотивация выбора объекта исследования. По одной из версий [Balser M. and Wagner C. 1960], источником теоретически рассчитанных шумановских резонансов (пять частот: 8, 14, 20, 26, 32 Гц) является сферический ионосферный волновод, стенки которого образованы ионосферой и поверхностью Земли. Ионосферный волновод возбуждается грозовыми разрядами в средних географических (низких геомагнитных) широтах. Частоты волновода 8 и 14 Гц весьма близки к частотам одного из ритмов биопотенциалов мозга человека (альфа ритм: 8–13 Гц), измеренного немецким врачом-психиатром Г. Бергом в 1924 г. На наш взгляд, ионосферный волновод – не единственный природный резонатор. Источники возбуждения резонаторов могут иметь различную физическую природу. Согласно геофизическим исследованиям, представленным в [Стерликова И.В., Иванов А.П. 1997 г.], одна из структурных областей магнитосферы, расположенных выше ионосферы, – плазмосфера – может выступать в качестве усилителя высокочастотных геомагнитных пульсаций. Степень усиления зависит от геомагнитной активности: чем выше активность, тем более высокие частоты усиливаются плазмосферой. Плазмосфера динамична: с ростом геомагнитной активности плазмосфера смещается к югу. Муром при определенных геомагнитных условиях (Кр-индекс свыше 5) попадает в проекцию плазмосферы на земную поверхность и испытывает на себе капризы космической погоды, развивающиеся в плазмосфере. Кстати отметим, что американские исследователи зарегистрировали шумановские резонансные частоты на спутнике на расстояниях от Земли выше ионосферы [Simoes F.et al. 2011] – 450–800 км, что соответствует плазмосфере.

Методика обработки экспериментального материала. Отбор эмпирических данных имеет целенаправленный характер. Медицинские данные отобраны в соответствии с каждым случаем магнитной бури, поскольку почерк ее индивидуален и неповторим. Тонкой структурой магнитных бурь являются геомагнитные пульсации. Среди многообразия геомагнитных пульсаций были выбраны те, периоды которых близки к основным биоритмам человека. Частота колебаний сердечной мышцы порядка 1 Гц, частота колебаний давления 0,1 Гц, биоритмы головного мозга α, β, γ, δ, θ, σ имеют частоты от 0,2 до 100 Гц. Из физики известно, как опасен резонанс колебаний – усиление колебаний при совпадении частот. Резонанс может нести разрушительную силу. Положительная роль резонансов также известна на резонансных процессах построена вся радиотехника. Медицинские данные анализировались в трех временных интервалах: перед магнитной бурей, в течение магнитной бури и после магнитной бури. В рассмотрение включались иррегулярные колебания НЧ- и ВЧ-диапазонов, сопровождающие все три фазы протекания магнитной суббури, а также регулярные колебания Pc1. Рассмотрены магнитные бури рекуррентного и вспышечного характеров. Магнитная буря в феврале 1985 г. имела рекуррентный характер, то есть хромосферных вспышек на Солнце не наблюдалось. Выброс плазмы солнечного ветра происходил из корональных дыр, планета Земля при

этом пересекала гелиосферный токовый слой. В противовес рекуррентной буре рассмотрена вспышечная магнитная буря в том же месяце, чтобы не нарушать сезонность явления, но в 1986 году.

Анализ медицинской информации выполнен в каждой из разновидностей следующих сердечно-сосудистых болезней: хроническая ишемическая болезнь сердца (ХИБС), гипертоническая болезнь (ГБ), гипертонический криз (Гкр), стенокардия (СТ), инфаркт миокарда (ИФ), и в каждой из разновидностей следующих нервных болезней: вегето-сосудистая дистония (ВСД), нейроциркуляторная дистония (НЦД), бронхиальная астма (БА), неврастения (НСТ), невроз (НЗ), психоз (ПЗ), шизофрения (ШЗ), инсульт головного мозга (ИН).

Результаты обработки. На рис. 1 представлены сведения о величине планетарного Кр-индекса магнитной активности (трехчасовое осреднение геомагнитных возмущений), по которой можно косвенно судить о начале магнитной бури и ее продолжительности. Более точные сведения брались при обработке нормальных магнитограмм (медленных вариаций магнитного поля Земли). На рис. 2 представлена медицинская суточная статистика приступов четырех разновидностей НБ (ПЗ, НЗ, НСТ, БА) и ССБ (ВСД + НЦД, ГБ + Гкр, СТ + ИФ, ХИБС) за временной промежуток с 25.02.85 по 1.03.85 г. Из рис. 2 видно, что с началом рекуррентной магнитной бури 28.02.85 г. (продолжительностью 12 ч, Кр макс = 7_0) из разновидностей ССБ более всего коррелируют гипертоническая болезнь (ГБ) и дистония (ВСД, НЦД). Этому можно дать следующее объяснение. Оба заболевания с медицинской точки зрения связаны с тонусом сосудов и давлением крови. С геофизической точки зрения магнитная суббуря представляет процесс изменения магнитного поля Земли, в котором выделяют три фазы протекания. Первая фаза – начальная – характеризуется кратковременным резким скачком в сторону повышения магнитного поля Земли. В этот момент магнитометры на земной поверхности фиксируют геомагнитные пульсации типа Pi2 (период порядка 40–150 с). Геофизики считают сигнал Pi2 началом суббури. Спектр Pi2 имеет естественное продолжение в сторону коротких периодов (высоких частот) и длинных периодов (низких частот). Высокочастотную границу спектра Pi2 составляют иррегулярные геомагнитные пульсации типа Pi1B-rPi2 (период порядка 1–7 с) [Sterlikova I.V.1987, Sterlikova I.V.1985]. Некоторые исследователи склонны считать, что Pi1B-rPi2 являются лучшим по сравнению с Pi2 индикатором начала суббури. После резкого скачка в сторону увеличения магнитного поля Земли наблюдается резкое понижение магнитного поля Земли – вторая фаза протекания суббури – взрывная. Длительность второй фазы составляет примерно половину общей длительности суббури. Если суббуря длится 1–1,5 часа, то продолжительность понижения горизонтальной составляющей МПЗ составляет более получаса. Наземные магнитометры фиксируют интенсивные по амплитуде и сложные по спектральному составу (иррегулярные) колебания, продолжающие спектр Pi2 в сторону больших периодов, их период свыше 150 с. Эти колебания названы PiP (Pi3).

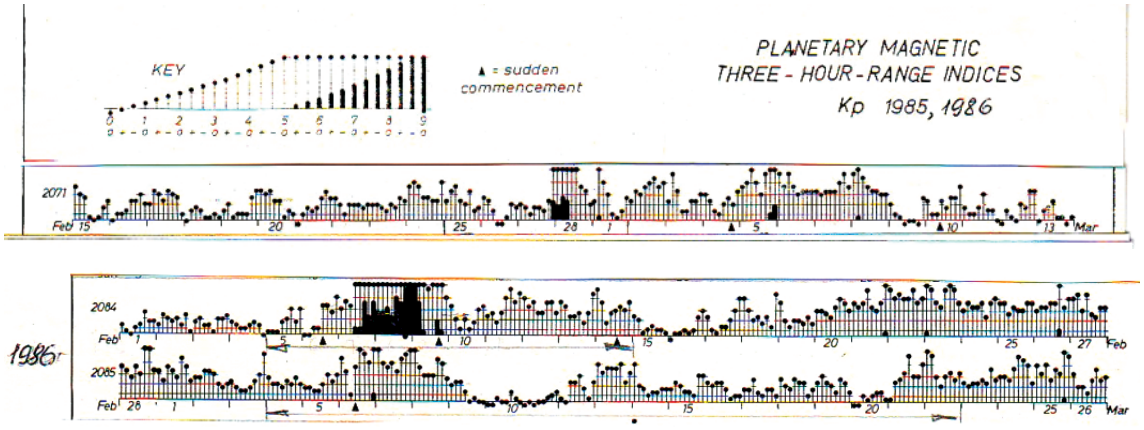


Рис. 1. Сведения о среднем трехчасовом планетарном Кр-индексе магнитной активности для февраля 1985 г. (вверху) и февраля 1986 г. (внизу)

В высокочастотной части спектра на PiP накладываются пульсации типа Pi1B-rPip (микроструктура Pip с периодом порядка 7–24 с) [Sterlikova I.V., 1987, Sterlikova I.V., 1985].

Третья фаза суббури – фаза восстановления – характеризуется постепенным возрастанием магнитного поля Земли до первоначального значения. В эту фазу суб-

бури наземные магнитометры фиксируют продолжительные иррегулярные геомагнитные пульсации типа Pi1C (другое название – авроральная ажитация, период 5–10 с). Нельзя не отметить еще один тип геомагнитных пульсаций, сопровождающих магнитную суббурю. Это регулярные по форме и продолжительные по времени геомагнитные пульсации с периодом 0,2–5 с, близким к биоритмам человека. Их называют Pc1 (или жемчужины, по виду на записях). Каждая жемчужина представляет волновой пакет длительностью порядка 1 мин. Продолжительность генерации таких волновых пакетов может составлять несколько часов. Для Pc1 характерно, что они могут не только сопровождать суббурю, но и наблюдаться после ее начала на третьи-седьмые сутки. Наиболее часто наблюдаются в послеполуденном и вечернем секторах на земной поверхности IPDP-пульсации (КУП-колебания убывающего периода). Их запись на магнитограммах выглядит как серии отдельных волновых пакетов, подобных колебаниям Pc1, но с постепенно убывающим периодом, т.е. увеличивающейся частотой от ~0,2 Гц до ~1–2 Гц.

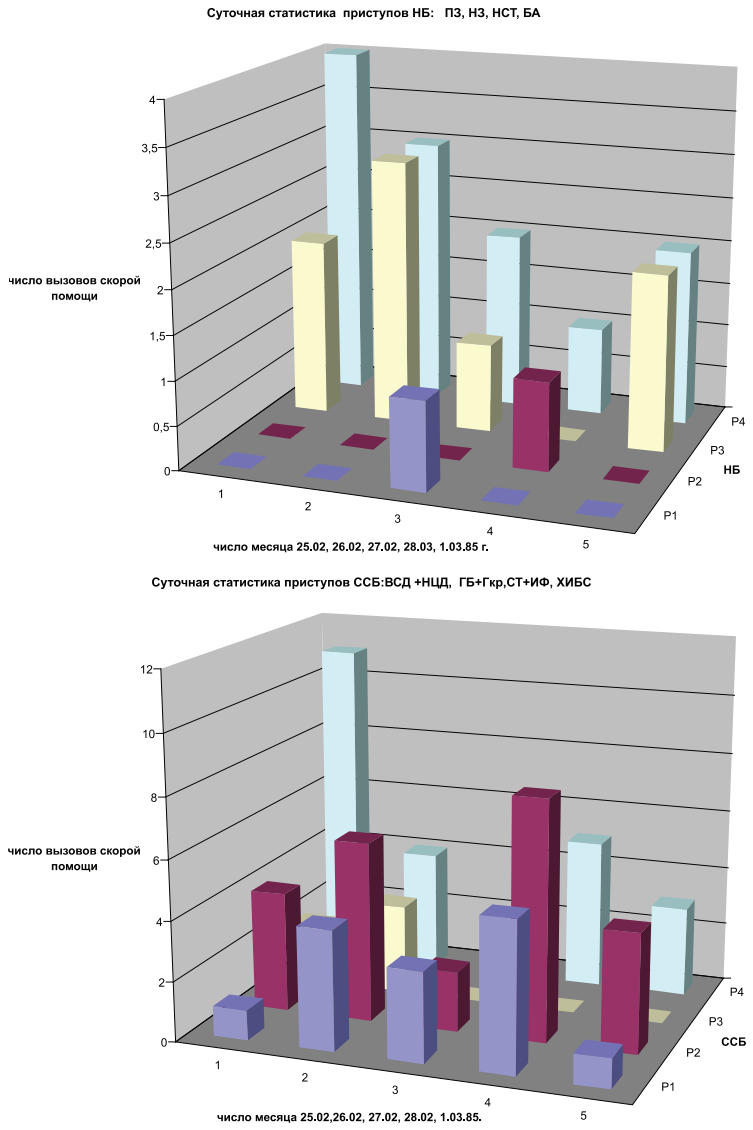


Рис. 2. Суточная статистика приступов четырех разновидностей НБ (вверху) и четырех разновидностей ССБ (внизу) с 25.02.85 по 1.03.85 г. (нумерация рядов НБ и ССБ соответствует последовательности разновидностей перечисленных болезней)

Магнитное поле, как известно, оказывает силовое воздействие на движущиеся заряды и проводники с током. Если исходить из концепции, что кровь – это движущийся электролит, то кровеносные сосуды можно рассматривать как движущиеся проводники с током. Изменения магнитного поля Земли будут оказывать силовое воздействие

на кровеносные сосуды, сужая и расширяя их в такт с изменениями магнитного поля Земли. Снижение кровяного давления может приводить к инфарктам миокарда и инсультам головного мозга, что, кстати, подтверждается в настоящей статье. Смертность (по данным вскрытия) от инфарктов и инсультов наблюдается в начальную фазу суббури [Стерликова И.В. 1990]. Известны исследования [Chizhevsky A.L. 1934], отмечающие влияние солнечной активности на состав крови и свертываемость крови. Однако инфаркты и инсульты нельзя объяснить только тромбами. Магнитная буря, представляющая совокупность магнитных суббурь с 6.02.86 по 14.02.86 г., носила вспышечный характер, то есть сопровождалась хромосферными вспышками на Солнце. Продолжительность самой мощной за рассмотренный временной промежуток магнитной суббури с 7.02.86 по 9.02.86 г. составила 60 ч, Кр макс = 9_0. Суточная статистика приступов ССБ и НБ, соответствующая этой буре, приведена на рис. 3 и 4, и она отличается от суточной статистики тех же болезней для рекуррентной бури. Отличие – в наличии двух максимумов в статистике приступов болезней, интенсивность максимумов различна. Первый максимум связан с началом бури, второй – более интенсивный – наблюдается после бури на вторые-третьи сутки.

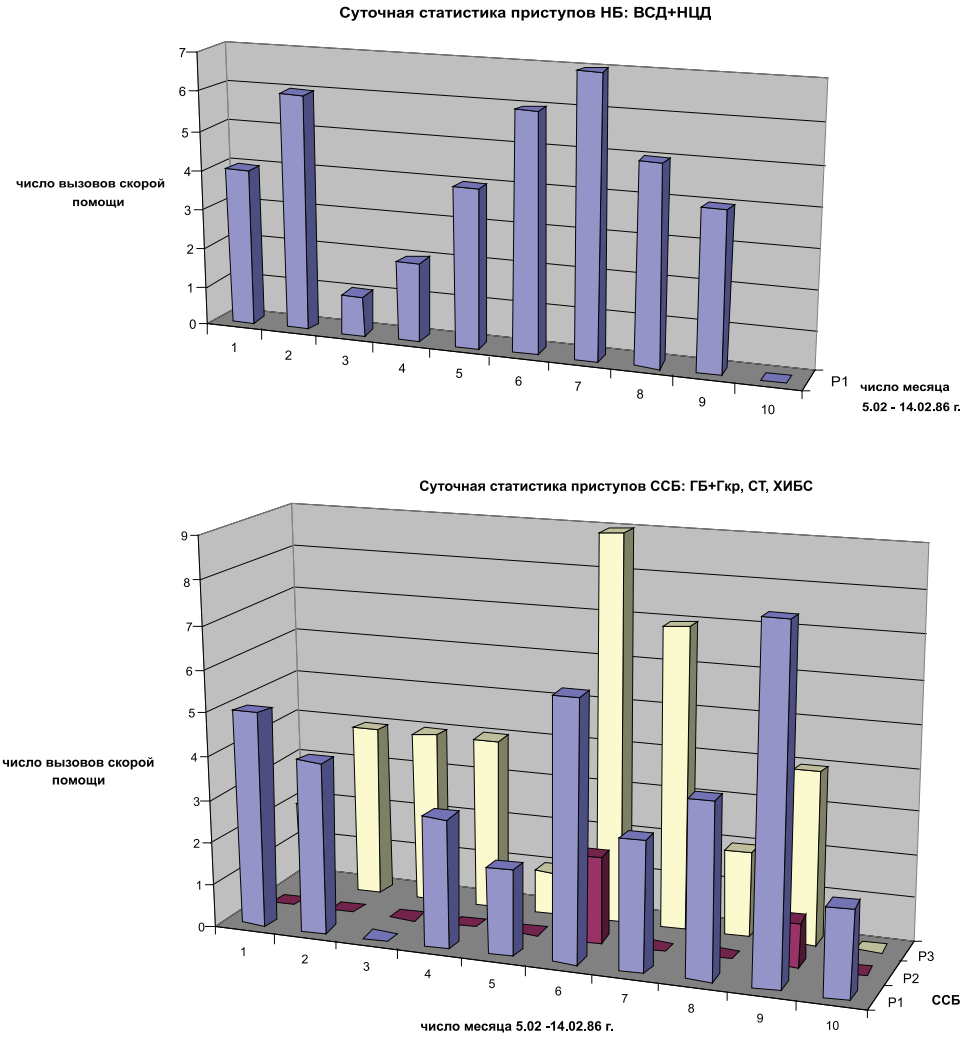


Рис. 3. Суточная статистика приступов нескольких разновидностей НБ и ССБ с 6.02.86 г. по 14.02.86 г. (Р1 – ГБ + Гкр, Р2 – СТ, Р3 – ХИБС)

Напрашивается вывод, что реакция организма человека зависит от типа магнитной бури, а именно: немедленная реакция организма на начало рекуррентной магнитной бури и с задержкой от полутора до двух суток для вспышечной бури. Кроме того, пациенты, страдающие хроническими заболеваниями сердца, например ХИБС, как следует из рис. 2, ощущают приближение магнитной бури за несколько суток. Однако

если проанализировать индексы магнитной активности, например Кр, то выяснится, что 26.02.85 г. наблюдалось резкое снижение магнитной активности, что проявилось в статистике ХИБС максимумом приступов, причем более интенсивным по сравнению с максимумом, приуроченным к началу последующей суббури 28.02.85 г. Аналогичная зависимость от магнитной активности наблюдается у хроников, страдающих БА. Обострение нервно-психических болезней непосредственно связано с началом магнитной суббури. И этому факту можно дать объяснение, рассматривая нервную систему человека как сложную электрическую цепь, в которой нервные импульсы являются импульсами электрического тока [Mizun Yu.G., Khasnulin V.I., 1991]. В таблице приведены сведения о числе приступов ССБ и НБ в сравнении с наличием или отсутствием ВЧ геомагнитных пульсаций за те же временные интервалы. Геофизические процессы учитываются за предшествующий событию шестичасовой промежуток времени, соответствующий времени перестройки структуры магнитосферы, в частности, плазмосферы. Из таблицы следует, что наибольшее число приступов всех разновидностей ССБ и НБ наблюдается в отсутствии высокочастотных геомагнитных пульсаций, близких по частоте к основным биоритмам человека. Полученный результат находится в согласии с работой австралийских исследователей [Buxton J.R. et.al. 1987], добившихся облегчения синдрома Паркинсона. Исследования проводились на кроликах, которых подвергали в течение 5 дней воздействию искусственно созданных пульсаций электрического и магнитного полей с частотой порядка 8 Гц и амплитудой 0,7 В/м и 1000 нТл соответственно. Как известно, альфа-ритмы биопотенциалов мозга кролика, кошки и человека совпадают.

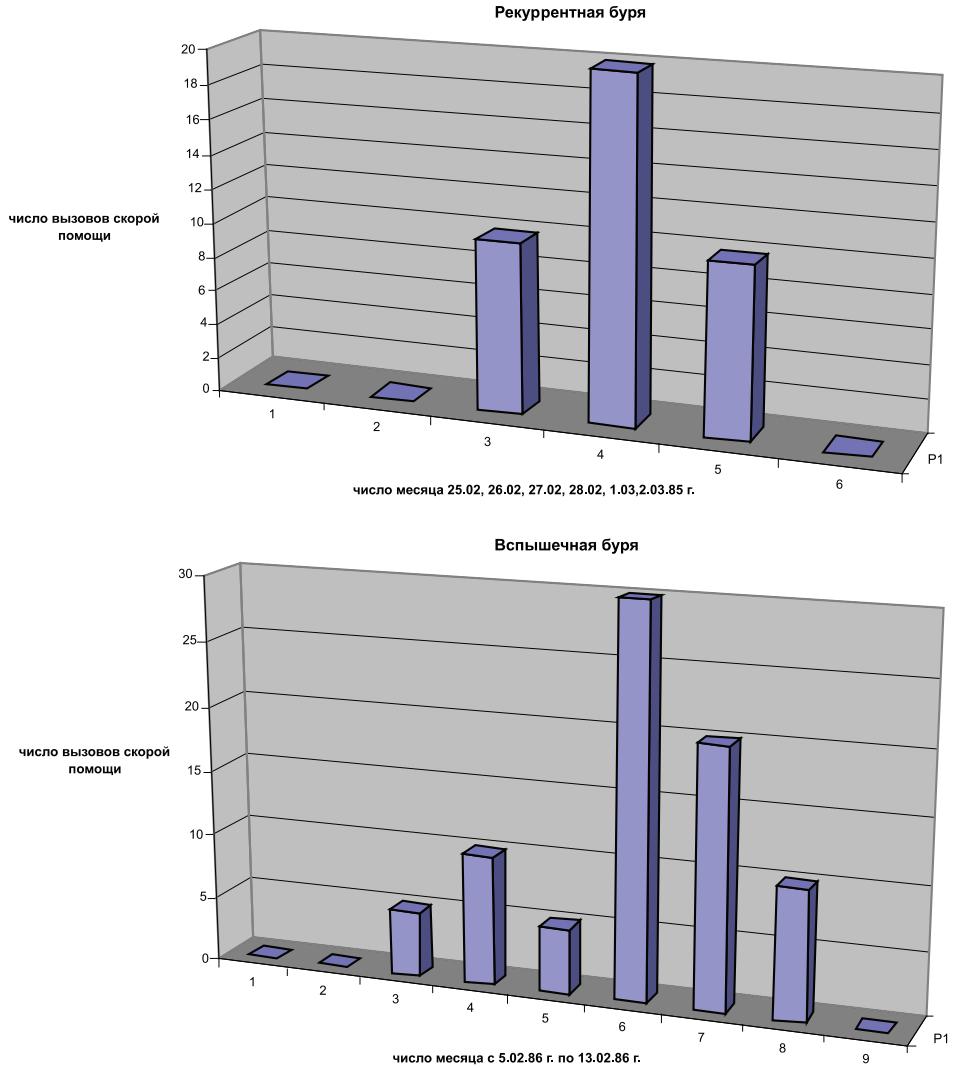


Рис. 4. Суточная статистика приступов ССБ и НБ (вместе взятых) для двух типов магнитных бурь

Число приступов сердечно-сосудистых (ССБ) и нервных болезней (НБ) в сравнении с наличием или отсутствием высокочастотных геомагнитных пульсаций

Дата, тип магнитной бури	Геомагнитные пульсации		Разновидности ССБ					Разновидности НБ					
	В момент вызова «Скорой помощи»	В течение 6 ч перед вызовом «Скорой помощи»	ХИБС	ГБ	Гкр	СТ	ИФ	ВСД, НЦД	БА	НСТ	НЗ	ПЗ	ШЗ
25.02.85 -	–	–	16	7	4	2	1	6	8	8	–	1	–
1.03.85 г.	–	Pc1	5	5	1	–	–	5	1	–	1	–	–
рекуррент-	Pc1	Pc1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ная буря	–	Pi1C	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5.02.86 -	–	–	11	14	4	1	–	21	8	3	–	–	1
14.02.86.	–	Pc1	14	3	7	–	–	6	3	2	–	–	–
вспышеч-	Pc1	Pc1	3	–	4	1	–	4	–	–	–	–	–
ная буря	–	IPDP	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–
	Pi1B	Pc1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	Pi1C	–	3	–	–	–	3	–	–	–	–	–

Выводы

В среднеширотном регионе, безусловно, отмечается зависимость состояния здоровья людей от гелиогеофизических факторов, что согласовывается с работами [Chizhevsky A.L. 1934, Novikova K.F., Ryvkin B.A., 1971], авторы которых использовали другие методические подходы и статистический материал густонаселенных городов, таких как Свердловск и Санкт-Петербург. Небольшая медицинская статистика, характерная для городов с малой численностью населения, не является недостатком эксперимента, а скорее, наоборот, имеет некоторые преимущества. В малых городах значительно уменьшается влияние социальных факторов, таких как, например, искусственно созданные электромагнитные поля от линий электропередач в метро и на промышленных предприятиях.

Защитой от неблагоприятного воздействия космических факторов может служить металлический экран, который следует использовать на момент нахождения человека в критическом состоянии здоровья, например, создавать экранированные палаты.

Список литературы

1. Мизун Ю.Г., Хаснулин В.И. Наше здоровье и магнитные бури. – М.: Знание, 1991. – 192 с.
2. Новикова К.Ф., Рывкин Б.А. Солнечная активность и сердечно-сосудистые заболевания// Сб. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. – М.: Наука, 1971. – С. 164–178.
3. Стерликова И.В., Иванов А.П. Магнитосферные суббури в геомагнитных пульсациях. – М.: ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, 1997. – 108 с.
4. Стерликова И.В. Отличительные признаки геомагнитных пульсаций Pi1B // Геомагнетизм и аэрономия. – 1987. – № 1. – С. 160–162.
5. Стерликова И.В. Два типа пульсаций Pi1B // Деп. в ВИНИТИ 26.04.1985 г. – № 2827. – 24 с.
6. Стерликова И.В. Роль геомагнитных пульсаций с частотным диапазоном, близким к биоритмам, в статистике сердечно-сосудистых и нервных заболеваний. Деп. в ВИИМИ. – 1990. – № Д-18353. – 24 с.
7. Balser M., Wagner C. Observations of Earth – ionosphere cavity resonances // Nature. – 1960. – 188. – P. 638–641.
8. Buxton J.R., Gazibarich G.J., Ellyett C.D., White S.W., Fraser B.J., McNabb P.W. Effects of environmental ultra-low frequency electric and magnetic oscillations on central nervous and arterial pressure in the rabbit // Preprint University of Newcastle. – Australia, 1987.
9. Chizhevsky A.L. Traite de climatologie biologique et medicale. Publ. par M. Piery. – Paris, 1934. – № 2. – 1042.
10. Simoes F., Pfaff R., Freudenreich H. Satellite observations of Schumann resonances in the Earth's ionosphere // Geophysical Research Letters. – 2011. – Vol.38. – L22101. 5 p.

References

1. Mizun Yu.G., Khasnulin V.I. *Nashe zdorovye i magnitnye bury Moskva:Znanye.1991. 192s.* (Our health and magnetic storms). Moskow: Knowledge. 1991. 192 p.
2. Novikova K.F., Ryvkin B.A. *Solnechnaya aktivnost i serdechno-sosudistye zabolevaniy. Vliyanie solnechnoy aktivnosti na atmosferu i biosferu Zemli* (The influence of the sun activity on the atmosphere and the biosphere of the Earth). Moskow: Nauka, 1971. pp. 164–178.
3. Sterlikova I.V., Ivanov A.P. *Magnitosfernye subburi v geomagnitnykh pulsatsiyakh* (The magnetospheric substorms in the geomagnetic pulsations). Moskow : OIFZ a. O.Yu. Shmidta RAS, 1997. 107 p.
4. Sterlikova I.V. *Otlichitelnye priznaki geomagnitnykh pulsatsiy Pi1B* (Distinctive signs of geomagnetic pulsations Pi1B). Geomagnetism and aeronomy. 1987. no. 1. pp.160–162.
5. Sterlikova I.V. *Dva tipa pulsatsiy Pi1B*. (Two type of pulsations Pi1B). *Publ. VINITI* (Publ of the Union institute of scientific and technical information). 26.04.1985. no. 2827. 24 p.
6. Sterlikova I.V. *Rol geomagnitnykh pulsatsiy s chastotnym diapazonom blizkim k bioritmam v statistike serdechno-sosudistykh zabolevaniy.* (Role of geomagnetic pulsations in frequency band close to biorhythms for the statistica of cardiovascular and nervous diseases). *Publ. VNIIMI* (Publ. Of the Union scientific investigations institute of the medical information) . 1990. no. D – 18353. 24 p.
7. Balser M., Wagner C. Observations of Earth – ionosphere cavity resonances. Nature. 1960. 188. pp. 638–641.
8. Buxton J.R., Gazibarich G.J., Ellyett C.D., White S.W., Fraser B.J., McNabb P.W. Effects of environmental ultra-low frequency electric and magnetic oscillations on central nervous and arterial pressure in the rabbit. Preprint University of Newcastle, Australia, 1987.
9 Chizhevsky A.L. Traite de climatologie biologique et medicale. Publ. par M. Piery. Paris.1934. 2. 1042.
10. Simoes F., Pfaff R., Freudenreich H. Satellite observations of Schumann resonances in the Earth's ionosphere. Geophysical Research Letters. 2011.Vol. 38. L22101. 5 p.

Рецензенты:

Жизняков А.Л., д.т.н., профессор, заместитель директора по научной работе Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром;

Орлов А.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Физика и прикладная математика» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром;

Бичурин М.И., д.ф.м.н., профессор, заведующий кафедрой проектирования и технологии радиоаппаратуры, Новгородский государственный университет, г. Великий Новгород.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 538.955

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ АМЕРИЦИЯ

Филанович А.Н., Волков А.Г., Повзнер А.А., Скорюнов Р.В., Шумихина К.А., Мазуренко В.Г.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: a.n.filanovich@ustu.ru

Америций, следующий непосредственно за плутонием в периодической системе, представляет собой стратегически важный элемент, вследствие чего исследование его магнитных свойств, в частности магнитной восприимчивости, имеет важное научное значение. В настоящей работе развивается самосогласованная процедура, объединяющая расчет электронной структуры в рамках метода LDA + U + SO с обобщенной спин-флуктуационной s(p)df-моделью. В рамках данного подхода рассчитаны плотности состояний и температурные зависимости магнитной восприимчивости америция. Полученные данные позволили объяснить экспериментальные данные из двух независимых источников. Показано, что наблюдающийся в америции необычный переход от кюри-подобной к паули-подобной магнитной восприимчивости обусловлен не наличием магнитной примеси, а изменением баланса между электронными состояниями локализованного и итинерантного типов. Поэтому полученные в работе результаты могут найти практическое применение при оценке концентрации примесей и дефектов (в том числе радиационных) в америции и системах на его основе.

Ключевые слова: магнитная восприимчивость, америций, спиновые флуктуации, актиниды, сильно-коррелированные системы

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF AMERICIUM

Filanovich A.N., Volkov A.G., Povzner A.A., Skoryunov R.V., Shumikhina K.A., Mazurenko V.G.

Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: a.n.filanovich@ustu.ru

Americium, which stands directly after plutonium in the periodic table, represents a strategically important element. As a consequence investigations of its magnetic properties, particularly its magnetic susceptibility, are of great scientific importance. In the present study we develop a self-consistent procedure that combines ab-initio calculations of electronic structure in terms of LDA + U + SO method with the generalized spin-fluctuation s(p)df-model. In terms of this approach we have calculated the densities of states and temperature dependencies of magnetic susceptibility of americium. These calculations enabled to explain the experimental data from two independent sources. It is shown that the unconventional transition from Curie-like to Pauli-like magnetic susceptibility in americium is caused not by presence of magnetic impurities, but by the balance change in the number of localized and itinerant electronic states. Thus the results obtained can have practical applications for the estimations of concentration of impurities and defects (including radioactive) in americium and its compounds.

Keywords americium, magnetic susceptibility, spin fluctuations, actinides, strongly correlated systems

Исследование америция, который является ярким представителем ряда актинидов, представляет значительный научный интерес. Америций демонстрирует необычную температурную зависимость магнитной восприимчивости, при этом до сих пор отсутствуют работы, в которых бы давалось последовательное объяснение причин возникновения такой зависимости и её связи с особенностями электронной структуры америция.

В настоящей работе в рамках самосогласованной процедуры, объединяющей первопринципный расчет электронной структуры по схеме LDA + U + SO (в методе FP-LAPW) и модельные представления о тепловых спиновых и зарядовых флуктуациях в системе d-, f-электронов [1,4], рассчитывается электронная структура и температурная зависимость магнитной восприимчивости америция. При этом рассматривается обобщенная s(p)df-модель, в которой наряду с зонным движением s-, p-, d-, f-электронов и орбитальным расщеплением f-состояний учитывается внутриузельные хаббардовские ff-, dd-взаимодействия и межузельное df-обменное взаимодействие.

Для вычисления свободной энергии используется подход, который применительно к спин-флуктуационной s(p)df-модели Хаббарда развивался в работах [1, 4]. В рамках этого подхода гамильтониан взаимодействия включает слагаемые, отвечающие за внутриатомные ff- и dd-отталкивания, записываемые в рамках модели Хаббарда, а также слагаемое, ответственное за df-обменное взаимодействие. С помощью преобразования Стратоновича-Хаббарда задача о взаимодействующих электронах сводится к задаче о невзаимодействующих электронах, находящихся во флуктуирующих зарядовых и обменных полях. Далее выполняется расчет квантово-статистических средних, фигурирующих в получаемом для статистической суммы выражении с использованием теоремы Вика и суммирования получаемых при этом рядов в приближении однородных локальных полей. При этом полученные

выражения учитывают эффекты магнитного (спинового) ангармонизма в произвольных порядках по величине взаимодействия спин-флуктуационных мод. Вычисленная таким образом статистическая сумма позволяет получить выражения для магнитной восприимчивости и плотности электронных состояний при конечных температурах. Наряду со спиновыми магнитными моментами учитываются орбитальные магнитные моменты электронов, поэтому в выражении для магнитной восприимчивости наряду со спиновой восприимчивостью появляется слагаемое Ван-флековского типа:

$$\chi = \chi_s + \chi_{orb}, \qquad (1)$$

$$\chi_{orb} = \sum_{l,\alpha,\alpha'} \frac{n^{(l)}\left[N^{(l)} - n^{(l)}/2\right]}{N^{(l)}\left(\Delta^{(l)} + U^{(l)}m^{(l)}(\alpha - \alpha')\right)}; \qquad (2)$$

$$\chi_s = \chi^{(f)} + \chi^{(d)} + \chi^{(sp)} + J\chi^{(f)}\chi^{(d)}, \qquad (3)$$

где $N^{(l)}$ – величина орбитального вырождения состояний l-й зоны ($l = f,\ d$); $\Delta^{(l)}$ – среднее энергетическое расстояние между энергиями мультиплетов l-й зоны (которые расщепляются за счет кулоновского и спин-орбитального взаимодействия); $U^{(l)}$ – параметр хаббардовского отталкивания электронов в l-й зоны; I – однородная часть межузельного f-d-обменного взаимодействия,

$$\chi^{(sp)} = 2g_0^{(sp)}(\mu); \qquad (4)$$

$$\chi^{(l)} = 2\left(\frac{2}{3}\chi_{\perp}^{(l)} + \frac{1}{3}\chi_{//}^{(l)}\right)D^{(l)} \qquad (5)$$

– парамагнитные восприимчивости s-, p- (4) и d-, f-электронов (5),

$$D^{(l)-1} = 1 - \frac{2}{3}U^{(l)}\chi_{\perp}^{(l)} - \frac{1}{3}U^{(l)}\chi_{//}^{(l)} \qquad (6)$$

– фактор обменного усиления восприимчивости d- или f-электронов,

$$\chi_{\perp}^{(l)} = \sum\nolimits_{\alpha=\pm1} \alpha \int d\varepsilon g_0^{(l)}(\varepsilon) f(\varepsilon - \mu - U^{(l)}n^{(l)}/2 - \alpha U^{(l)}m^{(l)}) / \left(2U^{(l)}m^{(l)}\right) \qquad (7)$$

– соответствует поперечной, а

$$\chi_{\parallel}^{(l)} = \frac{2\prod\limits_{\alpha=\pm1} g_0^{(l)}(\mu + U^{(l)}n^{(l)}/2 + \alpha U^{(l)}m^{(l)})}{\sum\limits_{\alpha=\pm1} g_0^{(l)}(\mu + U^{(l)}n^{(l)}/2 + \alpha U^{(l)}m^{(l)})}. \qquad (8)$$

– продольной компонентам парамагнитной восприимчивости невзаимодействующих f- или d-электронов ($l = f,\ d$), среднеквадратическая амплитуда спиновых флуктуаций (квадратный корень спин-спинового коррелятора на узле)

$$\left(m^{(l)}\right)^2 = B^{(l)}\left(\frac{D^{(l)}T}{U^{(l)}}\right)^2 \left\{1 + 4\frac{J^2}{U^{(f)}U^{(d)}}\frac{D^{(l)}D^{(l')}}{1 - B^{(l')}D^{(l')}/B^{(l)}D^{(l)}}\left(2 + \frac{B^{(l')3}D^{(l')2}}{B^{(l)3}D^{(l)2}}\right)\right\}, \qquad (9)$$

где $n^{(l)}(T)$ – заполнение l-й зоны, зависящее в силу спин-флуктуационного расщепления от температуры.

Важно отметить, что при расчетах плотности электронных состояний методом LDA + SO + U учитывается хаббардовский сдвиг энергий $U^{(l)}n^{(l)}(0)$. Поэтому при расчете плотности состояний и энергетического спектра f- и d-электронов при $T \neq 0$ учитывается только дополнительная поправка $U^{(l)}\Delta n^{(l)}$, обусловленная возможностью температурного изменения заполнения d- и f-зон (а не $U^{(l)}n^{(l)}(0)$), что позволяет избавиться от двойного учета кулоновского взаимодействия. Параметры $B^{(l)}$ и $X^{(l)}$ являются коэффициентами разложения паулиевской восприимчивости электронов в приближении эффективной массы, $g_0^{(l)}(\varepsilon)$ – одноэлектронная плотность состояний электронов l-й зоны ($l = s(p),\ d,\ f$), рассчитываемая в приближении LDA + U + SO (в базисе FP-LAPW). Самосогласование первопринципного и модельного расчетов достигается за счет того, что магнитная восприимчивость вычисляется с использованием плотности электронных состояний, полученных при том же значении U, что и в расчете магнитной восприимчивости.

Расчеты электронной структуры были выполнены в пакете Elk [3]. Использовались экспериментальные данные [9] о кристаллической структуре америция, согласно которым в основном состоянии америций обладает двойной ГПУ-структурой с группой симметрии P63/mmc и четырьмя атомами в элементарной ячейке. Самосогласованно найденное значение параметра U получилось равным 2,85 эВ для f-электронов и 1,80 эВ – для d-электронов, а значение $J_H = 0{,}51$ эВ было определено в рамках метода, предложенного в [7], который базируется на использовании потенциала Юкавы и эффективной длины экранирования.

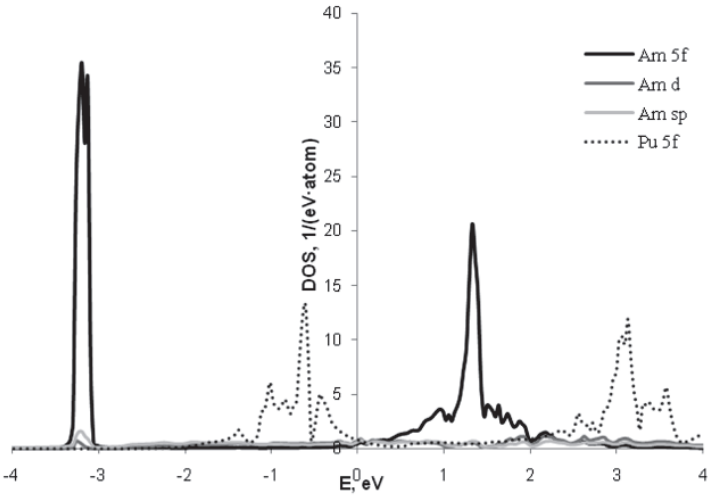


Рис. 1. Парциальные плотности электронных состояний америция; для сравнения показана также плотность состояний 5f-электронов плутония [4]

Полученные парциальные плотности электронных состояний америция показаны на рис. 1, откуда видны достаточно узкие пики, соответствующие 5f-электронам америция. Тем не менее, как видно из рис. 2, вблизи уровня Ферми плотность f-состояний становится сопоставима и на самом уровне Ферми даже меньше, чем плотности состояний s-, p- и d-электронов. В этом отношении америций существенно отличается от идущего перед ним плутония (в его наиболее важной δ-фазе), в случае которого плотность состояний f-электронов на уровне Ферми значительно выше плотности состояний d-электронов [4].

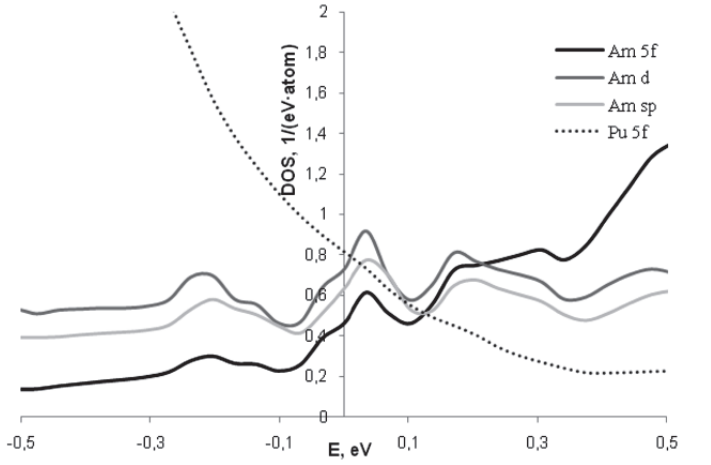


Рис. 2. Парциальные плотности электронных состояний америция вблизи уровня Ферми; для сравнения показана также плотность состояний 5f-электронов плутония [4]

На рис. 1 и 2 в целях сопоставления показана также плотность состояний 5f-электронов δ-плутония [1], откуда видно, что в случае америция $5f^{5/2}$-подзона находится значительно дальше от уровня Ферми, чем в случае плутония, несмотря на не слишком большое отличие в параметрах хаббардовского отталкивания ($U^{(f)} = 2{,}85$ эВ в случае америция и $U^{(f)} = 2{,}67$ в случае δ-плутония). Этот факт может быть объяснен тем, что при переходе от плутония к америцию происходит достаточно сильная локализация 5f-электронов [6].

Результаты самосогласованных расчетов температурной зависимости магнитной восприимчивости в сопоставлении с экспериментальными данными [5, 8] показаны на рис. 3 и 4. Из рис. 3 и 4 видно, что развитая модель позволяет корректно описывать данные из обоих имеющихся источников. При этом для образца, измеренного в [5], значение константы межузельного df-взаимодействия существенно выше, чем в случае образца, измеренного в [8]. Это можно объяснить тем, что эксперимент в [5] и [8] проводился на образцах различной

степени чистоты и различного «возраста», что может оказывать влияние на величину межузельного df-взаимодействия. Орбитальная восприимчивость америция составила порядка $6{,}5 \cdot 10^{-4}$ emu·mol^{-1}, т.е. ~54% при 0 К и ~83% при 300 К от величины полной восприимчивости образца, измеренного в [7] и ~68% при 0 К и ~81% при 300 К от величины полной восприимчивости образца, измеренного в [8].

Величина спиновой восприимчивости больше в случае образца, измеренного в [5], однако в обоих случаях спиновая восприимчивость состоит из примерно одинаковых вкладов f- и d-электронов, а также составляющей, связанной с df-обменом и незначительного вклада s(p)-электронов. Таким образом, f- и d-электроны америция играют примерно одинаковую роль в формировании спиновой составляющей его магнитной восприимчивости, что обусловлено сопоставимыми плотностями f- и d-состояний америция на уровне Ферми, и что существенно отличает его от плутония [4]. Следует отметить, что приведенные выше значения для орбитальной восприимчивости несколько превышают значения, получаемые непосредственно на основе формулы (9) и поэтому для получения наилучшего согласия с экспериментальными данными нами был учтен дополнительный постоянный вклад, который связан с орбитальным магнитным моментом.

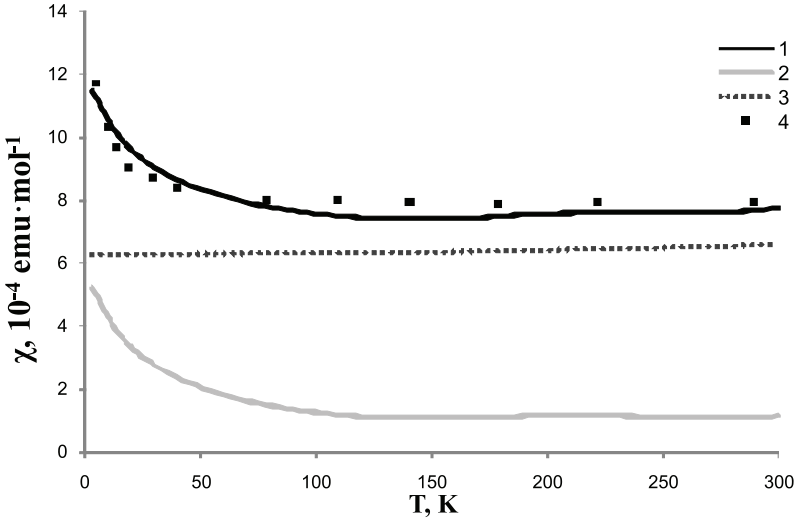


Рис. 3. Температурная зависимость магнитной восприимчивости америция: 1, 2, 3 – результат расчета в настоящей работе: 1 – полная величина восприимчивости; 2 – спиновая составляющая; 3 – орбитальная составляющая; 4 – экспериментальные данные [5]

Было обнаружено, что необычный ход температурной зависимости магнитной восприимчивости америция обусловлен сосуществованием в нем электронных состояний двух типов. При низких температурах доминируют состояния с преобладающей поперечной компонентой магнитной восприимчивости, что эквивалентно наличию локальных магнитных моментов [2, 4] – этим объясняется возникновение при низких температурах кюри-подобной магнитной восприимчивости. С возрастанием температуры начинают преобладать состояния, обуславливающие рост продольной восприимчивости (причем это происходит быстрее для образца, измеренного в [8]), в то время как состояния, ответственные за формирование кюри-подобной восприимчивости, ослабляются. Состояния, обуславливающие рост продольной восприимчивости подобны итинерантным электронным состояниям, магнитная восприимчивость которых практически не зависит от температуры, т.е. является паулиевской. В этом отношении америций демонстрирует поведение, обратное плутонию и ряду других почти магнитных металлов [2, 4], для которых наблюдается обратный переход – от паулиевской к кюри-подобной температурной зависимости магнитной восприимчивости.

Важно подчеркнуть, что согласно полученным нами данным, участок на температурной зависимости магнитной восприимчивости америция, где она практически является постоянной, не является «хвостом» кюри-вейссовской восприимчивости, обусловленной, например, присутствием магнитной примеси, как предполагалось ранее [5], а является результатом увеличения

числа итинерантных электронных состояний, которое приводит к подавлению формирования температурно-индуцированных локальных магнитных моментов. Поэтому полученные результаты необходимо учитывать для корректных оценок концентрации примесей и дефектов (в том числе радиационных) в америции и системах на его основе.

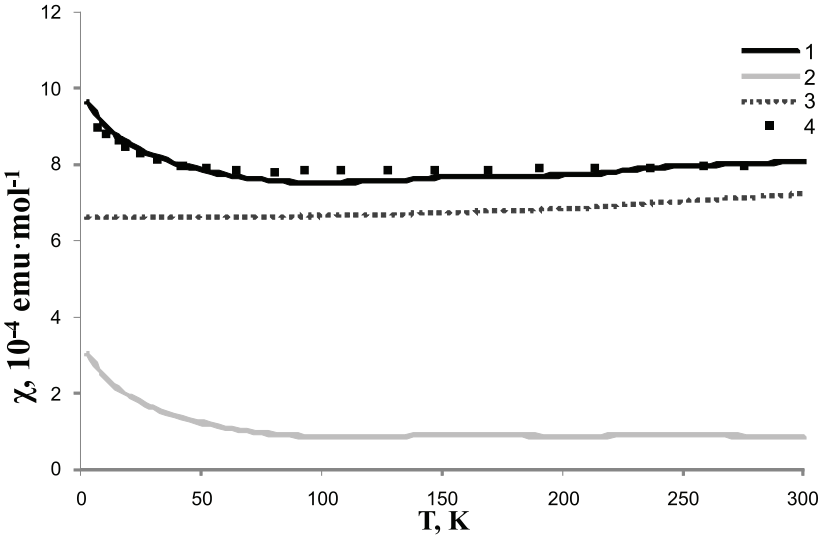


Рис. 4. Температурная зависимость магнитной восприимчивости америция: 1, 2, 3 – результат расчета в настоящей работе: 1 – полная величина восприимчивости, 2 – спиновая составляющая, 3 – орбитальная составляющая; 4 – экспериментальные данные [8]

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (Соглашение № 14.A18.21.0737).

Список литературы

1. Повзнер А.А., Волков А.Г., Филанович А.Н. Влияние фононного и магнитного ангармонизма на тепловые и упругие свойства почти магнитного δ-плутония // Физика твердого тела. – 2011. – Т. 53., Вып. 9. – С. 1672–1678.

2. Повзнер А.А., Волков А.Г., Филанович А.Н. Электронная структура и магнитная восприимчивость почти магнитных металлов (на примере палладия и платины) // Физика твердого тела. – 2010. – Т. 52, Вып. 10. – С. 1879–1884.

3. Elk. Программный пакет, реализующий метод FP-LAPW + lo. URL: http://elk.sourceforge.net (дата обращения 05.09.2012).

4. Filanovich A.N., Povzner A.A., Volkov A.G. The peculiarities of δ-plutonium electronic structure and magnetic susceptibility // J. Phys.: Conf. Ser. – 2011. – Vol. 286. – 012047.

5. Kanellakopulos B., Blaise A., Fournier J. M., Muller W. The magnetic susceptibility of Americium and curium metal // Solid State Communications. – 1975. – Vol. 17. – P. 713.

6. Moore K.T., van der Laan G. Nature of the 5f states in actinide metals // Rev. Mod. Phys. – 2009. – Vol. 81. – P. 235.

7. Norman M.R. Calculation of effective Coulomb interaction for Pr3 + , U4 + , and UPt3. // Phys. Rev. B. – 1995. – Vol. 52. – P. 1421.

8. Troc R., Suski W.: 3.1.2.2.2 Magnetic properties / Wijn, H.P.J. (ed.) // SpringerMaterials – The Landolt-Börnstein Database. URL: http://www.springermaterials.com. (дата обращения 20.04.2011) .

9. Wyckoff R.W.G. Crystal Structures. Vol. 1. John Wiley & Sons, New York, London, 1963.

References

1. Povzner A.A., Volkov A.G., Filanovich A. N. Effect of the phonon and magnetic anharmonicity on the thermal and elastic properties of nearly magnetic delta-plutonium. – Phys. Of Solid State. 2011, Vol. 53, pp. 1761–1768.

2. Povzner A.A., Volkov A.G., Filanovich A.N. Electronic structure and magnetic susceptibility of nearly magnetic metals (palladium and platinum). – Phys. Of Solid State. 2010. Vol. 52, pp. 2012–2018.

3. Elk. An all-electron FP-LAPW + lo code, available for free at http://elk.sourceforge.net.

4. Filanovich A.N., Povzner A.A., Volkov A.G. The peculiarities of δ-plutonium electronic structure and magnetic susceptibility. – J. Phys.: Conf. Ser. 2011, Vol. 286, 012047.

5. Kanellakopulos B., Blaise A., Fournier J. M., Muller W. The magnetic susceptibility of Americium and curium metal. – Solid State Communications. 1975, Vol. 17, pp. 713.

6. Moore K.T., van der Laan G. Nature of the 5f states in actinide metals. – Rev. Mod. Phys. 2009. Vol. 81, pp. 235

7. Norman M.R. Calculation of effective Coulomb interaction for Pr^{3+}, U^{4+}, and UPt_3. – Phys. Rev. B. 1995. Vol. 52, pp. 1421.

8. Troc R., Suski W.: 3.1.2.2.2 Magnetic properties. In: Wijn, H.P.J. (ed.). SpringerMaterials – The Landolt-Börnstein Database. http://www.springermaterials.com. doi: 10.1007/10008848_9.

9. Wyckoff R.W.G. Crystal Structures. Vol. 1, pp. 7–83. John Wiley & Sons, New York, London, 1963.

Рецензенты:

Ивлиев А.Д., д.ф.-м.н., профессор кафедры физики ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург;

Сидоренко Ф.А., д.ф.-м.н., профессор кафедры физики ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 811.221.18

ИННОВАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОСЕТИНСКОГО ЯЗЫКА

Гацалова Л.Б., Парсиева Л.К.

ФГБУН «Северо-Осетинский институт гуманитарных и социальных исследований им. В.И. Абаева» ВНЦ РАН и Правительства РСО-А, Владикавказ, e-mail: soigsi@mail.ru

Своевременное описание новаций с учетом их фонетической, морфологической, графической, словообразовательной и семантической адаптации в языке является одной из актуальных задач языкознания. Появление большого пласта новых слов, значений и сочетаний, а также новых графических форм в осетинском языке требует комплексного изучения, тщательного и всестороннего отбора и фиксации их в специальных словарях. В статье подробно рассмотрены активные процессы в лексической системе осетинского языка, описаны основные пути номинирования и тематические зоны появления лексико-фразеологических новаций в осетинском языке. На большом фактическом материале проанализированы слова, заимствованные из других языков, относительные неологизмы, устойчивые сочетания нефразеологического характера, неразложимые фразеологические сочетания слов, инициальные и фрагментарные сокращения, вошедшие в активное употребление в осетинском языке.

Ключевые слова: осетинский язык, лексика, термин, лексема, словарная статья, способы образования

INNOVATIVE FEATURES OF THE OSSETIAN LANGUAGE

Gatsalova L.B., Parsieva L.K.

The federal state – financed establishment of science of the North Ossetian Institute for humanitarian and social research by name VI Abaev, Vladikavkaz scientific center of the RAS and the Government of the Republic North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, e-mail: soigsi@mail.ru

Contemporary description of innovations considering their phonetic, morphological, graphic, word-formative and semantic adaptation in language is one of the actual problems of linguistics. The emergence of a large stratum of new words, meanings and combinations, as well as new graphic forms in the Ossetian language requires a comprehensive study, a careful and detailed selection and fixation of them in special dictionaries. In the article the active processes in the lexical system of the Ossetian language are considered in detail and the main ways of nomination and thematic areas of the appearance of lexico-phraseological innovations in the Ossetian language are described. Words borrowed from other languages, the relative neologisms, fixed combinations of non-phraseological nature, indissoluble phraseological combinations of words, the initial and fragmentary reductions, included in active use in the Ossetian language, are analysed on the big actual material

Keywords: the Ossetian language, lexica, term, lexeme, dictionary article, ways of education

Необходимость описания новых слов, значений и сочетаний как одна из задач лексикографов, создающих словари современного языка, стимулирует поиски путей адекватного отражения языкового развития. Объективной реальностью является то, что словари опаздывают с регистрацией новых слов или словосочетаний или же новых значений у слов старых. Для словарей живых языков это почти неизбежно.

В связи с этим всегда актуальным являлся вопрос о выработке способов своевременного описания неологизмов. В практике лексикографии используются следующие пути неографирования (т.е. лексикографирования лексических, семантических и фразеологических новаций):

1. Внесение узуальных неологизмов в очередное издание (или переиздание) толкового словаря живого литературного языка.
2. Создание дополнений (или приложений) к прежде изданным словарям.
3. Создание специальных словарей новых слов.

Самый естественный путь – внесение прижившихся в языке новообразований и заимствований в создающийся толковый словарь [1].

На практике задача своевременного отражения новых слов не может быть выполнена по определению ни одним словарем. Даже при использовании современных компьютерных методов составления словарей к моменту выхода в свет он уже устаревает.

Самостоятельным предметом описания неологизмы становятся только в специальных словарях новых слов [2]. В мировой лингвистике сложилась система учета новых слов, значений и сочетаний при помощи **«службы нового слова»**. В русской лексикографии есть все три вида учета новых слов, в осетинском – ситуация другая.

Анализ собранного материала показал, что **пути номинирования** могут быть различными:

1) образование нового слова или выражения средствами самого языка.

Например:

æфтиагджын – рентабельный;

рагхынцæг – осторожный, предусмотрительный;

уазалдзыд – простуда;

уæнгроггæнæн – тонизирующий;

æнцойуатон – со всеми удобствами;

2) заимствование.

Практически во всех языках современного общества наблюдается тенденция к заимствованию интернациональной лексики. Несмотря на всеобщее противодействие (вплоть до принятия запрещающих законов), в последние десятилетия наблюдается англо-американизация европейского и всего мирового сообщества. Поэтому заимствование новой лексики, отражающей новые понятия действительности, на современном этапе является одним из самых продуктивных и распространенных способов номинации появляющихся в жизни понятий. Все чаще общественные и технологические новшества называются интернациональными словами, которые в подавляющем большинстве английского или латинского происхождения.

В русском языке много заимствований из английского и латинского языков. При активном посредничестве русского языка, большое количество таких слов переходит и в осетинский язык, иногда оформляясь деривационными средствами осетинского языка: при образовании глагола это может быть вспомогательный глагол, при образовании прилагательного или существительного – суффикс и т.д. Например:

аккредитировать – аккредитаци кæнын;

бартерный – бартерон;

виртуальный – виртуалон;

галлюциногенный – галлюциногенон;

конструктивизм – конструктивондзинад.

Заимствуются из русского в осетинский язык не только англо-американизмы и латинизмы, но и слова из других языков, хотя их заметно меньше:

айкидо, джиу-джитсу, сумо, тхэквондо,

бутик, матэ, медиотекæ, сюрреалист, талиб и т.д.

Часто иноязычные заимствования можно заменить только словосочетаниями, например:

ипотекæ – фатер балхæныны кредит;

липосакци – цармы бынæй уæлдай сойы ист т.д.

3) наряду с заимствованиями для номинации новых явлений действительности используются также **кальки и полукальки**.

В осетинском языке большая часть слов калькируется с русского языка. С одной стороны, этому способствует владение большинством носителей осетинского языка русским языком, а с другой – стремление к освобождению от русских заимствований и к большей чистоте языка. Например, кальки:

армреслер – рукоборец – армæйхæцæг (от арм. «рука» и хæцын «бороться»);

беспроводный (телефон) – æнæтел (телефон) (от æнæ – «без» и тел. – «провод»);

сотовый (телефон) – чырæ (телефон) (от *чырæ* «соты»);

теплосберегающий – тæвдфæстауæрцгæнæн (от тæвд – «тепло» и фæстауæрц кæнын – «беречь, экономить»).

Часто подобные кальки являются результатом словотворчества языковедов, писателей, работников средств массовой информации. В разговорную речь кальки входят постепенно и не так быстро, как удачные новые заимствования. И в первое время наряду с кальками могут использоваться соответствующие русские заимствования, образуя при этом полную синонимию в языке.

Абсолютно синонимичны в осетинском языке и сочетания *чырæ телефон*, *дзыппы даргæ (хæсгæ) телефон* и мобилон телефон (ср. в русском *сотовый телефон* и *мобильный телефон)*.

В осетинском языке еще не утвердился какой-то один вариант: частота употребления всех трех сочетаний одинакова и от контекста не зависит.

Иногда наряду с полными кальками для номинации новых явлений действительности используют полукальки. Например:

аэрофæлгæсæн «аэронаблюдение»,

газуарæн «газораспределение»,

евроцалцæг «евроремонт»,

киберфыдгæнæг «кибервредитель»,

ксерохалдих «ксерокопия» (хотя есть и *ксерокопи*),

микробуаргъæд «микровещество»,

наркоуæйгæнæг «наркоторговец».

Много в осетинском языке и устойчивых выражений – калек и полукалек:

аразгæ интеллект «искусственный интеллект»,

æрвылазон ныстуан «ежегодное послание»,

биологон активон æмхасæн «биологически активная добавка»,

бюджеты хъахъхъæд статья «защищенная статья бюджета»,

дæлхæтæл гранатомет «подствольный гранатомет»,

сабырдзинадтауæг тыхтæ «миротворческие силы»,

наркотикты æнæзакъон зилдух «незаконный оборот наркотиков» [3] и т.д.

Свобода речетворчества (журналистов, политиков, публицистов и т.д.), отражаемая в последнее время в средствах массовой информации, активно влияет на увеличение воспроизводимых, привычных сочетаний, которые, подвергаясь идиоматизации, начи-

нают функционировать как самостоятельные единицы номинации сначала в русском языке, а затем в виде калек или полукалек переходить в осетинский. Например:

народная дипломатия – адæмон дипломати,

прямой эфир – комкоммæ эфир,

ближнее и дальнее зарубежье – хæстæг æмæ дард фæсарæнтæ,

телефон доверия – æууæнкдзинады телефон,

новые русские – ног ирæттæ,

денежные средства – æхцайы фæрæзтæ и т.д.

4) периферийные средства языка, т.е. наименование «вернувшихся» в жизнь нашего общества реалий:

арендатор – хаццзон (хаццон),

таможня – илциисæн (в «Кратком русско-осетинском и осетинско-русском словаре» Т.А. Гуриева – *илцистон* [4]) и т.д.

Немногочисленность таких слов свидетельствует о том, что возвращенные слова в силу своей «книжности и устарелости» не способны выражать новые понятия. А тот факт, что наряду с кальками и собственно осетинскими словами появляется все больше интернациональных заимствований, характерных для многих языков мира, говорит об интеграции мирового процесса и усилении общественно-политических и языковых связей в современном обществе.

Тематическая классификация новых слов дает возможность понять, в какой именно области деятельности общества происходят наибольшие перемены, а также позволяет предвидеть «судьбу» только что появившихся новых слов, определить зависимость способа образования новых слов от сферы их употребления.

В качестве **основных тематических зон** появления лексико-фразеологических инноваций можно особенно выделить следующие:

- Хозяйственно-экономическая терминология.
- Общественно-политическая терминология.
- Юриспруденция и военное дело.
- Интернет, компьютер и информационные технологии.
- Медицинские термины.
- Спортивные термины и т.д.

Переход общества на рыночные отношения обусловил появление целого пласта **хозяйственно-экономических терминов.** Некоторые новации этой группы очень сложно иногда отделить от политической и юридической терминологии.

Слова, возникшие на структурной базе самого языка (русского, осетинского) и его строевых элементов; сюда же мы относим кальки и полукальки**.** Например:

амалхъом (адæймаг) – предприниматель; *амалиуæгад, амалхъомдзинад, амалхъомад* – предпринимательство; *ерысхъом* – конкурентоспособный; *æфтиагджын* – рентабельный; *къуыввитт, фæкъуыввитт* – банкротство; *автофæдзæхстад* – автострахование; *хъалонфидæг* налогоплательщик; *сызгъæринкъахæн* – золотой прииск; *даргъæмгъуыдон* – долгосрочный; *авиацалцæггæнæн* – авиаремонтный; *автохæдзарад* – автохозяйство; *прайс-сыф* – прайс-лист; *товаруадзæг* – товаропроизводитель.

Слова, заимствованные из других языков. Например:

бартер, бизнесмен, бизнес-палатæ, дефолт, дилер, дистрибьютор, дотаци, евробилигаци, инвестор, ипотекæ, лизинг, маркетинг, менеджмент, перекупщик и т.д.

Слова, вернувшиеся в речевой обиход после длительного отсутствия (так называемые относительные неологизмы).

В осетинском языке наряду со словом *арендæ* (аренда) используется в том же значении старое слово *хаццон; арендатор и хаццзон; подрядон куыстытæ* (подрядные работы) *и нардуатæй куыст; сыгъзæринкъахæн* (золотой прииск) и *мадан*.

Устойчивые сочетания свободного, нефразеологического характера и неразложимые фразеологические сочетания слов:

акцизон нысан – акцизная марка; *æнæфонды фæрæзтæ* – нефондовые средства, *æнæххæст бæрнондзинады æхсæнад* – общество с ограниченной ответственностью, *æхгæд хыгъд* – закрытый счет, *æфтиагыл иумæйаг хъалон* – единый подоходный налог, *æхцайы фæрæзтæ* – денежные средства, *бюджеты хъахъхъæд статья* – защищенная статья бюджета, *зынаргъ гæххæтт* – ценная бумага, *материалон æфсисад* – материальное обеспечение, *рæстæмбис амалхъомдзинад* – среднее предпринимательство, *фæллойадон биржæ* – биржа труда, *финансон тугуадзæнтæ* – финансовые потоки, *хъалонтæ æмбырдгæнæн базæ* – налогооблагаемая база, *хъалонты фиддонтæ* – налоговые платежи, *цæрæнуæтты субсидитæ* – жилищные субсидии, *чысыл амалхъомдзинад* – малое предпринимательство, *чысыл куыстуат* – малое предприятие, *экономикæйы æцæг сектор* – реальный сектор экономики.

Инициальные и фрагментарные сокращения, вошедшие в активное употребление:

АÆ (акционерон æхсæнад), *АПК* (агро-промышленон комплекс), *АГБÆФ* (автогражданон бæрнондзинады æнæмæнг фæдзæхстад), *ГАÆ* (гом акционерон æхсæнад) и т.д.

Новые или с новым значением серийные первые и вторые части сложных слов (префиксоиды и суффиксоиды):

авто- *(автодугъ, автохæдзарад, автофæдзæхстад),*

авиа- *(авиацалцæггæнæн),*

евро- *(евроцалцæг).*

Интересно, что в значении «предпринимательство» в осетинском языке выступают три слова – производные от *амал* «возможность»: *амалиуæгад, амалхъомдзинад, амалхъомад,* хотя в «Осетинско-русском словаре» под редакцией А.М. Касаева [5] примерно с таким же значением уже давно отмечено слово *амалиуæгдзинад* (предприимчивость). Но, видимо, та небольшая разница в значении сыграла свою роль при выборе более подходящего варианта слова, и их появилось сразу три равноупотребительных. Со временем язык, имеющий способность самоочищаться, сам избавится от того варианта, который менее всего нужен.

В значении «банкротство, разорение» в «Осетинско-русском словаре» [5] указаны слова *къуыввитт* и *гаффутт*. Однако в современном осетинском языке при описании данной экономической процедуры утвердилось только *къуыввитт (фæкъуыввитт, фæкъуыввитты процедурæ)*, хотя оба слова маркированы по признаку «экспрессивность», а это для термина нежелательно.

В результате проведенного исследования мы пришли к следующим выводам.

Для осетинского языка источниками пополнения словарного состава являются ресурсы как русского, так и, в меньшей степени, самого осетинского языка (особенно в узусе). Словообразовательная система миноритарного осетинского не компенсирует давления со стороны доминирующего русского языка.

Преодоление сложившейся ситуации возможно при корректировке языковой политики, тщательном планировании лексикографической работы, выработке новых принципов лексикографического описания, ориентированных на сохранение определенного «уровня языковой безопасности».

Список литературы

1. Гацалова Л.Б. Принципы лексикографической репрезентации и языковой адаптации неологизмов. – Владикавказ: Изд-во «Аландон», 2005.

2. Гацалова Л.Б. Толковый словарь новых слов осетинского языка. – Владикавказ: Изд-во СОГУ, 2005.

3. Гацалова Л.Б., Парсиева Л.К. Большой русско-осетинский словарь. – Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2011.

4. Гуриев Т.А. Краткий русско-осетинский и осетинско-русский словарь. – Владикавказ, 2008.

5. Осетинско-русский словарь. – Владикавказ, 1993.

References

1. Gatsalova L.B. Lexicographical principles of representation and linguistic adaptation of neologisms. Vladikavkaz: Alandon Publishing House, 2005.

2. Gatsalova L.B. Dictionary of new words of the Ossetian language, Vladikavkaz, 2005.

3. Gatsalova L.B., Parsieva L.K. Big Russian-Ossetian dictionary. Vladikavkaz: IPO SOIGSI, 2011.

4. T.A. Guriev. Brief Russian-Ossetian and Ossetian-Russian dictionary. Vladikavkaz, 2008.

5. Ossetian-Russian dictionary. Vladikavkaz, 1993.

Рецензенты:

Кунавин Б.В., д.филол.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова», г. Владикавказ;

Дзодзикова З.Б., д.филол.н., профессор кафедры осетинского и общего языкознания ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова», г. Владикавказ.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 550.423 + 504.064.2

ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Попова Л.Ф., Васюк К.С., Васильева А.И., Репницына О.Н., Бечина И.Н., Усачева Т.В.

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Институт естественных наук и биомедицины, Архангельск, e-mail: natsciences@narfu.ru

Проведен сравнительный анализ валового содержания тяжелых металлов I-III классов опасности в почвах городов Архангельской промышленной агломерации, выявлен перечень этих металлов как основных поллютантов городов агломерации, установлены возможные причины их закрепления в почвах. Дана оценка степени загрязнения почв различных функциональных зон Архангельска, Новодвинска и Северодвинска этими поллютантами. Установлено, что для почв городов Архангельской промышленной агломерации характерно полиметаллическое загрязнение почв. Основными поллютантами Новодвинска являются Zn и Ni; Северодвинска − Pb, Ni, Zn, Cu и Cd; Архангельска − Pb, Zn, Hg, Cu и Mn. Степень загрязнения почв городов Архангельской промышленной агломерации ТМ обусловлена как сроком техногенной эксплуатации территории, так и гранулометрическим составом их. Используя суммарный показатель техногенного загрязнения, проведено экологическое зонирование территории городов по категории загрязнения почв тяжелыми металлами и установлено, что почвы Новодвинска и Северодвинска имеют допустимую степень загрязнения ТМ (по валовому содержанию), а почвы Архангельска − умеренно опасную.

Ключевые слова: тяжелые металлы, валовое содержание, суммарный показатель загрязнения, функциональные зоны, почва, Архангельская промышленная агломерация

ECOLOGICAL-ANALYTICAL ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION OF SOIL COVER OF THE CITIES OF ARKHANGELSK INDUSTRIAL AGGLOMERATION

Popova L.F., Vasyuk K.S., Vasilieva A.I., Repnicina O.N., Bechina I.N., Usacheva T.V.

Northern (Arctic) Federal University Named After M. Lomonosov, Institute of Natural Science and Biomedicine, Arkhangelsk, e-mail: natsciences@narfu.ru

The comparative analysis of the gross content of heavy metals (I-III classes of danger in the soils of the cities of Arkhangelsk industrial agglomeration, identified a list of these metals as a major pollutants cities agglomeration, installed the possible reasons for their retention in soils. Estimation of the degree of soil contamination of various functional zones of Arkhangelsk, Novodvinsk and Severodvinsk these pollutants. It is established that, for soils of the cities of Arkhangelsk industrial agglomeration characterized complex ore soil pollution. The main pollutants Novodvinsk are Zn and Ni; Severodvinsk – Pb, Ni, Zn, Cu and Cd; Arkhangelsk – Pb, Zn, Hg, Cu and Mn. The degree of soil pollution cities of Arkhangelsk industrial agglomeration TM is due to both a period of technological exploitation of the territory, so and granulometric composition of them. Using the sum of man-caused pollution, carried out environmental zoning of the territory of the cities in the category of pollution of soils with heavy metals and revealed that soil Novodvinsk and Severodvinsk have the permissible degree of pollution TM (according to the gross content), and soil Arkhangelsk – moderately dangerous.

Keywords: heavy metals, gross content, a summary indicator of pollution, functional zones, soil, Arkhangelsk industrial agglomeration

Резкое увеличение техногенного давления на природу привело к нарушению экологического равновесия и вызвало деградацию не только среды обитания, но и здоровья людей и животных. Биосфера постепенно утратила свое господствующее значение и в населенных регионах стала превращаться в техносферу. Техногенная нагрузка особенно велика в городах, где высокая плотность населения сочетается с большим количеством промышленных и коммунально-бытовых предприятий, постоянно увеличивающимся автотранспортным парком, газопылевые выбросы которых создают мощные техногенные потоки токсичных веществ на поверхности почв и растений, вызывая их загрязнение.

Тяжелые металлы (ТМ) относятся к числу приоритетных загрязняющих веществ. Находясь преимущественно в рассеянном состоянии, ТМ могут образовывать локальные аккумуляции, где их концентрация в сотни и тысячи раз превышает среднепланетарные уровни. В качестве мощного аккумулятора ТМ и исходного звена в миграции поллютантов по наземным трофическим цепям выступает почва. Она в отличие от других природных сред обладает трансформирующими свойствами по отношению ко многим загрязнителям. ТМ хорошо сорбируются почвой, их соединения длительное время сохраняют высокую подвижность и токсичные свойства. Являясь накопителями техногенных веществ, почвы могут

стать вторичным источником загрязнения воздуха, растений, природных вод и вызвать нарастание экологически опасных последствий.

Химическое загрязнение окружающей среды, в том числе и ТМ, особенно возрастающее в крупных промышленных центрах, имеет особую опасность для уязвимой природы Европейского Севера России.

Города Архангельской промышленной агломерации (Архангельск, Северодвинск, Новодвинск), расположены в устье Северной Двины. Архангельск – крупный научный и промышленный город Европейского Севера России и административный центр Архангельской области – был основан в 1584 году. Главной отраслью промышленности Архангельска является лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, развиты также теплоэнергетика, машиностроительная и добывающая промышленность. Город Северодвинск, основанный в 1938 году, является центром атомного судостроения России. Новодвинск получил статус города в 1977 году, его градообразующим предприятием является Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат.

Цель исследования – дать комплексную эколого-аналитическую оценку загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова городов Архангельской промышленной агломерации**.**

Материалы и методы исследования

Объектом исследования были выбраны почвы, взятые с 136 пробных площадей (ПП), заложенных в техногенно-антропогенных и природно-антропогенных зонах городов Архангельской промышленной агломерации. Отбор, хранение и транспортировка проб почв, взятых для анализа на ТМ, осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84 [1].

На базе лаборатории биогеохимических исследований института естественных наук и биомедицины САФУ в образцах почв методами РФА согласно ПНД Ф 16.1.42–04 [7] и ААС согласно М-МВИ 80–2008 [2] было определено валовое содержание Pb, As, Cd, Hg, Zn, Cu, Ni, Co и Mn. Анализы выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, ГК от 29.04.2011 г. № 16.552.11.7023.

Для оценки степени загрязнения почвенного покрова городов ТМ использовали расчетные показатели (K_c, Z_c) и шкалы экологического нормирования, предложенные М.В. Никитиной, Л.Ф. Поповой, Т.А. Корельской [6] и С.А. Герасимовой, А.С. Курбатовой, А.Д. Мягковой, др. [5]. *Коэффициент концентрации* K_c, – показатель, служащий для характеристики и выявления локальных техногенных аномалий, связанных с газопылевыми выбросами промышленных предприятий, их накоплением на урбанизированных территориях:

$$K_c = C/C_o,$$

где C – фактическая концентрация определяемого компонента в почве, C_o – фоновое содержание. В качестве фона была взята условно-чистая природная дерновая маломощная легкосуглинистая почва, сформированная на суходольном лугу в 35 км от г. Архангельска. *Суммарный показатель загрязнения* Z_c – коэффициент, нормативно закрепленный в МУ 2.1.7.730–99 [3] и широко используемый в качестве интегрального показателя, который отражает общий вклад ТМ в загрязнение почв:

$$Zc = \sum_{i-1}^{N} Kc - (n-1),$$

где K_c – коэффициент концентрации вещества; n – число анализируемых элементов-загрязнителей.

Картографическое зонирование территорий выполнено с применением ГИС MapInfo Professional 11.0.

Результаты исследования и их обсуждение

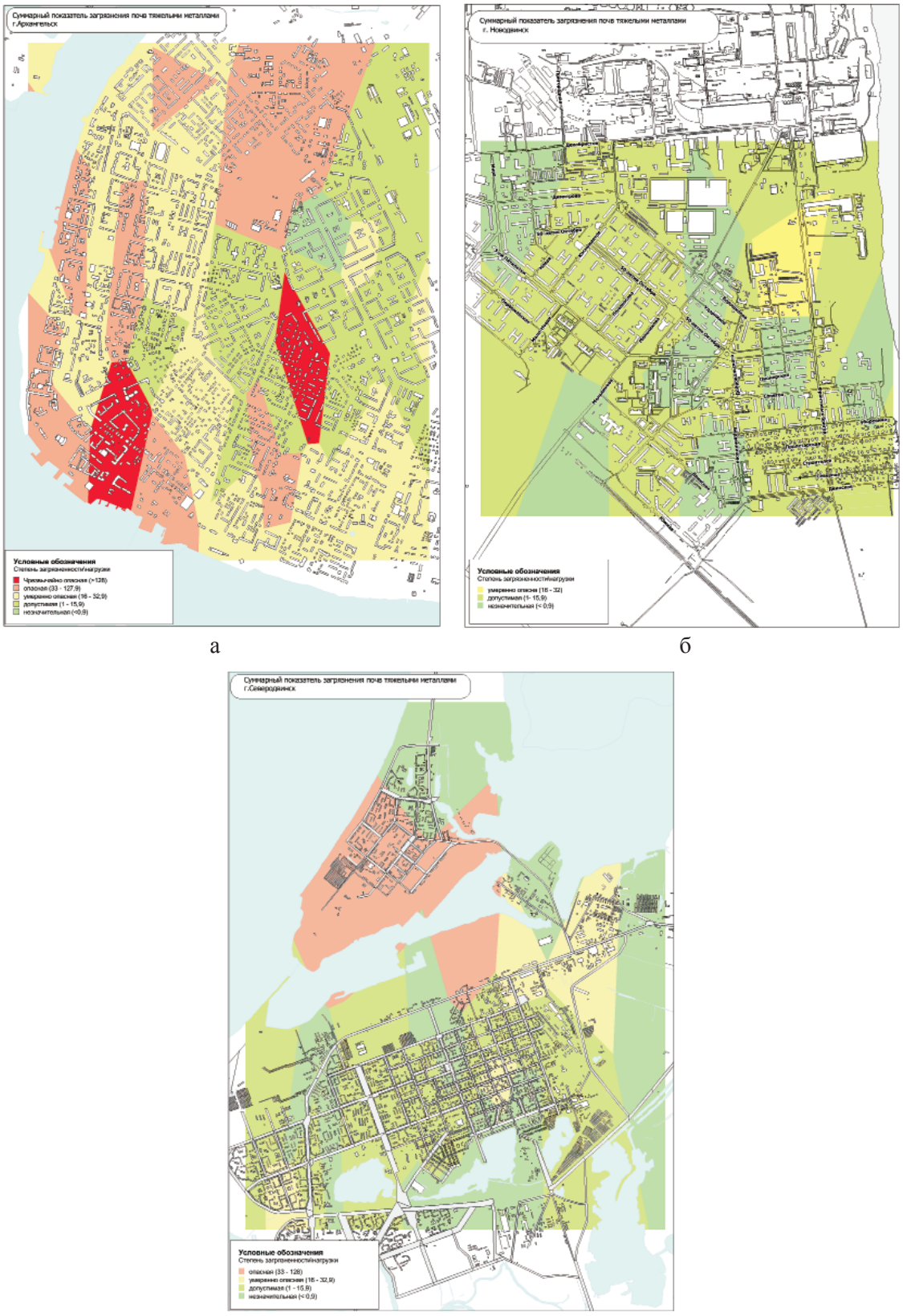
Анализ экспериментальных данных позволил оценить степень загрязнения городских почв Архангельской промышленной агломерации ТМ различного класса опасности (рисунок).

Установлено, что почвы всех городов агломерации можно считать незагрязненными мышьяком, кобальтом и ванадием.

Все почвы Новодвинска чистые в отношении свинца, ртути, кадмия, меди и марганца, но 7% ПП слабо загрязнены цинком, 33% ПП − никелем. Это обусловлено легким (супеси) гранулометрическим составом почв г. Новодвинска, нормативные показатели для которых в связи с низкой поглотительной способностью ниже, чем для почв тяжелого гранулометрического состава.

Почвы Северодвинска можно считать чистыми только в отношении ртути и марганца. На 25% ПП промышленной и селитебной зон города почвы слабо загрязнены цинком, на 8% ПП − кадмием. 8% почв промышленной зоны слабо загрязнены медью, 28% почв селитебной зоны слабо загрязнены никелем и 6% − свинцом. 3% ПП промышленной зоны Северодвинска имеют средний уровень загрязнения почв свинцом. Это обусловлено тем, что при довольно высоком уровне техногенной нагрузки (ВПК, ТЭЦ, работающая на угле, ежегодно увеличивающийся автотранспортный парк), почвы Северодвинска имеют легкий гранулометрический состав (пески и супеси).

В Архангельске наиболее загрязнены ТМ почвы селитебной зоны города [4]. 2% этих почв имеют слабую степень загрязнения медью и среднюю − ртутью. На 2% ПП имеются почвы со слабой и сильной степе-



а б

в

Экологическое зонирование территории городов Архангельской промышленной агломерации (а – Архангельск; б – Новодвинск; в – Северодвинск) по категории загрязнения почв тяжелыми металлами согласно суммарному показателю техногенного загрязнения Z_c.

нью загрязнения цинком, сильной и очень сильной степенью загрязнения свинцом. Почвы 9% ПП селитебной зоны имеют средний уровень загрязнения свинцом, а 20% ПП зоны городских лугов – высокий уровень загрязнения марганцем. Высокий уровень загрязнения почв селитебной зоны ТМ может быть обусловлен как возрастом застройки и эксплуатации территории (более 400 лет) и тяжелым гранулометрическим составом почв и почвообразующих пород (останцовая морена), так и спецификой антропогенного воздействия, которое заключается в интенсивном использовании автотранспорта, особенно в последние годы. Относительная незагрязнённость почв промышленной зоны, несмотря на большую техногенную нагрузку, объясняется коротким сроком использования этих земель (около 30 лет) и особенностями гранулометрического состава почв. Их высокая опесчаненность и переслоенность приводит к вымыванию ионов металлов и не способствует их кумуляции.

По суммарному показателю загрязнения Z_c построены карты экологического зонирования территории городов Архангельской промышленной агломерации (см. рисунок). Для г. Архангельска составлена карта экологического зонирования территории селитебной зоны города.

Согласно среднему значению Z_c почвы городов Архангельской промышленной агломерации по степени загрязнения их ТМ можно расположить в следующий убывающий ряд: Архангельск$_{19,2}$ → Северодвинск$_{9,0}$ → Новодвинск$_{3,6}$. Почвы Новодвинска и Северодвинска имеют допустимую степень загрязнения ТМ (по валовому содержанию), а почвы Архангельска – умеренно опасную. Однако на территории каждого города встречаются довольно загрязненные ТМ почвы. Так, 3% почв Новодвинска и 11% почв Северодвинска имеют умеренно опасную степень загрязнения ТМ, 6% почв Северодвинска и 30% почв селитебной зоны Архангельска имеют опасную степень загрязнения ТМ и 4% почв селитебной зоны Архангельска имеют очень опасную степень загрязнения ТМ.

Таким образом, для почв городов Архангельской промышленной агломерации характерно полиметаллическое загрязнение почв. Основными поллютантами Новодвинска являются Zn и Ni; Северодвинска – Pb, Ni, Zn, Cu и Cd; Архангельска – Pb, Zn, Hg, Cu и Mn. Степень загрязнения почв городов Архангельской промышленной агломерации ТМ обусловлена как сроком техногенной эксплуатации территории, так и гранулометрическим составом почв. Почвы Новодвинска и Северодвинска имеют допустимую степень загрязнения ТМ (по валовому содержанию), а почвы Архангельска – умеренно опасную.

Список литературы

1. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. Введён в действие 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.

2. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии: М-МВИ 80-2008. – СПб., 2008. – 29 с.

3. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: МУ 2.1.7.730-99. Введён в действие 05.04.1999. – URL: http://www.dioxin.ru/doc/mu2.1.5.7.730-99.htm (дата обращения: 06.07.2012).

4. Никитина М.В. Эколого-химическая оценка загрязнения тяжелыми металлами основных урболандшафтов Архангельска. – Архангельск: Изд-во «КИРА», 2011. – 22 с.

5. Оценка почв и грунтов в ходе проведения инженерно-экологических изысканий для строительства. – М., 2001. – 24 с.

6. Пилюгина М.В., Попова Л.Ф., Корельская Т.А. Экологический биогеохимический мониторинг: критерии, нормативы, коэффициенты. – Архангельск: Изд-во ПГУ, 2007. – 48 с.

7. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа: ПНД Ф 16.1.42-04. Разработчик – ООО «НПО «Спектрон». – URL: http://www.spectron.ru/products/27.html (дата обращения: 03.07.2012).

References

1. GOST 17.4.4.02-84 Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza. Vvedjon v dejstvie 01.01.1986. M.: Izd-vo standartov, 1985. 8 p.

2. M-MVI 80-2008. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli jelementov v probah pochv, gruntov i donnyh otlozhenijah metodami atomno-jemissionnoj i atomno-absorbcionnoj spektrometrii. S.Pb. 2008. 29 p.

3. MU 2.1.7.730-99. Gigienicheskaja ocenka kachestva pochvy naselennyh mest. Vvedjon v dejstvie 05.04.1999. URL: http://www.dioxin.ru/doc/mu2.1.5.7.730-99.htm (data obrawenija: 06.07.2012).

4. Nikitina M.V. Jekologo-himicheskaja ocenka zagrjaznenija tjazhelymi metallami osnovnyh urbolandshaftov Arhangel'ska. Arhangel'sk: Izd-vo «KIRA», 2011. 22 p.

5. Ocenka pochv i gruntov v hode provedenija inzhenerno-jekologicheskih izyskanij dlja stroitel'stva. M., 2001. 24 p.

6. Piljugina M.V., Popova L.F., Korel'skaja T.A. Jekologicheskij biogeohimicheskij monitoring: kriterii, normativy, kojefficienty. – Arhangel'sk: Izd-vo PGU, 2007. 48 p.

7. PND F 16.1.42-04 Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli metallov i oksidov metallov v poroshkovyh probah pochv metodom rentgenofluorescentnogo analiza. Razrabotchik – OOO «NPO «Spektron». URL: http://www.spectron.ru/products/27.html (data obrawenija: 03.07.2012).

Рецензенты:

Телешев А.Т., д.х.н., профессор кафедры физической и аналитической химии химического факультета ФГБОУ ВПО «Московский педагогический государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Москва;

Наквасина Е.Н., д.с.-х.н., профессор кафедры лесоводства и почвоведения Лесотехнического института Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова Минобрнауки РФ, г. Архангельск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 547.379

РЕАКЦИИ АННЕЛИРОВАНИЯ БЕНЗИМИДАЗОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Потапов В.А., Малинович Д.А., Амосова С.В.

Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: v.a.potapov@mail.ru

Разработаны эффективные методы аннелирования бензимидазольной системы на основе реакций 2-пропаргил- и 2-алленилтиобензимидазолов. Нагревание 2-пропаргилтиобензимидазола приводит к 2-метил[1,3]тиазоло[3,2-*a*]бензимидазолу с высоким выходом. Можно предполагать, что реакция идет через [3,3]-сигматропную перегруппировку с последующим присоединением тиольной группы к алленовому фрагменту. Если в аналогичных условиях (ДМСО, 180°С) нагреванию подвергается 2-алленилтиобензимидазол, наблюдается внутримолекулярное присоединение аминогруппы к алленовому фрагменту с образованием изомерного соединения с другим положением метильной группы: ранее неизвестного 3-метил[1,3] тиазоло[3,2-*a*]бензимидазола. Эффективный способ получения 2-пропаргилтиобензимидазола основан на реакции 2-меркаптобензимидазола с пропаргилбромидом. 2-Алленилтиобензимидазол получен прототропной изомеризацией 2-пропаргилтиобензимидазола под действием гидроксида калия.

Ключевые слова: аннелирование, бензимидазол, нуклеофильное присоединение, перегруппировка Кляйзена

ANNELATION REACTIONS OF THE BENZIMIDAZOLE SYSTEM

Potapov V.A., Malinovich D.A., Amosova S.V.

A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Division of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: v.a.potapov@mail.ru

Efficient methods of annelation of the benzimidazole system based on reactions of 2-propargyl and 2-allenylthiobenzimidazoles have been elaborated. Heating 2-propargylthiobenzimidazole leads to 2-methyl[1,3] thiazolo[3,2-*a*]benzimidazole in high yield. The reaction is supposed to proceed via [3,3]-sigmatropic shift followed by the addition of the thiol group to the allene fragment. If 2-allenylthiobenzimidazole undergoes heating under the same conditions, the intramolecular addition of the amino group to the allene fragment with the formation of isomeric compound with another position of the methyl group, earlier unknown 3-methyl[1,3]thiazolo[3,2-*a*]benzimidazole, has been observed. The effective method of preparation of 2-propargylthiobenzimidazole has been elaborated based on the reaction of 2-mercaptobenzimidazole with propargyl bromide. 2-Allenylthiobenzimidazole has been obtained by prototropic isomerization of propargylthiobenzimidazole under the action of potassium hydroxide.

Keywords: annelation, benzimidazole, nucleophilic addition, Claisen rearrangement

Производные бензимидазола представляют собой важный класс гетероциклических соединений, представители которых проявляют высокую биологическую активность [1, 2]. Имидазольный цикл входит в состав незаменимой аминокислоты гистидина и является структурным фрагментом гистамина, пуриновых оснований, ряда лекарственных средств (дибазол, метапрот и др.) [1, 2].

В Иркутском институте химии имени А.Е. Фаворского СО РАН проводятся систематические исследования по разработке новых подходов к синтезу новых ненасыщенных халькогенорганических соединений [3–14]. Ряд ненасыщенных халькогенорганических соединений использован нами в реакциях аннелирования гетероциклических соединений [3, 4, 10, 11, 14]. Один из подходов к аннелированию базируется на реакциях [3,3]-сигматропного сдвига в ряду гетероциклических соединений, содержащих пропаргилтиогруппу (тио-перегруппировка Кляйзена). С использованием этого подхода синтезированы новые гетероциклические системы, содержащие кольца тиофена и селенофена [11].

В настоящем сообщении обсуждены результаты, полученные при изучении реакций аннелирования бензимидазольной системы.

Целью исследования является разработка эффективных методов синтеза новых конденсированных соединений на основе аннелирования бензимидазольной системы реакциями 2-пропаргил- и 2-алленилтиобензимидазолов.

Материалы и методы исследования

Спектры ЯМР ^{1}H и ^{13}C регистрировали на приборе Bruker DPX-400 (рабочие частоты 400,13, и 100,61 МГц соответственно) в CCl_4., внутренний стандарт – ГМДС. Элементный анализ выполнен на приборе Thermo Finigan EA 1112.

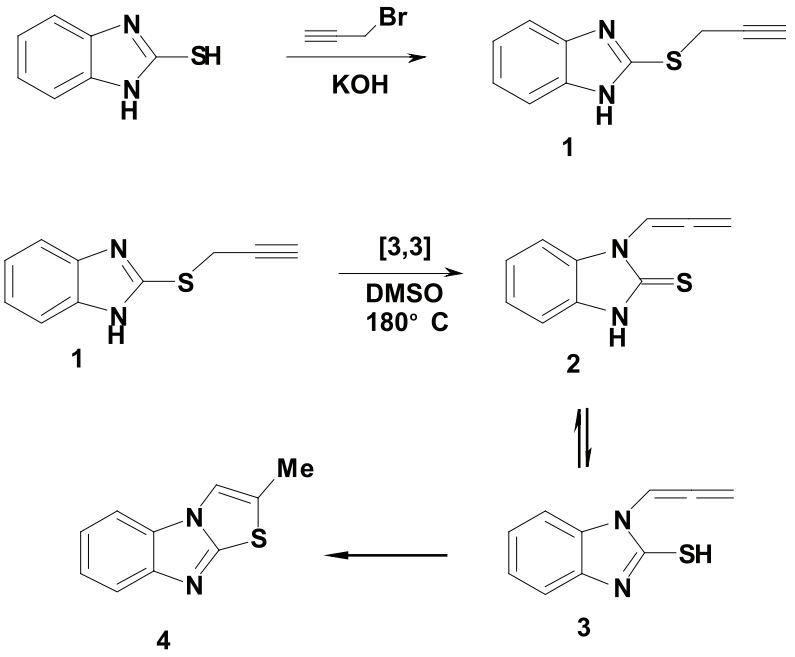
Результаты исследования и их обсуждение

Нами осуществлено аннелирование бензимидазольной системы на основе реакций 2-пропаргил- и 2-алленилтиобензимидазолов.

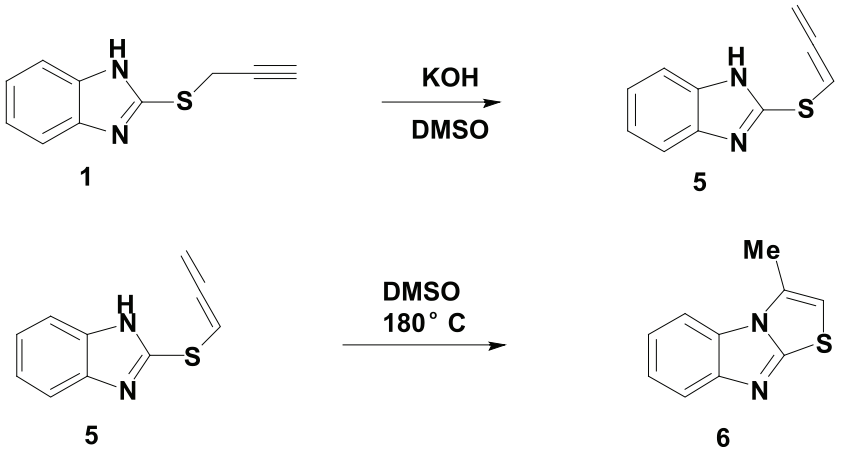
Разработан эффективный способ получения 2-пропаргилтиобензимидазола (**1**) с выходом 87% реакцией 2-меркаптобензимидазола с пропаргилбромидом в присутствии гидроксида калия в ДМСО.

Нагревание 2-пропаргилтиобензимидазола (ДМСО, 180 ºС) приводит к ранее неизвестному 2-метил[1,3]тиазоло[3,2-*a*]бен-

зимидазолу (**4**) с высоким выходом (90%). Можно предполагать, что реакция идет через [3,3]-сигматропную перегруппировку с образованием соединения **2** с последующим присоединением тиольной группы к алленовому фрагменту в интермедиате **3**.



Если в аналогичных условиях (ДМСО, 180°С) нагреванию подвергается 2-алленилтиобензимидазол (**5**), наблюдается внутримолекулярное присоединение аминогруппы к алленовому фрагменту с образованием изомерного соединения с другим положением метильной группы: ранее неизвестного 3-метил[1,3]тиазоло[3,2-*a*]бензимидазола (**6**) с выходом 95%.



Эффективный способ получения 2-алленилтиобензимидазола (**5**) с выходом 82% основан на прототропной изомеризации 2-пропаргилтиобензимидазола (**1**) под действием гидроксида калия в ДМСО.

Строение синтезированных соединений надежно доказано методами ЯМР ^{1}H и ^{13}C, в том числе с использованием методик COSY и JMOD, и подтверждено данными элементного анализа. Спектральные характеристики соединений **1**,**4-6** объединены в табл. 1. Выходы и данные элементного анализа соединений **1**,**4-6** представлены в табл. 2.

В ПМР спектре соединения **1** пропаргильная группа проявляется двумя сингалами протонов: дублетом при 3,95 м.д. и триплетом при 2,50 м.д., соответствующим SCH_2-группе и терминальному ацетиленому фрагменту, в то время как алленовая группа в ПМР спектре соединения **5** проявляется триплетом при 5,84 м.д. (SCH-группа) и дублетом при 4,81 м.д. (CH_2-группа).

Таблица 1

Спектральные характеристики соединений **1**,**4-6**

Соединение	Спектр ЯМР ^{1}H, δ м. д.	Спектр ЯМР ^{13}C, δ м.д.
1	2,50 т (1H, ≡CH), 3,95 д (2H, CH_2), 7,18 м (2H, Ar), 7,48 м (2H, Ar)	159,2 (N = S), 140,4 (Ar), 122,6 (Ar), 114,74 (Ar), 81,1 (≡C-), 73,9 (≡CH), 21,8 (SCH_2)
4	2,48 с (3H, CH_3), 7,39 м (1H, NCH =), 7,58 м (1H, Ar), 7,22 м (1H, Ar), 7,34 м (1H, Ar), 7,77 м (1H, Ar)	163,7 (N = C), 138,4(Ar), 126,7 (SC =), 123,1 (Ar), 122,8 (Ar), 122,1 (NCH =), 119,3 (Ar), 113,9 (Ar), 110,1 (Ar), 14,2 (CH_3)
5	4,81 д (2H, = CH_2), 5,84 т (2H, SCH), 7,14 м (2H, Ar), 7,44 м (2H, Ar)	206,2 (= C =), 148,5 (N = C), 142,6 (Ar), 122,7 (Ar), 111,7 (Ar), 90,5 (SCH =), 81,8 (= CH_2)
6	2,59 с (3H, CH_3), 6,41 с (1H, SCH =), 7,56 м (1H, Ar), 7,16 м (1H, Ar), 7,02 м (1H, Ar), 7,59 м (1H, Ar)	155,6 (N = C), 140,4 (Ar), 132,7 (NC =), 126,4 (Ar), 124,4 (Ar), 123,9 (Ar), 120,4 (Ar), 113,1 (Ar), 111,4 (SCH =), 16,6 (CH_3)

Таблица 2

Выходы и данные элементного анализа соединений **1**,**4-6**.

Соединение	Выход, %	Найдено, %	Брутто-формула	Вычислено, %
1	87	C 64,13, H 4,32, N 14,58, S 16,83	$C_{10}H_8N_2S$	C 63,80, H 4,28, N 14,88, S 17,03
4	90	C 63,46, H 4,04, N 15,13, S 17,24	$C_{10}H_8N_2S$	C 63,80, H 4,28, N 14,88, S 17,03
5	82	C 64,09, H 4,41, N 14,67, S 16,91	$C_{10}H_8N_2S$	C 63,80, H 4,28, N 14,88, S 17,03
6	95	C 63,69, H 4,36, N 15,08, S 17,11	$C_{10}H_8N_2S$	C 63,80, H 4,28, N 14,88, S 17,03

В спектре ЯМР ^{13}C соединения **1** пропаргильная группа проявляется двумя сигналами ацетиленовых углеродов при 81,1 и 73,9 м.д. Алленовый фрагмент в спектре ЯМР ^{13}C соединения **5** проявляется сигналами при 206,2; 90,5 и 81,8 м.д., характерными для алленилтиогруппы. В спектре ЯМР ^{13}C соединения **4**, кроме сигналов углеродов бензольного кольца, имеется сигнал при 122,1 м.д., относящийся к sp^2-гибридизованному атому углерода, связанному с атомом азота (NCH =), в то время как в спектре ЯМР ^{13}C соединения **6** имеется сигнал sp^2-гибридизованного атома углерода CH-группы, связанной с атомом серы (111,4 м.д.).

Выводы

На основе реакций 2-пропаргилтиобензимидазола и 2-алленилтиобензимидазола найдены эффективные подходы к аннелированию бензимидазольной системы и разработаны эффективные способы получения 2-метил и 3-метил[1,3]тиазоло[3,2-*a*]бензимидазолов с высокими выходами.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований Отделения химии и наук о материалах РАН и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-03-01098).

Список литературы

1. Георгиевский В.П., Комиссаренко П.Ф., Дмитрук С.Е. Биологически активные вещества лекарственных растений. – Новосибирск: Наука, 1990. – 333 с.

2 Машковский М.Д. Лекарственные средства. – М.: Новая волна, 2010. – 1216 с.

3. Мусалов М.В., Потапов В.А., Амосова С.В. Аннелирование пропаргилфенилового эфира дихлоридом селена // Известия АН. Сер. хим. – 2011. – № 4. – С. 752–753.

4. Мусалов М.В., Потапов В.А., Амосова С.В. Реакция дихлорида селена с аллилфениловым эфиром // Журн. орган. химии. – 2011. – Т. 47, №. 6. – С. 930–931.

5. Мусалова М. В., Потапов В. А., Панов В. А., Амосова С. В. Синтез дивинилдителлурида из теллура и ацетилена // Журн. орг. химии. – 2012. − Т. 48, № 5. – С. 742–743.

6. Мусалов М.В., Потапов В.А., Амосова С.В., Мусалова М.В., Волкова К.А. Реакции дихлорида и дибромида селена с диаллилтеллуридом // Журн. общ. химии. – 2011. − Т. 81, № 10. – С. 1749–1750.

7. Потапов В.А., Мусалов М.В., Амосова С.В., Мусалова М.В., Пензик М.В. Реакция дихлорида селена с дивинилтеллуридом // Журн. орган. химии. − 2011. − Т. 47, №. 6. − С. 932–933.

8. Потапов В.А., Мусалов М.В., Мусалова М.В., Амосова С.В. Реакция тетрахлорида теллура с ацетиленом // Известия АН. Сер. хим. − 2009. − № 11. − С. 2327–2328.

9. Потапов В.А., Мусалова М.В., Амосова С.В. Синтез Е-2-хлорвинилтеллуртрихлорида и Е,Е-бис(2-хлорвинил) дителлурида // Известия АН. Сер. хим. − 2012. − № 1. − С. 201–202.

10. Потапов В.А., Хуриганова О.И., Амосова С.В. Эффективный способ получения 3-бром-2-фенилбензоселенофена из дибромида селена и дифени-

лацетилена // Журн. орган. химии. – 2010. – Т. 46, № 9. – С. 1417–1418.

11. Brandsma L., Morkved E.H., Bjorlo O., Potapov V.A., Amosova S.V. Application of the [3,3]-sigmatropic rearrangment in the synthesis of condensed bicylic systems containing chalcogens // Sulfur Lett. – 2000. – Vol. 23, № 5. – P. 215–220.

12. Musalova M.V., Amosova S.V., Potapov V.A. Synthesis of novel E-2-chlorovinyltellurium compounds based on the stereospecific anti-addition of tellurium tetrachloride to acetylene // Molecules. – 2012. – Vol. 17, № 5. – P. 5770–5779.

13. Potapov V.A., Kurkutov E.O., Musalov M.V., Amosova S.V. Reactions of selenium dichloride and dibromide with divinyl sulfone: synthesis of novel four- and five-membered selenium heterocycles // Tetrahedron Lett. – 2010. – Vol. 51, № 40. – P. 5258–5261.

14. Potapov V.A., Musalov M.V., Amosova S.V. Reactions of selenium dichloride and dibromide with unsaturated ethers. Annulation of 2,3-dihydro-1,4-oxaselenine to the benzene ring // Tetrahedron Lett. – 2011. – Vol. 52, № 36. – P. 4606–4609.

References

1. Georgievsky V.P., Komissarenko P.F., Dmitruk S.E. Biologicheski aktivnye veshchestva lekarstvennykh rastenii. Novosibirsk: Nauka, 1990. 333 p.

2. Mashkovsky M.D. Lekarstvennye sredstva. Moscow: Novaya volna, 2010. 1216 p.

3. Musalov M.V., Potapov V.A., Amosova S.V. Annelation of propargyl phenyl ether with selenium dichloride // Russ. Chem. Bull. 2011. Vol. 60, no 4. pp. 767–768.

4. Musalov M.V., Potapov V.A., Amosova S.V. Reaction of selenium dichloride with allyl phenyl ether // Russ. J. Org. Chem. 2011. Vol. 47, no 6. pp. 948–949.

5. Musalova M.V., Potapov V.A., Panov V.A., Amosova S.V. Synthesis of divinyl ditelluride from tellurium and acetylene // Russ. J. Org. Chem. 2012. Vol. 48, no 5. pp. 743–744.

6. Musalov M.V., Potapov V.A., Amosova S.V., Musalova M.V., Volkova K.A. Reaction of selenium dichloride and dibromide with diallyl telluride // Russ. J. Gen. Chem. 2011. Vol. 81, no 10. pp. 2201–2202.

7. Potapov V.A., Musalov M.V., Amosova S.V., Musalova M.V., Penzik M.V. Reaction of selenium dichloride and dibromide with divinyl telluride // Russ. J. Org. Chem. 2011. Vol. 47, no 6. pp. 950–951.

8. Potapov V.A., Musalov M.V., Musalova M.V., Amosova S.V. Reaction of tellurium tetrachloride with acetylene // Russ. Chem. Bull. 2009. Vol. 58, no 11. pp. 2404-2405.

9. Potapov V.A., Musalova M.V., Amosova S.V. Synthesis of E-2-chlorovinyltellurium trichloride and E,E-bis(2-chlorovinyl) ditelluride // Izv. AN. Ser. Khim. 2012. no 1. pp. 201–202.

10. Potapov V.A., Khuriganova O.I., Amosova S.V. Efficient procedure of preparation of 3-bromo-2-phenylbenzo[b] selenophene from selenium dibromide and diphenylacetylene // Russ. J. Org. Chem. 2010. Vol. 46, no 9. pp. 1421–1422.

11. Brandsma L., Morkved E.H., Bjorlo O., Potapov V.A., Amosova S.V. Application of the [3,3]-sigmatropic rearrangment in the synthesis of condensed bicylic systems containing chalcogens // Sulfur Lett. 2000. Vol. 23, no 5. pp. 215–220.

12. Musalova M.V., Amosova S.V., Potapov V.A. Synthesis of novel *E*-2-chlorovinyltellurium compounds based on the stereospecific *anti*-addition of tellurium tetrachloride to acetylene // Molecules. 2012. Vol. 17, no 5. pp. 5770–5779.

13. Potapov V.A., Kurkutov E.O., Musalov M.V., Amosova S.V. Reactions of selenium dichloride and dibromide with divinyl sulfone: synthesis of novel four- and five-membered selenium heterocycles // Tetrahedron Lett. 2010. Vol. 51, no 40. pp. 5258–5261.

14. Potapov V.A., Musalov M.V., Amosova S.V. Reactions of selenium dichloride and dibromide with unsaturated ethers. Annulation of 2,3-dihydro-1,4-oxaselenine to the benzene ring // Tetrahedron Lett. 2011. Vol. 52, no 36. pp. 4606–4609.

Рецензенты:

Ларина Л.И., д.х.н., ведущий научный сотрудник ИрИХ СО РАН, г. Иркутск;

Мартынов А.В., д.х.н., ведущий научный сотрудник ИрИХ СО РАН, г. Иркутск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 541.64

НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И АКРИЛАТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГУАНИДИНА

Тлупова З.А., Жанситов А.А., Эльчепарова С.А., Хаширова С.Ю.

ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail:azamat-z@mail.ru

Взаимодействием микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) и диальдегидцеллюлозы (ДАЦ) с акрилатгуанидином (АГ) и метакрилатгуанидином (МАГ), имеющими цвиттер-ионную делокализованную структуру, получены образцы новых модифицированных целлюлозных материалов, в которых имеются ковалентные, ионные или координационные связи целлюлозы с солями четвертичных аммониевых оснований. Изделия на их основе можно использовать для изготовления одежды, упаковки, перевязочных материалов медицинского назначения, а также фильтрующих мембран для стерилизации воздуха и обеззараживания речной воды, обладающих одновременно пролонгированными биоцидными и легко регенерируемыми адсорбционными свойствами, поскольку в состав гуанидинсодержащих мономеров и полимеров входят ионогенные группы. Результаты рентгенографических и спектроскопических исследований свидетельствуют о существовании структурных различий образцов целлюлозы и ее модифицированных форм. Кривые рассеяния рентгеновских лучей исследованных образцов отличаются друг от друга положением, количеством рефлексов, относительной интенсивностью, что указывает на значительные структурные изменения МКЦ и ДАЦ после модификации гуанидинсодержащими соединениями.

Ключевые слова: ИК-спектры, рентгено-дифрактометрия, модификация, нанокомпозиты, целлюлоза

NEW COMPOSITE MATERIALS BASED ON MICROCRYSTALLINE CELLULOSE AND ACRYLATE GUANIDINE DERIVATIVES

Tlupova Z.A., Zhansitov A.A., Elcheparova S.A., Hashirova S.Y.

Kabardino-Balkarian State University. a. Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail:azamat-z@mail.ru

The interaction of microcrystalline cellulose and dialdehyde cellulose with acrylate and methacrylate-guanidine having a zwitter-ionic delocalized structure, obtained new samples of the modified cellulosic materials, which are covalent, ionic or coordination bonds of cellulose with salts of quaternary ammonium bases. Products based on them can be used for the manufacture of garments, packaging, medical dressings, as well as filter membranes for air sterilization and disinfection of river water, with both prolonged biocidal and easily reclaim adsorption properties because of the of the guanidine-containing monomers and polymers are ionic groups. The results of X-ray diffraction and spectroscopic studies indicate the existence of structural differences of samples of cellulose and its modified forms. X-ray scattering curves of the samples differ in status, number of reflections, the relative intensity, indicating that significant structural changes of microcrystalline cellulose and dialdehyde cellulose after modification of guanidine-containing compounds.

Keywords: infrared spectra, x-ray diffractometry, modification, nanocomposites, cellulose

Среди структурных модификаций целлюлозы все большее значение приобретает микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ). МКЦ обладает структурой и свойствами, отличающими ее от традиционных волокнистых или порошковых целлюлоз [6] и позволяющими ее дальнейшую химическую модификацию с целью получения биологически активных производных. Перспективными химическими структурами для получения целлюлозных материалов с биоцидными свойствами являются производные гуанидина различного строения. Присутствие в исходных ионогенных гуанидинсодержащих мономерах и полисахаридной матрице функциональных групп, способных к различного рода модификациям и взаимной иммобилизации, значительно увеличивает возможности макромолекулярного и композитного дизайна.

В то же время новые производные целлюлозы, обладающие такими ценными свойствами, как биологическая активность, термоустойчивость, ионообменность и другие, синтезируют через диальдегидцеллюлозу (ДАЦ) [2], электрофильные группы которой могут вступать во взаимодействие с широким классом нуклеофильных соединений.

В данной работе исследовано взаимодействие микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) и ее окисленной формы (ДАЦ) с акрилатом и метакрилатом гуанидина методами рентгенодифрактометрии и ИК-спектроскопии.

Экспериментальная часть

Характеристика объектов исследования:

1) МКЦ – целлюлоза хлопковая микрокристаллическая марки «хч», содержание карбонильных групп ≈ 0,65 %, степень полимеризации (СП, n ≈ 150);

2) ДАЦ – диальдегидцеллюлоза хлопковая (МКЦ окисленная периодатом натрия) [5];

3) АГ и МАГ, полученные по методике приведенной в работе [4];

4) инициатор радикальной полимеризации ПСА – персульфат аммония $(NH_4)_2S_2O_8$ марки «ч.д.а.» (пере-

кристаллизован из бидистиллированной воды, высушен в вакууме до постоянной массы).

Все использованные реактивы по своим характеристикам соответствовали литературным данным. Количество СНО-групп в МКЦ и ДАЦ определяли по методу Соболкса [3] и титриметрически по методике [1]. ИК-спектры образцов сняты на ИК-спектрофотометре SPECORD M82 в области от 4000 до 400 $см^{-1}$. Образцы для ИК-спектроскопии готовили в виде таблеток с KBr или суспензии в вазелиновом масле.

Рентгенодифракционные данные получены при комнатной температуре на автоматизированном дифрактометре ДРОН-6 (36 кВ, 20 мА, λCuK_{α}, графитовый монохроматор на вторичном пучке, съемка по Брегту–Брентано в интервале углов 2θ от 5 до 75°, шаг 0,05°, скорость сканирования 1 град./мин).

Методика получения композиционных материалов

Композиционные материалы получали обработкой МКЦ или ДАЦ мономерными водорастворимыми производными гуанидина – АГ или МАГ, имеющими цвиттер-ионную делокализованную структуру с последующей их полимеризацией.

К водной суспензии МКЦ или ДАЦ с содержанием альдегидных групп до 33% (максимальная содержание альдегидных групп в элементарном звене 36%) при перемешивании добавляют водный раствор АГ или МАГ и ПСА, нагревают смесь до 60ºС и проводят полимеризацию в течение 5–20 часов. Соотношение ДАЦ:H_2O = 1:30 масс, концентрация (АГ) МАГ в воде – 1,0–3,5%, соотношение АГ (МАГ):ПСА = 1:0,001 мас. Полученный продукт отделяют от маточного раствора и сушат.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты рентгенографических и спектроскопических исследований свидетельствуют о существовании структурных различий образцов целлюлозы и ее модифицированных форм. Кривые рассеяния рентгеновских лучей исследованных образцов отличаются друг от друга положением, количеством рефлексов, относительной интенсивностью, что указывает на значительные структурные изменения МКЦ и ДАЦ после модификации гуанидинсодержащими соединениями.

На рис. 1 приведены спектры исходной МКЦ и окисленной 0,1 н раствором $NaIO_4$. Как видно из рисунка, ДАЦ представляет собой полностью аморфизованный продукт, плотность полученных образцов также соответствует плотности аморфной целлюлозы.

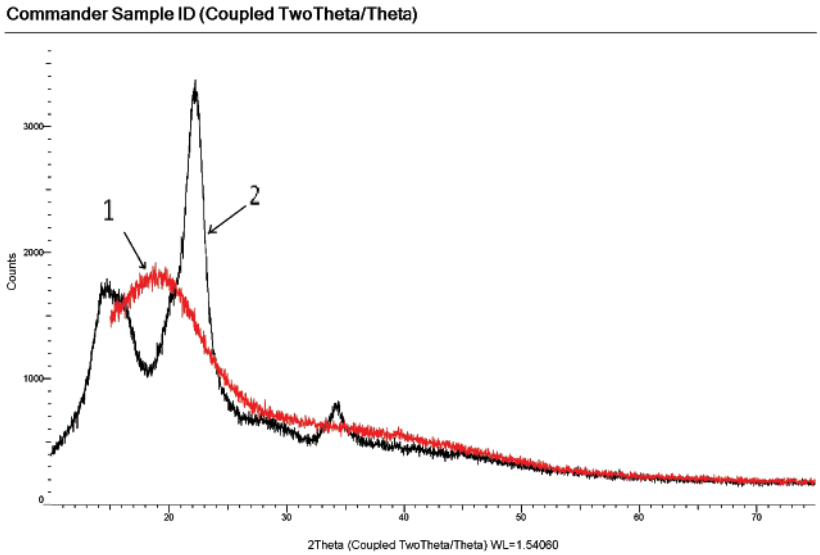


Рис. 1. Дифрактограммы ДАЦ (1) и МКЦ (2)

Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей образцом целлюлозы, модифицированной АГ и МАГ (рис. 2), ниже, чем образцом исходной МКЦ, что указывает на снижение степени кристалличности.

Радикальная сополимеризация ДАЦ с АГ и МАГ также сопровождается уменьшением степени кристалличности (рис. 3) и значительно снижается устойчивость гликозидных связей ДАЦ по сравнению с МКЦ. Причем в случае акрилата гуанидина это приводит к тому, что часть ковалентно-связанного АГ/полиакрилатгуанидин (ПАГ) может переходить в раствор вследствие гидролитической деструкции носителя как в виде растворимых, так и нерастворимых высокомолекулярных коллоидных конгломератов. Например, чем выше степень окисления ДАЦ и чем более щелочное значение pH среды, тем легче и быстрее идет процесс гидролитической деструкции.

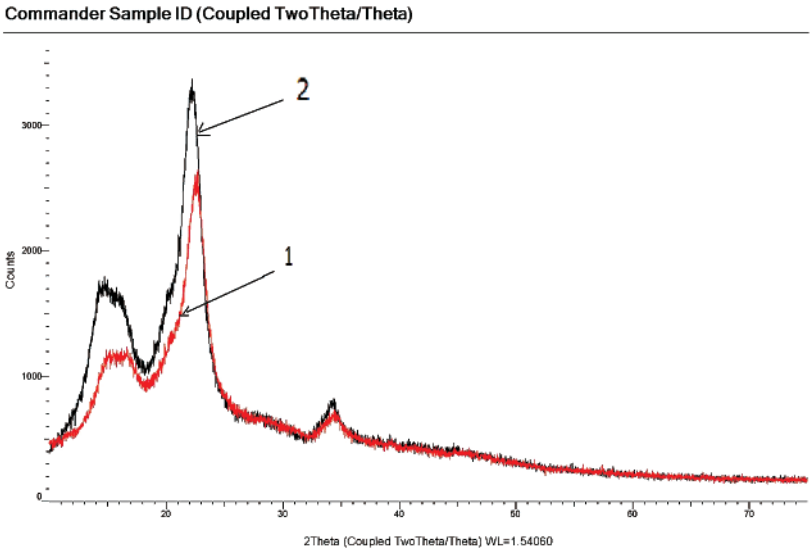


Рис. 2. Дифрактограммы МКЦ, модифицированной МАГ (1) и МКЦ (2)

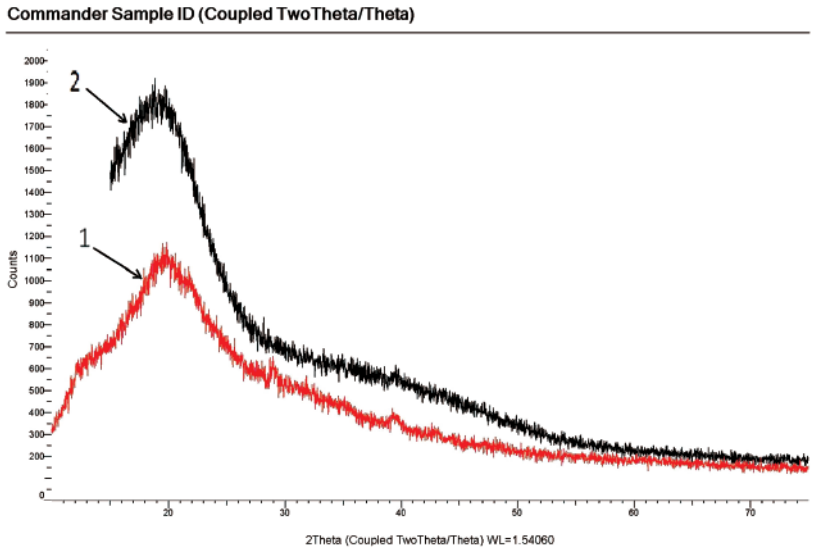


Рис. 3. Дифрактограммы ДАЦ, модифицированной МАГ (1) и ДАЦ (2)

Простая обработка МКЦ и ДАЦ водным раствором ПАГ или полиметакрилатгуанидином (ПМАГ), наоборот, приводит к увеличению степени кристалличности образцов. Видимо, выдерживание в растворе полимера приводит к частичной рекристаллизации целлюлозы.

Спектральным тестом наличия или отсутствия двойной связи в исследованных образцах является полоса поглощения в области 860–850 $см^{-1}$, характерная для неплоских деформационных колебаний в узле $CH_2 = C <$, которая позволила наблюдать не только за процессами получения ПАГ и ПМАГ и иммобилизации АГ и МАГ на МКЦ/ДАЦ, но и за исчезновением двойных связей при полимеризации гуанидинсодержащих мономеров *in situ* в внутри- и межфибриллярных порах целлюлозных материалов. Появление новых или исчезновение имеющихся полос в ИК-спектрах указывает на процесс взаимной модификации МКЦ/ДАЦ и мономерных и полимерных производных гуанидина, а уширение полос и сдвиг частот спектра, которые отражают локальное окружение функциональных групп, свидетельствует о взаимной иммобилизации исходных компонентов (рис. 4).

При полимеризации МАГ в ДАЦ *in situ* (рис. 4, кривая Cell-7) на спектрах меняется соотношение интенсивности полос как целлюлозы (область 1000–1100 $см^{-1}$), так и МАГ, кроме того, исчезает полоса в области 860 $см^{-1}$, свидетельствующая о нали-

чии двойной связи. Наблюдается расщепление полосы C = O связей ПМАГ в области 1250 см$^{-1}$, что явно указывает на сильное взаимное влияние ДАЦ и МАГ/ПМГ и свидетельствует об образовании биматричных систем. Увеличение интенсивности пика 1660 см$^{-1}$ в спектре ДАЦ–МАГ указывает на образование альдиминовой связи, дающей сигнал в этой области. Увеличение ширины характеристических полос поглощения в ДАЦ–МАГ в области 1450–1680 см$^{-1}$, вероятно, связано с образованием относительно прочных связей МАГ с активными центрами ДАЦ.

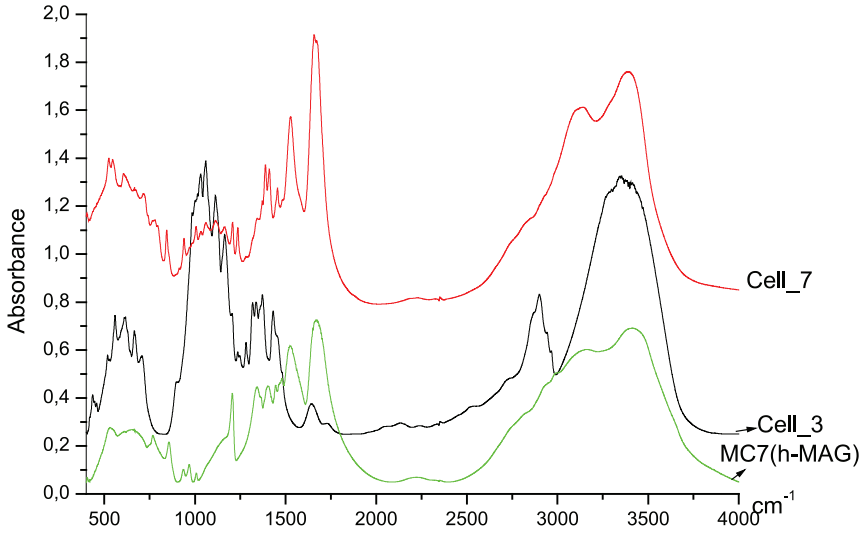
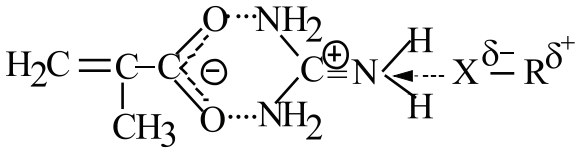


Рис. 4. Сравнение спектров ПМАГ (MC7), ДАЦ (Cell-3), ДАЦ/МАГ in situ (Cell-7)

При полимеризации АГ в ДАЦ *in situ* в ИК-спектрах появляется пик в области 1523 см$^{-1}$ характерный для ионизованного координационно-связанного карбоксила АГ, а пик в области 1100–1160 см$^{-1}$, присутствующий в ДАЦ исчезает. Очевидно, что концевые CHO-группы ДАЦ и АГ прореагировали между собой. Образование водородных связей между группами –OH ДАЦ и C = O группами АГ сопровождается изменением относительной интенсивности полос 3500–3000 см$^{-1}$.

Видимо, в рассматриваемом случае катион гуанидиния взаимодействует с нуклеофильной составляющей $-X^{\delta-}$, в качестве которой может выступить атом кислорода альдегидной (–CHO) или гидроксильной (–ÖH) групп ДАЦ.



Для механической смеси ДАЦ-ПАГ и ДАЦ – ПМАГ на ИК-спектрах наблюдаются слабо выраженные полосы поглощения, характерные для ПАГ и ПМАГ, т.е. можно предположить, что ПАГ и ПМАГ незначительно встраивается в цепь ДАЦ. Результаты элементного анализа на азот подтвердили, что при механической обработке ДАЦ водными растворами полимеров в широком интервале концентраций степень прививки ПАГ не превышает 5%, а ПМАГ 3%.

Выбор ДАЦ и полимерных гуанидинсодержащих цвиттер-ионных делокализованных резонансных структур для получения новых модифицированных моно- и биматричных композиционных материалов, в которых имеются ковалентные, ионные или координационные связи целлюлозы с солями четвертичных аммониевых оснований, открывает перспективу создания наноструктур и нанокомпозитов с трансформерной полимерной матрицей, представляющих существенный научный и практический интерес. Изделия на их основе можно использовать для изготовления одежды, упаковки, перевязочных материалов медицинского назначения, а также фильтрующих мембран для стерилизации воздуха и обеззараживания речной воды, обладающих одновременно пролонгированными биоцидными и легко регенерируемыми адсорбционными свойствами, поскольку в состав гуанидинсодержащих мономеров и полимеров входят ионогенные группы.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Рентгеновская диагностика материалов» КБГУ в рамках выполнения госконтракта № 16.552.11.7074.

Список литературы

1. Кузнецов Н.К., Захарова И.М. Лабораторный практикум по курсу «Физико-химия полимеров» // Ивановский государственный химико-технологический университет. 2007. – 96 с.

2. Николаев А.Г., Мельников В.В. Синтез, строение и свойства продуктов взаимодействия диальдегидцеллюлозы с азотистыми гетероциклическими аминами // Ленингр. ин-т текстил. и легк. пром-сти. – Л., 1988. – 14 с.

3. Оболенская А.Д., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Экология, 1991. – 320 с.

4. Сивов Н.А., Мартыненко А.И., Кабанова Е.Ю., Попова Н.И., Хаширова С.Ю., Эсмурзиев А.М. // Нефтехимия. – 2004. – №1. – С. 47.

5. Сюткин В.Н., Николаев А.Г., Сажин С.А., Попов В.М., Заморянский А.А. // Химия растительного сырья. – 1999. – № 2. – С. 91.

6. Ardizzone S., Dioguardi S., Mussini T. Microcrystalline cellulose powders: structure, surface features and water sorption capability // Cellulose. – 1999. – Vol. 6. – P. 57–69.

References

1. Kuznetsov N.K., Zakharova I.M. Laboratory workshop on the course «Physical Chemistry of Polymers». Ivanovo State University of Chemical Technology. 2007. 96 p.

2. Nikolaev A.G., Melnikov V.V. Synthesis, structure and properties of the reaction products of dialdehyde cellulose with nitrogen heterocyclic amines. Leningrad. Inst text. and easily. prom-sti. L., 1988. 14 p.

3. Obolenskaya A.D., Yelnitskiy Z.P., Leonovich A.A. Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose. M.: Ecology, 1991. 320 p.

4. Sivov N.A, Martynenko A.I., Kabanova E.Yu., Popova N.I., Khashirova S. Yu., Esmurziyev A.M. Petrochemicals. 2004. no. 1. pp. 47.

5. Syutkin V.N, Nikolaev A.G., Sazhin S.A., Popov V.M., Zamoryansky A.A. Chemistry of plant raw materials. 1999. no. 2. pp. 91

6. Ardizzone S., Dioguardi S., Mussini T. Microcrystalline cellulose powders: structure, surface features and water sorption capability. Cellulose. 1999. Vol. 6. pp. 57–69.

Рецензенты:

Борукаев Т.А., д.х.н., профессор, зав. лабораторией ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик;

Лигидов М.Х., д.х.н., профессор, декан химического факультета ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 330.34.014.2

ИННОВАЦИОННОЕ САМОРАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ И КРИТЕРИЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ В СОВРЕМЕННОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ

Акатов Н.Б.

ГОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: mim@pstu.ru

В статье представлен подход к новой теоретико-методологической концепции управления инновационным саморазвитием организации как основы повышения ее конкурентоспособности. Формирование концепции базируется на идее саморазвития субъекта управления, инициирующего механизмы активизации лидерства, обновления бизнес-модели, реализации конкурентной стратегии организации. Показано, что для оценки уровня инновационного саморазвития организации возможно применение критерия организационного совершенства, оцениваемого с помощью модели EFQM. На примере оценок, проводимых на уровне регионального конкурса сформулированы проблемы и рекомендации по приоритетным направлениям инновационного саморазвития организации. Работа выполнена при финансовой поддержке министерства образования и науки РФ (договор № 13.G25.31.0093) в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

Ключевые слова: инновационное саморазвитие организации, бизнес-модель, критерий конкурентоспособности

INNOVATIVE SELF-DEVELOPMENT OF ORGANAZATION AS AN OBJECT OF MANAGEMENT AND A CRITERION OF COMPETITIVENESS IN MODERN MANAGEMENT

Akatov N.B.

Perm national research polytechnic university, Perm, e-mail: mim@pstu.ru

The article presents a new theoretic and methodological concept in managing the innovative organization self-development as a basis for company competitiveness increase. The concept is being formed on the basis of the idea of self-development of the subject of management initiating the mechanisms of leadership activization, upgrading the business – model, implementing the company's competitive strategy. It is shown that in order to estimate the level of innovative self-development of an organisation it is possible to apply an organization excellence criterion assessed by means of EFQM model. The examples of the assessment cases arranged within a regional competition framework were put forward the problems and recommendations on the priority directions of innovative self-development of the organisation. The current research was carried out under the guidance and sponsorship of the department of RF education and science (Agreement № 13.G25.31.0093), the realization of Russian Federation Government Decision of № 218 «On the measures of state support for developing cooperation of the Russian higher educational establishments and organizations, implementing the complex projects to create a hi-tech production».

Keywords: Innovative self-development of organisation, business – model, criterion of competitiveness

Теоретико-методологические основы современного менеджмента, сформированные в прошедшем столетии, далеко не всегда выдерживают испытания современными конкурентными условиями ведения бизнеса. Действительно, «экономические условия в целом принципиально отличаются от тех, что формировали мышление предпринимателей в период Великой депрессии. Тогда компании могли оставаться в индексе S&P по 50 лет и более. Теперь этот срок снизился в среднем до 20 лет и продолжает сокращаться», «золотой» компании, постоянно переигрывающей рынки, – не было и нет. Это миф» [11]. Организации, покидающие мир бизнеса, не выдерживают конкуренции, слишком медленны и неповоротливы, поглощаются другими более сильными организациями, или, говоря шумпетеровским языком, не имеют лидеров – инноваторов и предпринимателей, способных принять вызов времени или овладеть механизмом «созидательного разрушения».

Сегодня успех в бизнесе сопутствует организациям нового типа, известным как «интеллектуальная организация», «рефлексивное предприятие», «обучающаяся организация», «компания – создатель знания», и другими, обладающими особыми компетенциями сохранять устойчивое конкурентное превосходство. Факты существования организаций нового типа и общий уровень неудовлетворенности традиционными моделями управления выдвинули ряд «масштабных задач» «плана обновления менеджмента» [12], в числе которых можно выделить саморазвитие, нацеленное на достижение больших эффектов синергии и конкурентной результативности в создании и использовании внутреннего потенциала организации. Оценка уровня инновационного саморазвития отечественных организаций дает следующую картину (табл. 1).

Таблица 1

Показатели инновационной активности российских организаций

Показатель, критерий, индекс	Годы							Примечание
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
1. Рейтинг глобальной конкуренции [14]	52	65	58	51	63	63	66	За 2011-2012 рейтинг России и российских организаций понизился до 66-го места (из 142)
2. Инновационная продукция в экспорте [5], %	8,2	7,7	7,9	7,0	5,5	4,5		Доля инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме экспорта
3. Инновационная продукция в объеме продаж [5], %	1,4	1,3	1,7	1,4	1,1	1,0		Доля инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме продаж
4. Инновационная активность [5], %		10,6	10,8	11,0	11,0	10,8		Доля организаций, осуществляющих все типы инноваций

По динамике инновационной активности и доле инновационной продукции российские организации за последние пять лет [5] практически застыли на минимальном уровне, по которому сложно судить об интенсивности и качестве процессов саморазвития организаций. Данная ситуация сохраняется на фоне низкого рейтинга глобальной конкурентоспособности РФ и российских организаций [14]. С другой стороны, многие организации самостоятельно осуществляют хозяйственную деятельность, реализуют стратегии развития преимущественно за счет своего внутреннего потенциала развития, обеспечивают рост основных показателей и, по сути, являются саморазвивающимися. Вывод заключается в том, что компании в различной степени способны создавать и использовать потенциал саморазвития.

Собирательный образ, «портрет» саморазвивающейся организации, можно сформировать на основе современных исследований [7, 9], определив инновационную саморазвивающуюся организацию как *организацию, способную самостоятельно воспроизводить организованности нового качества, характеризующиеся особой целостностью, обеспечивающей ее устойчивое конкурентное превосходство и стратегическую готовность адекватно и своевременно реагировать на вызовы рынка* [1]. Вместе с тем, для управления инновационным саморазвитием организации требуется более детальное раскрытие механизмов воспроизводства организованности нового качества, что принципиально важно для понимания самой природы саморазвития.

Для того чтобы отразить уровни зрелости управления в создании и использовании потенциала саморазвития, нами сформирована матрица качественной их оценки (на основе известной модели организационной зрелости (Capability maturity model – CMM) (табл. 2). Тренды в развитии инновационных процессов, менеджмента инноваций, управления проектами, современной концепции «бизнес-модель» позволяют сформулировать следующие выводы:

– менеджмент все больше уделяет внимания особой стороне вопроса – деятельности субъекта управления, его поведению. С позиций поведенческого подхода можно выделить (синтезировать) три магистральных направления саморазвития: создание среды саморазвития и самореализации субъекта управления, лидеров инновационного саморазвития; инициирование и стимулирование вовлечения персонала и его креативной активности; новые инновационные модели бизнеса и механизмы практического осуществления инноваций:

– инновационность саморазвития организации, по нашему мнению, подчеркивает высший уровень зрелости организации как наличие способности осуществлять инновации на постоянной основе, природу организационной способности осуществлять инновации как среды саморазвития субъекта управления, нелинейность актов перехода с одного уровня организационного развития (зрелости) на более высокий, связанный с «созидательным разрушением» предыдущих организационных основ. Потерю и снижение конкурентоспособности организации следует связывать, прежде всего, с кризисом инновационного саморазвития организации.

Рассмотрение проблем управления инновационным саморазвитием организации с позиций деятельности субъекта управления означает и его новую методологическую позицию, требующую такого уровня рефлексии ситуации и известных науке и практике подходов и содержащую процессы осуществления управленческих решений, обеспечивающих приемлемый риск не выхода из-под контроля субъекта управления, процессов трансформации организа-

ции. Реализация такого рефлексивного акта сталкивается с проблемами, среди которых основной вопрос заключается в следующем: по какому пути моделирования и как идти в каждом конкретном случае? Какой конкретный вид должны иметь когнитивная и воздействующая функции? Исходя из чего и как их строить? Насколько они будут адекватны реальным системам и процессам?» [2]. Таким образом, становится необходимым определенное технологическое оформление ранее принятых и новых норм деятельности и рефлексивных процессов принятия решений [10].

Таблица 2

Уровни зрелости саморазвития организации в различных подходах к управлению

Модель CMM, уровни зрелости саморазвития [3]	Управление инновациями, типы инноваций (Руководство Осло)	Инновационный процесс как объект управления [13]	Модели управления проектами [4], инновационное саморазвитие [8]	Бизнес-модели, критерии и показатели [1]
1. Нацеленность на достижение превосходства путем инновационных решений	Природа инновационной восприимчивости, модели инновационного саморазвития, непрерывные инновации	Открытые инновационные бизнес-модели, нелинейность процессов, доминирование субъектных факторов	«Креативно-рефлексивная модель» на основе среды саморазвития лидеров проектов, их мотивация и вовлечение	Модели Совершенства, инновационные бизнес-модели, параметры порядка, системы качественных и количественных показателей
2. Саморазвитие как социально ориентированное и скоординированное развитие	Системы управления инновациями, управление портфелем инноваций	Системные модели, учет динамики конъюнктуры и организационной среды, цепочки поставки ценностей	«Нормативная модель», интеграция стратегии и портфеля проектов, учет сложности и рисков	Системы менеджмента, ССП с учетом критериев восприятия заинтересованных сторон
3. Саморазвитие как бизнес-развитие	Продукты, услуги, технологии, организационные и маркетинговые инновации	Цепные модели, учет комплексности, сложности, динамики	«Бюрократическая модель», управление группой проектов, использование стандартов	Процессные модели, традиционные ССП с доминированием количественных показателей
4. Саморазвитие как выживание	Продукты, услуги, технологии	Линейные модели, не системное их применение	«Ad hoc модель», отдельные проекты, общие инструменты и методы управления	Функциональные модели управления, основные количественные показатели
5. Саморазвитие как дотационное развитие. Хаотичное ведение бизнеса	Продукты и услуги	Случайное, фрагментарное применение моделей	Попытки управлять мероприятиями как отдельными проектами	Бессистемное ведение бизнеса, отдельные финансовые показатели

Ответы на некоторые указанные проблемные вопросы дает современная концепция менеджмента «бизнес-модель», от правильного понимания и применения которой во многом зависит результативность инновационных стратегий саморазвития организации. «Бизнес-модель» как современная концепция в силу своей актуальности и широты применения получила множество определений. Каждое новое определение развивает тот или другой аспект бизнес-модели организации. Однако неизменным в этих суждениях о бизнес-модели остается триада: сделать невидимое видимым, увидеть организацию целиком, абстрагируясь от отдельных деталей, например, связанных с текущей суетой персонала или менеджмента; определить первоисточник того, на чем бизнес зарабатывает деньги сегодня и на чем нужно будет зарабатывать завтра; направить усилия менеджмента по созданию конкурентного потенциала саморазвития в нужном направлении, создав согласованное мнение основных заинтересованных сторон организации и достигнув согласованных действий. В конечном итоге бизнес-модель выступает как «площадка» для достижения согласованности разноплановых целей персонала и других заинтересованных сторон, для «катализирования взаимодействия и сотрудничества», включая все разноплановые задачи менеджмента. Именно поэтому, у современной концеп-

ции «бизнес-модель» появились определения типа «когнитивная карта», «облик», «образ», «портрет» [1], подчеркивающие деятельностный характер концепции.

В современных исследованиях и управленческой практике представлено большое разнообразие подходов к моделированию бизнеса организаций и «обликов» бизнес-моделей. Среди этого многообразия можно выделить вектор систематизированных моделей бизнеса, известных на практике как модели «Совершенства».

Систематизированных моделей организации разработано достаточно большое количество, они известны, в том числе как модели премий по качеству. Самые известные среди них (данные приведены по материалам EFQM): EFQM Excellence Framework (далее – EFQM), Japanese Deming Framework (модель Деминга), US Malcolm Baldrige Framework (модель Болдриджа). Успех компаний, применяющих модели совершенства выражается в улучшении показателей их деятельности и повышении конкурентоспособности. Этот факт привлек внимание к данным моделям со стороны бизнес сообщества. Во многих странах были учреждены собственные программы качества на базе ведущих мировых премий. В основу Премии Правительства РФ в области качества положена европейская модель EFQM. Данная модель применяется в региональных конкурсах качества управления.

Так, в конкурсе «Лидер управления Прикамья» (г. Пермь), начиная с 2005 года, применяется модель EFQM. Конкурс проводится в текущем году по итогам предыдущего года, то есть в конкурсе, проводимом в 2011 году, рассматриваются результаты по итогам 2010 года. С 2006 года в конкурсе приняло участие значительное количество предприятий, в т.ч. 24 предприятия и организации (финалисты), которые прошли детальную внешнюю оценку экспертами конкурса, имеющими сертификат асессора по модели EFQM. Учитывая, что 6 организаций принимали участие в конкурсе дважды и 4 организации – трижды, то среднее количество предприятий, оцениваемых в одном году, составило восемь организаций.

Используя данные конкурсных отчетов асессоров, в которых содержатся оценки по всем критериям модели по каждой организации, представляется возможным построить рейтинг инновационной зрелости [1, 6], характеризующий уровень инновационного саморазвития организации. Худшие оценки представляют нижний уровень инновационного саморазвития организаций, лучшие оценки представляют условное предприятие, которое может выступать финалистом на уровне Европейского конкурса. Результаты рейтинга представлены в сопоставлении со средним уровнем, который задан оценками организаций, являющихся лидерами по оценке EFQM (рис. 1).

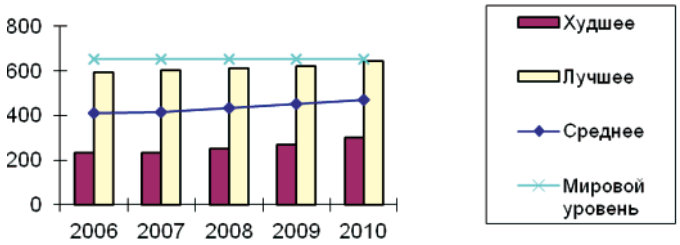


Рис. 1. Рейтинг инновационной зрелости

Итоги конкурса дают возможность сделать ряд выводов:

– финалисты конкурса имеют значительный потенциал для развития и удержания своих конкурентных позиций. Лучшие оценки по критериям характеризуют предприятие европейского уровня. Отдельные предприятия способны достигать таких показателей, динамика уровня инновационного саморазвития отдельных предприятий, например, ООО «ЛУКОЙЛ – Пермнефтеоргсинтез» (рис. 2), ОАО «Протон – ПМ, ОАО «ПНППК» [1] это показывает;

– разрыв в средних оценках российских и зарубежных организаций еще остается значительный, а динамика нарастания уровня инновационного саморазвития организации медленная. Подходы, известные в практике, такие как, например «создать и удерживать кипящий котел идей», «работать на грани хаоса», «непрерывный поток инноваций», «экстремальный принцип поведения», «управление идеями», отечественным менеджментом применяются крайне редко. Данный вывод актуализирует необходимость активизации усилий менеджмента в направлении инициирования и создания механизмов инициирования как важнейшего компонента в системе управления инновационным саморазвитием организации. Зрелость инициирования можно рассматривать как важнейшую характеристику, параметр порядка, управления инновационным саморазвитием организации;

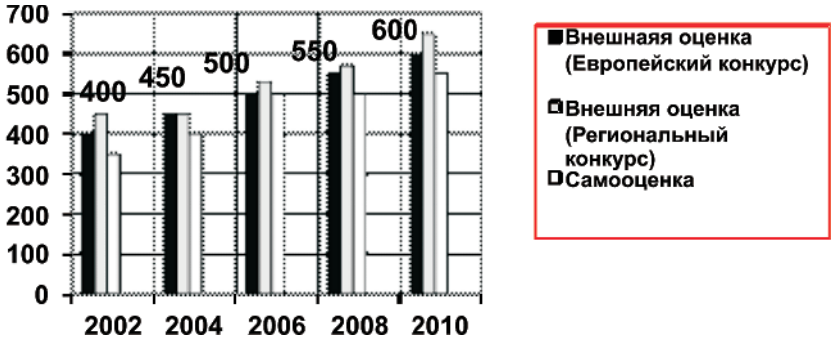


Рис. 2. Динамика критерия «Организационное совершенство» ООО «ЛУКОЙЛ – Пермнефтеоргсинтез», финалиста Европейского конкурса

– систематизация областей для улучшения, выделенных экспертами конкурса, подтверждает теоретико-методологическую обоснованность развития новых логических структур управления, поддерживающих механизмы, воспроизводства лидеров инновационного саморазвития, рефлексивно-креативных процессов управления, трансформации бизнес-модели организации;

– организации, принимающие участие в конкурсе, практически осваивают технологию рефлексивного управления на основе самооценки и современную концепцию «бизнес-модель». Важным компонентом является самооценка интегрального критерия «Организационное совершенство» как параметра порядка, отражающего уровень инновационного саморазвития организации. Самооценка концентрирует внимание менеджмента на возможности оценки и других приоритетных параметров порядка, например, качество инициирования, восприятие персонала и других заинтересованных сторон, рефлексивность и др. Выявление и оценка минимального количества параметров порядка следует рассматривать как важнейший компонент управления инновационным саморазвитием организации;

– в основу современной концепции управления инновационным саморазвитием организации следует положить принципы управления, отражающие приоритетную роль саморазвития субъекта управления, инициирующего и поддерживающего условия творческой напряженности, деятельность субъекта управления по выявлению и оценке параметров порядка, новые логические структуры, поддерживающие механизмы саморазвития и актуализацию цикла инициирования инновационного саморазвития организации.

К сожалению, следует констатировать и тот факт, что менеджмент подавляющего количества отечественных компаний не воспринимает модель инновационного саморазвития организации как источник конкурентного преимущества и доминирующий ресурс в достижении конкурентного превосходства. Доступ к физическим ресурсам, административный ресурс, возможность специфических соглашений с властью остаются приоритетным ресурсом, в направлении которого выстраивается модель бизнеса. Такая позиция исключает саму возможность создавать инновационные бизнес-модели, закладывать потенциал инновационного саморазвития организации и, как результат, достигать конкурентного преимущества на глобальном рынке.

Саморазвитие можно рассматривать как ресурс особого свойства, доступ к которому открывается через смену приоритетов с натуральных ресурсов на ресурс инновационного саморазвития организации, переход от позиции «ручного управления» к развитию субъектности, проявляющейся в многоуровневом лидерстве, включенности персонала в принятие решений, инициированию и поддержанию процессов выработки решений.

Список литературы

1. Акатов Н.Б. Управление переходом к инновационным саморазвивающимся организациям: теория и практика: монография – Пермь: Перм.нац.исслед. политехн. ун-т, 2012. – 251 с.

2. Бирштейн Б., Боршевич В. Теория рефлексивности Джорджа Сороса // Рефлексивные процессы и управление. – 2011. – № 1–2 (Том 11).– С. 88–101.

3. Бочко В.С. Интегративное стратегическое развитие территорий (теория и методология). – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2010. – 316 с.

4. Джаафари А. Управление проектами в век хаоса, или изучение профессионализма в 21-м веке // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iteam.ru/project/section_35/article_1758 (дата обращения 11.09.2012)

5. Индикаторы инновационной деятельности: 2012: стат. Сб. – М.: НИУ «Высшая школа экономики», 2012. – 456 с.

6. Косякин С.И., Акатов Н.Б. Оценка организационного совершенства в управлении инновационным саморазвитием компании // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9. – С. 475–480.

7. Молодчик А.В. Теория и практика формирования саморазвивающейся организации: монография – Екатеринбург: УрО РАН. – 2001. – 248 с.

8. Санто Б. Сила инновационного саморазвития // Инновации. – 2004. – № 2. – С. 5–15.

9. Саморазвивающиеся социально-экономические системы: теория, методология, прогнозные оценки: в 2 т.; под общ. ред. А.И. Татаркина. – М.: ЗАО «Экономика», 2011. – 543 с.

10. Усов В.Н. Рефлексивное управление: философско-методологический аспект: автореф. дис. ... д-р философ. наук. – Екатеринбург, 2008. – 22 с.

11. Фостер Р., Каплан С. Созидательное разрушение. – М.: Альпина Бизнес Букс,. – 2005. – 378 с .

12. Хэмел Г. Менеджмент 2.0: Новая версия для нового века // Harvard Business Review (HBR). – октябрь 2009. – С. 91–100.

13. Berkhout G., Van Der Duin P., Hartmann D., Ortt R. Innovation in a Historical Perspective // The Cyclic Nature of Innovation: Connecting Hard Sciences with Soft Values. – Amsterdam: Emerald Group Publishing Limited, Elsevier Ltd. 2007. – P. 7–24.

14. World Economic Forum, 2011. The Global Competitiveness Report 2011–2012.

References

1. Akatov N.B. Management transition to the innovative spontaneous organisations: the theory and practice: the monography. Perm, Publishing house Perm, Polytechnic, 2012. 251 p.

2. Birshtejn B., Borshevich V. Teorija of reflexivity George Soros., Reflective processes and management, 2011, no 1–2 (Volume 11), pp. 88–101.

3. Bochko V.S. Integrative strategic development of territories (the theory and methodology), Ekaterinburg: Institute of economy of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2010, 316 p.

4. Dzhaafari A. Project management in a century of chaos, or professionalism studying in the 21st century, Available at: http://www.iteam.ru/project/section_35/article_1758 (accessed 11 September 2012).

5. Indicators of innovative activity: 2012. Moskow, NRU «The higher school of economics», 2012. 456 p.

6. Kosjakin S.I., Akatov N.B. The Assessment of the degree of organizational excellence with reference to a company's innovative self-development management., 2012, Moskow, Basic researches, no 9, pp. 475–480.

7. Molodchik A.V. Theory and practice of formation of the spontaneous organization. Ekaterinburg, Ural branch Russian Academy of Sciences, 2001. 248 p.

8. Santo B. Force of innovative self-development, 2004, Innovations, no 2. pp. 5–15.

9. Spontaneous social and economic systems: the theory, methodology, look-ahead estimations: in 2 т. under general editor A.I.Tatarkin. Moskow, Joint-Stock Company Publishing house Economy, 2011. 543 p.

10. Usov V.N. Reflective management: philosophy – methodological aspect. The author's abstract on competition of a scientific degree of the Doctor of Philosophy, Ekaterinburg, 2008. 22 p.

11. Foster P., Kaplan S. Creative destruction. Moskow, Alpina Business of Axle boxes, 2005. 378 p.

12. Hemel G. Management 2.0: the New version for a new century. Harvard Business Review (HBR), October 2009. pp. 91–100.

13. Berkhout G., Van Der Duin P., Hartmann D., Ortt R. Innovation in a Historical Perspective. The Cyclic Nature of Innovation: Connecting Hard Sciences with Soft Values. Amsterdam, Emerald Group Publishing Limited, Elsevier Ltd. 2007. pp. 7–24.

14. World Economic Forum, 2011. The Global Competitiveness Report 2011–2012.

Рецензенты:

Шеломенцев А.Г., д.э.н., профессор, заведующий отделом Института экономики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург;

Малышева Л.А., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой «Стратегический менеджмент» Бизнес-школы Уральского федерального университета, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 332.14

СОВРЕМЕННЫЕ ВЕКТОРЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА – МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ – ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ИСТОРИИ

Баранов С.В., Скуфьина Т.П., Серова Н.А., Шаталова Т.А.

ФГБУН «Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина» Кольского научного центра РАН, Апатиты, e-mail: bars.vl@gmail.com

Позиционирована актуальность рассмотрения долгосрочной динамики социального и экономического развития регионов Арктики, увязанной с историческими вехами развития этих территорий. Как пример в работе рассматривается исторический аспект социального и экономического развития Кольского Севера. Приводятся данные, свидетельствующие о длительной истории развития экономики и социума Мурманской области. Показывается, что в советский период Кольский Север рассматривался системой управления как источник ресурсов для развития всей страны. Приводятся исторические факты, свидетельствующие, что в период СССР Мурманская область демонстрировала постоянный индустриальный и социальный рост, требовала научного присутствия, генерировала спрос на инновации. Итог советского периода – из малолюдного, окраинного, необжитого региона, практически не имевшего промышленности, Мурманская область превратилась в один из важнейших центров страны с индустриально развитой экономикой, высоким уровнем энерговооруженности, развитой транспортной инфраструктурой, высоким научно-техническим потенциалом и уровнем жизни населения. Современные особенности развития Мурманской области наиболее ярко характеризуют демографические показатели. Все демографические показатели имеют устойчивые тенденции ухудшения в сравнении с советским периодом.

Ключевые слова: арктический регион, региональная политика, Мурманская область, долгосрочные тенденции, демографические показатели

MODERN DIRECTIONS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF ARCTIC AREA – MURMANSK REGION THROUGH HISTORICAL PRISM

Baranov S.V., Skufina T.P., Serova N.A., Shatalova T.A.

The Institute of Economic Problems, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences, Apatity, e-mail: bars.vl@gmail.com

The relevance to consider the long-term dynamics of Arctic regions economic development linked with historical stages of these territories was formulated. As an example we make a detailed consideration of socio-economic development of Kola Peninsula and provided some data indicating long history of economic and social media in the peninsula. We showed that during the period of The Soviet Union the authorities considered Murmansk region as a resource base for development of the country as a whole. We provided historical facts indicating that in Soviet times Murmansk region demonstrated permanent industrial and social growth, demanded science and innovation. Soviet period resulted to transforming the Kola Peninsula from sparsely populated area almost without industry to one of the important region of the country which had industrially developed economy, a lot of available power, good transport system and high living standard, scientific and technical potential. Demographics characterizes well modern peculiarities of Murmansk region development. All of the indexes demonstrates stable degradation comparing to the Soviet period.

Keywords: arctic region, regional policy, Murmansk region, long-term tendencies, demographics

Рассмотрение долгосрочной динамики социального и экономического развития регионов Арктики актуально как со стороны развития теоретических представлений о динамике процессов и специфике регулирования на этих территориях, так и с позиций практики управления. Теоретическая значимость заключается в двух аспектах. Во-первых, в установлении эффективности использования и развития факторов экономического и социального роста арктического региона, сформированных во времена СССР, современной системой управления. Во-вторых, в оценке потерь, достижений, перспектив развития арктического региона в новой системе экономических отношений. Обозначенные аспекты позволят углубить теоретические представления об объективных предпосылках, стратегических направлениях, механизмах развития и регулирования арктического региона – Мурманской области. Практическая значимость – в возможности использования методологических разработок и практических результатов работы при выработке комплекса мер, призванных обеспечить устойчивое развитие регионов российской Арктики, в частности, Мурманской области.

Обозначенная актуальность позволяет отнести представляемую работу сразу к двум научно-исследовательским проектам, которые проводятся в ИЭП КНЦ РАН – исследование при поддержке гранта Минобрнауки по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, № 2012-1.2.1-12-000-3002-007 по теме «Формирование стратегических приоритетов развития рос-

сийской Арктики» и гранта РГНФ и Правительства Мурманской области № 1212-51002а «Экономика и социальная сфера Мурманской области: потери и достижения советского и постсоветского периода (на основе статистических оценок)» [подробнее о постановке проблемы см.: 1, 4].

Исторический аспект развития Мурманской области

Люди издавна селились на Кольском Севере, преимущественно у берегов Баренцева и Белого морей. В конце I тысячелетия нашей эры территорию Кольского полуострова населяли саамы. Вели кочевой образ жизни, занимались охотой, оленеводством. В XII веке Кольский полуостров начинают посещать русские поморы. Вслед за поморами-промышленниками на Кольский полуостров проникли сборщики дани Новгорода Великого. Постепенно Кольский полуостров вошел в состав владений Новгорода. Упоминания о Терской и Кольской волостях имеются в Новгородских летописях XIII–XV веков.

В XV веке русские появляются на полуострове как постоянные жители.

Историки считают, что в XVI–XVIII веках Кольский полуостров играет заметную роль в российской экономике: рыболовство, мореходство, торговля со многими странами Европы. Колонизация Мурмана и развитие промыслов потребовали приближения к побережью органов власти и управления. 8 февраля 1883 года образовался Кольский уезд с центром в городе Кола. В 1899 году в Екатерининской гавани возникло новое городское поселение и порт, которому было присвоено наименование Александровск (ныне – город Полярный). Тогда же Кольский уезд Архангельской губернии переименован в Александровский уезд.

В конце XIX века на Кольском полуострове началось развитие лесной промышленности.

Первая мировая война (начало – 1914 г.) кардинально изменила положение Кольского края на геополитической карте мира. Невозможность для союзников России по Антанте (Англии, Франции, позднее и США) поставлять ей стратегические товары по традиционным путям заставила обратить внимание на Север, в частности на Архангельск. Однако из-за отсутствия на Белом море круглогодичной навигации возник вопрос о строительстве Мурманской железной дороги. Благодаря значительным ресурсам, затраченным на реализацию проекта, железная дорога была построена в кратчайшие сроки – в 1915–1916 годах.

Одновременно на берегу Кольского залива для приема союзнических судов был построен торговый порт, вступивший в строй в 1915 году. Первоначально будущий морской порт на берегу Кольского залива назвали портовый поселок Семеновский. 21 сентября (4 октября) 1916 года поселок был провозглашен городом Романов-на-Мурмане.

После Февральской революции Романов-на-Мурмане с 3 апреля 1917 года стал называться Мурманском. С момента своего возникновения и по сей день Мурманск является центром общественно-политической, экономической и культурной жизни Кольского полуострова.

13 июня 1921 года Александровский уезд Архангельской губернии был преобразован в Мурманскую губернию с центром в городе Мурманске, а 1 августа 1927 года губерния преобразована в Мурманский округ и включена в состав Ленинградской области.

Основной отраслью народного хозяйства края в 1920-е годы оставались рыбные промыслы.

Постепенно советское правительство начинало вырабатывать новый взгляд на Кольское Заполярье, все больше рассматривая Мурман как важный источник ресурсов, необходимых для укрепления экономики СССР. В Государственном плане электрификации России 1920 года предполагалось превратить европейский Север в индустриально развитый район за счет открытия и освоения здесь полезных ископаемых, строительства предприятий черной и цветной металлургии, химической и рыбной промышленности, электростанций.

Разведка и освоение недр Кольского Севера привели к бурному развитию горно-химической, металлургической промышленности и энергетики. Начавшаяся в конце 20–30 годов разработка богатейших апатитовых месторождений в Хибинском горном массиве привела к возникновению и быстрому развитию новых поселений и городов.

К этому же периоду относится становление на полуострове фундаментальной науки. Зимой 1930 года в центре Хибинских гор расположилась Горная станция Академии наук СССР. Впоследствии на ее базе была организована Кольская научно-исследовательская база Академии наук, преобразованная затем в Кольский филиал Академии наук – ныне Кольский научный центр Российской академии наук.

Вслед за индустриализацией стала проводиться коллективизация рыболовецких и оленеводческих хозяйств Кольского Се-

вера. К концу 1930-х годов оленеводческие колхозы и совхозы стали постепенно крепнуть. Менялся быт оленеводов, переходивших на оседлый образ жизни. Оленеводы стали получать зарплату деньгами и натуральными продуктами. В последние годы много пишут о народах Севера в советский период, однако не вызывает сомнение тезис, что жизнь саамов улучшилась по сравнению с досоветским периодом. А тезис «была лучше» относится к постсоветскому периоду.

Быстрый рост промышленности, экономики и культуры обусловил преобразование в мае 1938 года Мурманского округа в самостоятельную область.

В годы Великой Отечественной войны захвату Кольского полуострова в Германии уделялось большое внимание. В ходе оборонительных боев защитникам Заполярья удалось отстоять основную часть Кольского полуострова, г. Мурманск, обеспечив свободу действий Северного флота в Баренцевом море, плавание кораблей по Северному морскому пути, возможность морского пути для северных конвоев и функционирование Кировской железной дороги. С осени 1941 года линия фронта стабилизировалась и сохраняла свою конфигурацию до осени 1944 года.

В октябре 1944 года силами 14-й армии и Северного флота была проведена Петсамо-Киркенесская наступательная операция, в ходе которой была освобождена не только территория Кольского полуострова, но и значительная часть Северной Норвегии.

Главной целью первых послевоенных лет в Мурманской области было восстановление разрушенного войной хозяйства и достижение уровня довоенного производства. Уже через 2 года был превышен довоенный уровень производства промышленной продукции и вылова рыбы, к 1950 году не только полностью восстановлены, но и расширены промышленные предприятия, транспортная инфраструктура, жилищный фонд, медицинские и культурно-бытовые учреждения.

Восстановление хозяйства Мурмана создало благоприятные условия для его дальнейшего стабильного и динамичного развития. К тому же стало позиционироваться не только его внутригосударственное значение как одного из важнейших промышленно-развитых районов, но и геостратегическое, и военное значение, связанное с открытым выходом в Мировой океан и возможностями Северного флота.

Развитие в Мурманской области энергоемких отраслей требовало все большего количества электроэнергии. В течение 1950–1980 годов были построены несколько каскадов ГЭС и Кольская АЭС.

Вместе с развитием производств увеличивается население, создаются новые города. К концу 1980-х гг. численность населения составила более 1200 тыс. чел. (для сравнения численность населения в 1913 г. – 10,8 тыс. чел, в 1920 г. – 19,1 тыс. чел, в 1939 г. – 291 тыс. чел.).

Перемены первых лет перестройки (началась в СССР в 1985 г.) вызвали оживление экономической жизни Мурмана. На шельфе северных морей все шире разворачивались работы по разведке обнаруженных в конце 1970-х годов в Баренцевом море богатых запасов нефти и газа[1].

В 1991 году, как и во всей стране, завершился советский период истории Мурмана. Итог – из малолюдного, окраинного, необжитого региона, практически не имевшего промышленности, Мурманская область превратилась в один из важнейших центров страны с индустриально развитой экономикой, высоким уровнем энерговооруженности, развитой транспортной инфраструктурой, высоким научно-техническим потенциалом и уровнем жизни населения. Подчеркнем – Север России и его арктическая составляющая становятся самыми обжитыми и развитыми территориями глобального Севера и Арктики на тот период времени [2].

Динамика демографических показателей

Коренное изменение общественных отношений в 1990-х гг. для Мурманской области обозначило крайне негативные тенденции для всех составляющих экономики и социальной сферы. К специфическим факторам, оказавшим негативное воздействие при переходе к рынку, можно отнести: высокую себестоимость продукции из-за фактора северного удорожания, ухудшение характеристик освоенных месторождений руд, присутствие значительного оборонного комплекса, напрямую зависящего от федерального финансирования, повышенные расходы на социальную сферу, вызываемые влиянием особых факторов «северности». Из субъективных факторов следует отметить отсутствие внятной политики по отношению к регионам Севера и Арктики, снижение протекционизма и компенсаци-

[1] Наиболее концентрированно и продуктивно исторический аспект социально-экономического развития Мурманской области представлен в ежегодниках «Мурманская область. Прошлое и настоящее», составленных Федеральной службой государственной статистики по Мурманской области [3].

онности по отношению к экономике и социальной сфере [1, 2, 3, 5].

В последние годы особенно активизировалась непрекращающаяся дискуссия – какие показатели наиболее полно характеризуют результаты социально-экономического развития стран, регионов и т.д. На наш взгляд, мера «благополучия-неблагополучия» и экономики, и социальной сферы региона – это, в первую очередь, показатели движения населения.

Общие показатели движения населения в Мурманской области приведены в таблице. Обращает внимание ухудшение всех представленных показателей.

Более детальный анализ численности населения указывает, что в период с 1990 года к 2011 г. она сократилась на 32%. Главным образом обусловлено значительным миграционным оттоком населения в связи с заметным сокращением государственных гарантий и возмещений за проживание в экстремальных условиях Севера. Пик отъезда пришелся на 1992 год (уехала 31 тыс. чел), в период 1995–1999 гг. положение стабилизировалось на уровне оттока 13-16 тыс. чел. в год, в период 2000-2011 гг. – миграционная убыль на уровне 5–7 тыс. чел. в год. Другие факторы снижения численности – естественная убыль населения и сокращение ожидаемой продолжительности жизни по сравнению с советским периодом – с 70,2 (1990 г.) до 67,2 лет (2010 г.) [по данным статистики: 2].

Показатели движения населения Мурманской области, чел.

	Всего				Браки, единиц	Разводы, единиц
	родившихся	умерших	естественный прирост, убыль(-)	миграционный прирост, убыль(-)		
1939	13093	6066	7027	…	2611	362
1959	14934	2842	12092	5900	8388	1570
1970	12506	3925	8581	5000	8234	3907
1979	15657	5921	9736	9000	9872	6031
1989	14809	6689	8120	433	10220	6274
2000	8020	10805	–2785	–15402	6523	5919
2001	8289	11198	–2909	–14231	7256	6709
2002	8778	11840	–3062	–12864	7104	6982
2003	8719	12312	–3593	–6213	7690	6462
2004	8928	11719	–2791	–4429	6520	5604
2005	8516	11672	–3156	–5020	7269	5640
2006	8455	10963	–2508	–5130	7345	5718
2007	8821	10011	–1190	–4850	7930	5742
2008	9100	10160	–1060	–7417	7295	5838
2009	9074	10050	–976	–4804	7504	5868
2010	9320	9513	–193	–6713	7447	5041

Выводы

Итог советского периода – из малолюдного, окраинного, необжитого региона, практически не имевшего промышленности, Мурманская область превратилась в один из значительнейших центров страны с индустриально развитой экономикой, высоким уровнем энерговооруженности, развитой транспортной инфраструктурой, высоким научно-техническим потенциалом и уровнем жизни населения. Современные особенности развития области наиболее ярко характеризуют демографические показатели, имеющие устойчивые тенденции ухудшения в сравнении с советским периодом. Значение арктических территорий для России актуализирует исследования по проблематике социально-экономического развития этих территорий.

Исследование выполнено при поддержке грантов: Минобрнауки по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, № 2012-1.2.1-12-000-3002-007 по теме «Формирование стратегических приоритетов развития российской Арктики», РГНФ и Правительства Мурманской области, № 1212-51002а по теме «Экономика и социальная сфера Мурманской области: потери и достижения советского и постсоветского периода (на основе статистических оценок)».

Список литературы

1. Баранов С.В. Система долгосрочных и ведомственных целевых программ, реализуемых за счет федерального бюджета, как фактор обеспечения долгосрочных целей регионального развития (на примере Мурманской области) // Экономические науки. – 2009. – № 1. – С. 266–269.

2. Мурманская область. Прошлое и настоящее // Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области, 2011. – 115 с.

3. Самарина В.П. Социально-экономические факторы размещения населения зоны Севера // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2007. – № 2. – С. 151.

4. Скуфьина Т.П. Оценка потерь и достижений экономики и социальной сферы субъектов Севера Российской Федерации за годы экономических реформ (на примере Мурманской области): постановка проблемы // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2012. – № 1 (29). – С. 71–74.

5. Стратегия социально-экономического развития Мурманской области до 2020 года и на период до 2025 года // Приложение к постановлению Правительства Мурманской области от 23.12.2011 № 693-ПП/15.

References

1. Baranov S.V. Sistema dolgosrochnyh i vedomstvennyh celevyh programm, realizuemyh za schet federal'nogo bjudzheta, kak faktor obespechenija dolgosrochnyh celej regional'nogo razvitija (na primere Murmanskoj oblasti) // Jekonomicheskie nauki. – 2009. no. 1. pp. 266–269.

2. Murmanskaja oblast'. Proshloe i nastojawee // Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki, Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Murmanskoj oblasti, 2011. 115 p.

3. Samarina V.P. Social'no-jekonomicheskie faktory razmewenija naselenija zony Severa // Sever i rynok: formirovanie jekonomicheskogo porjadka. 2007. no. 2. pp. 151.

4. Skufina T.P. Ocenka poter' i dostizhenij jekonomiki i social'noj sfery sub#ektov Severa Rossijskoj Federacii za gody jekonomicheskih reform (na primere Murmanskoj oblasti): postanovka problemy // Sever i rynok: formirovanie jekonomicheskogo porjadka. 2012. no. 1 (29). pp. 71–74.

5. Strategija social'no-jekonomicheskogo razvitija Murmanskoj oblasti do 2020 goda i na period do 2025 goda // Prilozhenie k postanovleniju Pravitel'stva Murmanskoj oblasti ot 23.12.2011 no. 693–PP/15.

Рецензенты:

Селин В.С., д.э.н., профессор, зав. отделом ФГБУН ИЭП КНЦ РАН, г. Апатиты;

Ларичкин Ф.Д., д.э.н., профессор, директор ФГБУН ИЭП КНЦ РАН, г. Апатиты.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 631.162

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ В АГРОХОЛДИНГАХ

Глущенко А.В., Ермакова М.С.

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный университет», Волгоград, e-mail: Maria-c2@yandex.ru

Дано понятие агрохолдинга, названы технологические, структурные, организационные особенности, влияющие на поставку учетного процесса в этой структуре. Определены сущность и роль отраслевой учетной политики. Обоснована необходимость формирования единой учетной политики как основной организационной и методологической базы для формирования единой системы учета и отчетности в компаниях агрохолдинга. Выделены основные задачи формирования учетной политики в агрохолдинге. Рекомендованы и раскрыты основные принципы формирования единой учетной политики, такие как: независимость учетного процесса от какого-либо определенного вида отчетности; рациональное сочетание бухгалтерского, управленческого, налогового и консолидированного учета; ориентация бухгалтерского учета на формирование достоверной информации, обеспечивающей реальное отражение финансового положения и результатов деятельности агрохолдинга; соответствие показателя прибыли, формируемого в бухгалтерском учете, достигнутому финансовому результату деятельности агрохолдинга и др. Соблюдение этих принципов позволит управляющей компании сформировать учетную политику, отражающую реальное финансовое положение и финансовые результаты деятельности агрохолдинга в целом и каждой входящей в него организации.

Ключевые слова: агрохолдинг, учетная политика, принципы, документ, информация

THE BASIC PRINCIPLES OF UNIFORM ACCOUNTING POLITIKI IN AGROHOLDING

Gluschenko A.V., Ermakova M.S.

Volgograd state university, Volgograd, e-mail: Maria-c2@yandex.ru

The concept of agroholding is given, the technological, structural, organizational features influencing delivery of registration process in this structure are called. The essence and a role of branch accounting policies are defined. Need of formation of uniform accounting policies, as main organizational and methodological base for formation of uniform system of the account and the reporting in the agroholding companies is proved. The main objectives of formation of accounting policies in agroholding are allocated. The basic principles of formation of uniform accounting policies, such as are recommended and opened: independence of registration process of any certain type of the reporting; a rational combination of the accounting, management, tax and consolidated accounting; orientation of accounting to formation of the reliable information providing real reflection of a financial position and results of activity of agroholding; compliance of an indicator of the profit formed in accounting, to the reached financial result of activity of agroholding, etc. Observance of these principles will allow management company to create the accounting policies reflecting a real financial position and financial results of activity of agroholding as a whole and each organization entering into it.

Keywords: agroholding, accounting policies, principles, and document information

Агрохолдинг – это объединение экономически и технологически взаимосвязанных предприятий и организаций разных форм собственности на основе слияния их капитала, обеспечивающего право одного из них определять стратегию и тактику развития коллективного производства. Такие интегрированные компании ведут высоко диверсифицированную деятельность, имеют территориально распределенную структуру, сложную многоуровневую систему управления [1].

Чем разветвленнее организационная структура агрохолдинга, тем более остро встает вопрос об использовании единой системы учета и отчетности, для сопоставимости показателей деятельности каждого участника группы и своевременности представления объективной информации о ее финансовом состоянии в целом при консолидации отчетности.

Организационной и методологической базой формирования единой системы учета и отчетности агрохолдинга является единая учетная политика. Разработка единой учетной политики в агрохолдинге позволит более эффективно вести хозяйственную деятельность как в отдельных компаниях, так и по холдингу в целом, оперативнее получать бухгалтерскую информацию, сопоставлять информацию по холдингу в целом, учитывать интересы всех участников бизнеса и избегать неправильных управленческих решений.

Отраслевая учетная политика должна представлять собой совокупность рекомендаций по данному вопросу с учетом специфики отрасли, позволяющих получить достоверную и в достаточном объеме информацию, на которой будут базироваться затем меры господдержки и направления регулирования аграрного сектора [2].

Этот внутренний учетный стандарт утверждается руководством управляющей компании и является обязательным к применению всеми формирующими агрохол-

динг предприятиями. Только на основе такого подхода можно построить систему бухгалтерского, управленческого и налогового учета агрохолдинга, реально обеспечивающую как менеджмент управляющей компании, так и руководителей входящих в холдинг предприятий необходимой и адекватной информацией.

Главная задача формирования учетной политики агрохолдинга как любой коммерческой организации заключается в преодолении информационного разрыва между бухгалтерией и пользователями учетных и отчетных данных. Бухгалтерия агрохолдинга аккумулирует огромные объемы финансовых и нефинансовых сведений об интегрированной структуре, но очень часто внешние и внутренние пользователи сетуют на недостаток информации о деятельности агроформирования [3].

Для преодоления этого разрыва необходима разработка и формирование единой учетной политики для всех видов учета, основанной на идее прозрачности деятельности агрохолдинга и полезности информации об этой деятельности. С целью удовлетворения информационных запросов широкого круга пользователей формирование учетной политики рекомендуем строить на следующих принципах.

1. Независимость учетного процесса от какого-либо определенного вида отчетности – бухгалтерской, управленческой, налоговой и т.д.

Интегрированная агроструктура должна иметь возможность подготавливать и представлять заинтересованным пользователям разнообразную финансовую информацию: бухгалтерскую отчетность юридического лица и консолидированную (сводную) отчетность, составленные по российским правилам; сводную финансовую отчетность по МСФО; налоговую отчетность и др. Каждый вид отчетности обеспечивает удовлетворение определенных информационных потребностей пользователей. Бухгалтерский отчет по российским правилам дает величину чистой прибыли, подлежащей распределению. Исходя из этой величины организация объявляет доход на инвестированный в нее капитал. Сводная финансовая отчетность по МСФО характеризует реальную, экономически значимую величину финансового результата деятельности организации. Она нужна пользователям для понимания того, как агрохолдинг генерирует денежные потоки и распоряжается ими и для оценки деятельности исполнительного органа. Налоговая отчетность позволяет определять исполнение обязательств агрохолдингом и его структурными подразделениями по уплате различных налогов.

Возможность формирования агрохолдингом различных видов отчетности обеспечивается построением текущего учетного процесса. Этот факт необходимо учитывать при выборе способов документирования фактов хозяйственной деятельности, состава аналитических счетов, порядка и процедур систематизации и накапливании информации, представления отчетных данных. В частности, рабочий план счетов организации должен быть построен таким образом, чтобы давать возможность получать данные для составления российской отчетности и при необходимости отчетности по МСФО.

2. Рациональное сочетание бухгалтерского, управленческого, налогового и консолидированного учета, обеспечивающее исполнение каждым из них соответствующих задач и функций.

Реализация на практике моделей полного обособления управленческого и налогового учета от бухгалтерского опасна, поскольку возможна лишь относительная обособленность данных видов учета. Кроме того, сложившиеся условия экономики определили новое направление в системе бухгалтерского учета – систему корпоративного учета, которая является внутренним «произведением» корпоративной структуры и сочетает в себе «множители» бухгалтерского и налогового учета в соответствии с российскими и международными стандартами, а также обеспечивает оперативное, тактическое и стратегическое управление корпоративной структурой в соответствии с отраслевой спецификой бизнеса.

Построение корпоративной (унифицированной) системы финансового учета в агрохолдинге предполагает разработку и утверждение следующих положений и форм, необходимых для применения всеми участниками:

– концепция системы финансового учета в интегрированной агроструктуре с разделами, посвященными бухгалтерскому, налоговому и управленческому видам учета;

– учетная политика для целей бухгалтерского учета;

– учетная политика для целей управленческого учета;

– учетная политика для целей налогового учета;

– положение о документообороте в группе компаний с отдельными разделами для бухгалтерского, налогового и управленческого учета;

– формы первичных учетных документов и регистров бухгалтерского учета;

– регистры налогового учета;

– единые формы для ведения финансового учета с отдельными разделами бух-

галтерского, налогового и управленческого учета;

– перечень аналитических признаков хозяйственных операций;

– единый классификатор затрат.

Применение указанных положений и по возможности единой системы автоматизации учетных операций позволит:

– обеспечить оперативность представления финансовой информации для принятия управленческих решений по агрохолдингу, что будет способствовать повышению эффективности этих решений;

– рационально использовать возможности группы при осуществлении внутрикорпоративных операций;

– способствовать экономии издержек за счет унификации учетных операций и исключения дублирования учетных функций.

Организация системы корпоративного учета внутри агрохолдинга предполагает максимальное сближение учета по российским и международным стандартам путем отступления от российских стандартов. Так, в п. 7 ПБУ 1/2008 «Учетная политика организации» обозначено, что при формировании учетной политики организации по конкретному вопросу организации и ведения бухгалтерского учета осуществляется выбор одного способа из нескольких, допускаемых законодательством Российской Федерации и (или) нормативными правовыми актами по бухгалтерскому учету. Если по конкретному вопросу в нормативных правовых актах не установлены способы ведения бухгалтерского учета, то при формировании учетной политики осуществляется разработка организацией соответствующего способа, исходя из настоящего или иных положений по бухгалтерскому учету, а также Международных стандартов финансовой отчетности.

3. Ориентация бухгалтерского учета на формирование достоверной информации, обеспечивающей реальное отражение финансового положения и финансовых результатов деятельности агрохолдинга.

Понятие достоверности учетной и отчетной информации является одним из самых сложных и неодинаково трактуемых на практике, в законодательстве и специальной литературе. В Положении по бухгалтерскому учету «Бухгалтерская отчетность организации» (ПБУ 4/99), в Федеральном законе «Об аудиторской деятельности» и федеральном правиле (стандарте) аудиторской деятельности № 6 «Аудиторское заключение по финансовой (бухгалтерской) отчетности» зафиксировано понятие «достоверность финансовой информации». Достоверной и полной считается бухгалтерская отчетность, сформированная исходя из правил, установленных нормативными актами по бухгалтерскому учету (п. ПБУ 4/99) [4].

В Федеральном законе «Об аудиторской деятельности» № 119-ФЗ под достоверностью понимается степень точности данных бухгалтерской отчетности, которая позволяет пользователю этой отчетности на основании ее данных делать правильные выводы о результатах хозяйственной деятельности, финансовом и имущественном положении аудируемых лиц и принимать базирующиеся на этих выводах обоснованные решения [5].

Однако данный подход не в полной мере отвечает интересам различных групп пользователей финансовой отчетности, поскольку все пользователи не столько заинтересованы в соответствии финансовой информации законодательству и правилам, сколько в реальном отражении финансового положения и результатов деятельности агрохолдинга, исключении любого манипулирования учетными и отчетными данными. При этом реальность информации, формируемой в бухгалтерском учете, предполагает ее адекватность состоянию дел в агрохолдинге. Достоверность финансовой информации может быть обеспечена только следующими двумя факторами.

Во-первых, избранные и применяемые организацией способы ведения бухгалтерского учета (включая подготовку финансовой отчетности), совокупность которых составляет учетную политику, должны быть общепризнанными. Только в этом случае учетная политика отвечает правилам ведения учета и составления отчетности. Во-вторых, способы ведения учета и составления отчетности должны соответствовать конкретным условиям хозяйствования. В случае возникновения ситуации, когда избранный способ ведения учета входит в число общепринятых, но неприемлем в конкретных условиях, приоритет должны иметь в этом случае: требование адекватности информации, соблюдение допущения непрерывности деятельности и требование преобладания экономического содержания фактов хозяйственной деятельности перед их юридической формой.

4. Соответствие показателя прибыли, формируемого в бухгалтерском учете и раскрываемого в финансовой отчетности, достигнутому финансовому результату деятельности агрохолдинга.

Прибыль является универсальным синтетическим показателем, характеризующим финансовый результат деятельности любой организации в отчетном периоде, и к нему предъявляются особые требования в части надежности и реальности. Это предполагает полный учет всех расходов и доходов, относящихся к отчетному периоду. Любые

расходы должны включаться в стоимость активов или списываться за счет прочих расходов организации.

Капитализироваться должны только те расходы, которые непосредственно связаны с приобретением (строительством, созданием) активов. В себестоимость продукции (работ, услуг) должны включаться все расходы по обычным видам деятельности либо непосредственно связанные с ведением обычной коммерческой деятельности. Выполнение перечисленных условий обеспечит формирование точных показателей стоимости активов и величины финансового результата деятельности организации в отчетном периоде.

5. Использование в бухгалтерском учете нормативно зафиксированных приемов, обеспечивающих формирование объективной картины финансового состояния агрохолдинга и финансовых результатов его деятельности.

В учетной политике агрохолдинги могут предусматривать создание резервов: по сомнительным долгам, под обесценение вложений в ценные бумаги, под снижение стоимости материалов и др. Создание резервов – это не только составляющая объективности финансовой отчетности, но и важнейший способ учета рисков финансово-хозяйственной деятельности.

Отсутствие резервов искажает финансовый результат деятельности, завышает балансовые показатели дебиторской задолженности, финансовых вложений, материальных запасов. Кроме того, в бухгалтерском учете должны отражаться события после отчетной даты, условные факты хозяйственной деятельности, прекращаемая деятельность. Поэтому признание перечисленных показателей рекомендуем производить при помощи резервирования и следовательно предусматривать создание таких резервов в учетной политике агрохолдинга.

6. Организация учета каждой самостоятельной компанией агрохолдинга по отдельным объектам управления с использованием схем, максимально обеспечивающих потребности всех пользователей в информации для осуществления анализа, контроля и принятия решений.

Для обеспечения управленческой информацией руководства и менеджеров агрохолдинг должен выбрать учетную политику в части построения учета затрат на производство, которая бы соответствовала целевой установке системы управления, способности и возможности функциональных служб холдинга обрабатывать и эффективно использовать информацию, систематизируемую и накапливаемую в бухгалтерском и управленческом учете. Методическими рекомендациями по применению плана счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности предприятий и организаций агропромышленного комплекса предоставлена возможность организации управленческого учета в системе счетов интегрированной или автономной от счетов финансового учета. Для этого агрохолдингами в учетной политике закрепляется один из пяти вариантов формирования информации о затратах по обычным видам деятельности. Кроме того, выделение управленческого учета способствует сохранению коммерческой тайны относительно уровня издержек производства, рентабельности отдельных видов продукции, их конкурентоспособности.

Сформулированные принципы определили требования к формированию единой учетной политики агрохолдинга, обеспечивающие единообразное ведение учета имущества, обязательств и хозяйственных операций, осуществляемых участниками холдинга; составление и представление сопоставимой и достоверной информации об имущественном положении, доходах и расходах, необходимой для консолидации данных по холдингу как единому хозяйствующему субъекту.

Список литературы

1. Глущенко А.В. Методология внутренней стандартизации учета в агрохолдингах: монография; гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Волгогр. гос. ун-т» науч. ред. Л.В. Перекрестова – Волгоград: Изд-во ВолГу, 2008. – 372 с.

2. Гришкина С. Проблемы учетной политики в сельхозорганизациях // АПК – экономика, управление – 2007. – № 4. – С. 19.

3. Половинкина С. Учетная политика по МСФО // Расчет. – 2008. – № 5. – С. 57–62.

4. Бухгалтерская отчетность организации: положение по бухгалтерскому учету (ПБУ 4/99), утверждено приказом Минфина России от 06.07.1999 № 43н // Информационно-справочная система «Гарант».

5. Об аудиторской деятельности: Федеральный закон № 307 ФЗ от 30.12.2008 г. // Информационно-справочная система «Гарант».

References

1. Gluschenko A.V. The methodology of internal standardization in accounting agroholding [monograph] / A.V. Gluschenko; state. Institution of higher. prof. Education «Volgogr. state. Univ» scientific. Ed. L.V Perekrestova – Volgograd: Volgograd State Univ, 2008. 372 p.

2. Grishkina S. Problems of accounting policies in the agricultural // APC – economics, management 2007. no. 4. pp. 19.

3. Polovinkina S. Accounting policies on IFRS//Calculation. 2008. no. 5 pp. 57–62.

4. Position on accounting «Accounting Organization» (PBU 4 / 99), approved by Decree of the Russian Finance Ministry 06.07.1999 no. 43n / / Information and reference system «Garant».

5. The Federal Law «On Auditing» no. 307-FZ of 30.12.2008 // Information and reference system «Garant».

Рецензенты:

Балашова Н.Н., д.э.н., профессор, декан экономического факультета, заведующая кафедрой бухгалтерского учет и аудита ФГБОУ ВПО «Волгоградская сельскохозяйственная академия» Минсельхоза РФ, г. Волгоград;

Попова Л.В., д.э.н., профессор кафедры экономического анализа и финансов ФГБОУ ВПО «Волгоградская сельскохозяйственная академия» Минсельхоза РФ, г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 332.14

МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕГИОНОВ ЮФО С РАЗВИТИЕМ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Задорожнева Ю.В., Трухляева А.А.

ФГАОУ ВПО «Волгоградский государственный университет», Волгоград, e-mail: ann.tru@mail.ru, J_zadorozhneva@mail.ru

Представлена иерархическая структура региональной социально-экономической политики, включающая основные виды и отражающая ее взаимосвязь с политикой инновационного развития. Произведено рейтинговое ранжирование регионов Южного федерального округа по эффективности реализации социально-экономической политики и по уровню развития инновационного потенциала, которое позволило не только выявить прямую пропорциональную зависимость между их характеризующими интегральными показателями, но и рассмотреть влияние трансформационных и трансакционных факторов на данную зависимость. В результате увеличение трансакционного фактора, который в предложенной авторами методике оценки представлен информационно-коммуникационной, организационно-управленческой и институциональной составляющими социально-экономической политики, способствует положительной динамике развития инновационного потенциала. На основе проведенных статистических исследований построена модель взаимосвязи экономических показателей регионов ЮФО с развитием инновационного потенциала, которая может быть использована при построении прогноза уровня инновационного развития.

Ключевые слова: инновационный потенциал, регион, социально-экономическая политика, трансформационные и трансакционные факторы

MODEL OF THE RELATIONSHIP REGION'S ECONOMIC INDICATORS OF THE SOUTHERN FEDERAL DISTRICT WITH DEVELOPMENT OF INNOVATIVE POTENTIAL

Zadorozhneva J.V., Truhlaeva A.A.

FSAEI of HPE Volgograd state University, Volgograd, e-mail: ann.tru@mail.ru, J_zadorozhneva@mail.ru

Shows the hierarchy structure of regional socio-economic policy, which includes its main types and reflecting its relationship with the policy of innovative development. Was rating ranking of regions of the southern Federal district on the effectiveness of implementation of socio-economic policy and the level of development of innovative potential, which has allowed not only to identify a direct proportional dependence between them characterize the integrated parameters, but also to consider the influence of transformational and transactional factors on this correlation. As a result of the increase in transactional factors, which in proposed by the authors of the method of assessment is presented for information and communication, organizational, managerial and institutional components of the socio-economic policy promotes the positive dynamics of development of innovation potential. On the basis of the conducted statistical research a model of relationships between the economic indicators of regions of the southern Federal district with the development of innovation potential, which can be used in the building of the forecast of the level of innovation development.

Keywords: innovative potential, region, socio-economic policy, transformational and transactional factors

Экономическая политика (ЭП), выступая в качестве связующего звена системы «общество – человек – государство» и сочетая в себе черты сложной многоаспектной категории, при достижении поставленных целей затрагивает различные сферы хозяйственной деятельности: финансы, промышленность, денежное обращение, инвестиции, инновации, сельское хозяйство, налоговую систему, кредит, социальную систему и др. В каждом конкретном случае ЭП приобретает некоторые специфичные особенности, свойственные именно этой области применения.

В рамках данного исследования особый интерес представляет выявление взаимосвязи социально-экономической и инновационной политик, а также построение модели влияния основных экономических показателей развития регионов ЮФО на уровень инновационного потенциала (ИП).

Выявление указанной взаимосвязи возможно благодаря системному представлению региональной социально-экономической политики (СЭП) в виде иерархической структуры, которая позволяет ее рассматривать по вертикали, выделяя в составе общей политики государства и подразделяя на политики низшего уровня, а также по горизонтали как один из взаимосвязанных элементов соответствующего уровня иерархии [4].

В силу своей значимости для большинства сфер общества ЭП государства занимает место в общей структуре основных государственных политик рядом с политикой безопасности, геостратегической, административно-правового строительства, бюджетно-налоговой, денежно-кредитной и банковской, а также социальной [2, с. 51]. В тоже время социальная политика (СП) при всей самостоятельности входит в со-

став ЭП. Однако если выделение социальных аспектов в качестве составной части ЭП обусловлено наглядностью отображения их взаимосвязи и пересечения, то отнесение бюджетно-налоговой и денежно-кредитной политик одновременно в состав основных политик государства и в состав политики регулирования в сфере финансов влечет вопросы субординационного и координационного характера. Поэтому, по мнению авторов, бюджетно-налоговая и денежно-кредитная политики являются видами политики финансового регулирования и их следует рассматривать в составе ЭП.

Следуя логике С.С. Сулакшина [2, с. 52], инновационная политика является составной частью исключительно промышленной политики, а информационная входит в состав только СП, что недостаточно обосновано. Бесспорно, внедрение новейших научно-технических достижений и передовых технологий занимает ключевые позиции именно в промышленности, но не менее важную роль инновации играют и в других сферах социально-экономического развития.

Инновации – это «оцененные рынком новшества, используемые в разных областях человеческой жизнедеятельности» [3, с. 16]. Каждое новое достижение решает не только частную задачу, но выступает как новый товар для использования в «новых комбинациях» при решении других задач [11, с. 159–160]. Инновационно-активный сценарий развития РФ предполагает повышение в структуре экономики доли информационного и высокотехнологичного сектора, к которому отнесены высокотехнологичные отрасли промышленности и виды социальной деятельности, связанные с инвестициями в человеческий капитал, – образование, медицина, наука и научное обслуживание, информатика [1, с. 112]. Таким образом, инновации используются в различных областях человеческой деятельности, а инновационная политика как основа модернизации при всей значимости для промышленной сферы может выступать в качестве вполне самостоятельного направления ЭП. «Ахиллесовой пятой» инновационного развития является торможение процессов обмена и передачи знаний и данных между источником и получателем. Это свидетельствует, что информатизация является важнейшим фактором инновационного развития региона и «способствует повышению эффективности производства, ускорению научно-технического прогресса, внедрению новых технологий и улучшению условий труда, повышению качества и квалификации кадров» [6, с. 166].

Таким образом, особое значение для обеспечения прогрессивных изменений в обществе должна приобрести политика в области формирования единого информационно-коммуникационного пространства, создания и развития рынка информации как одного из трансакционных факторов производства [8, с. 63]. Это позволит создать эффективную систему социально значимых институтов для обеспечения прав граждан на свободное получение, использование и обмен информацией. Качество и масштабы использования информационно-коммуникационных технологий позволяют оценить стабильность регионального развития и эффективность социально-экономических процессов [7].

В результате структура региональной СЭП по выделению в ее составе соответствующих основных видов может быть схематически изображена на рис. 1.

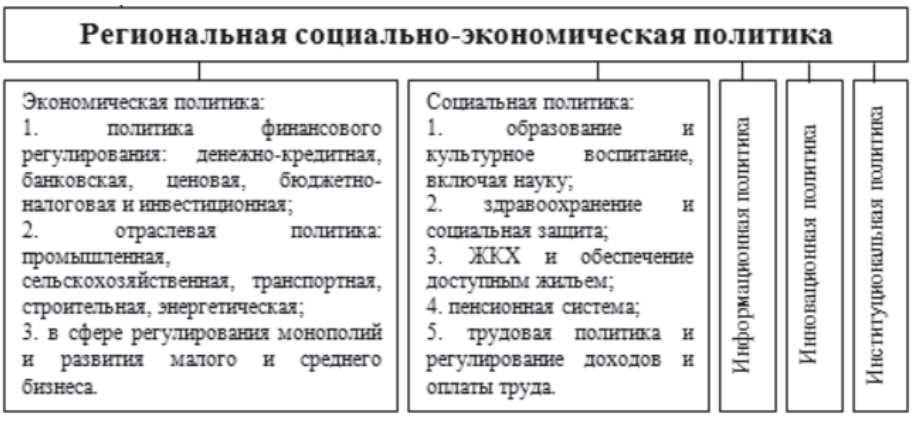


Рис. 1. Системное представление иерархической видовой структуры региональной СЭП (сост. авт.)

Кроме того, для выявления направления зависимости между социально-экономической и инновационной политиками в рамках данного исследования произведено рейтинговое ранжирование регионов ЮФО по эффективности реализации СЭП [5] и по

уровню развития ИП [10] за 2005, 2009 гг. (рис. 2). Необходимо отметить, что под ИП хозяйственных систем авторы понимают совокупность ресурсов, условий и факторов, необходимых для осуществления инновационной деятельности, направленной на эффективную реализацию инноваций на внутреннем и внешнем рынках.

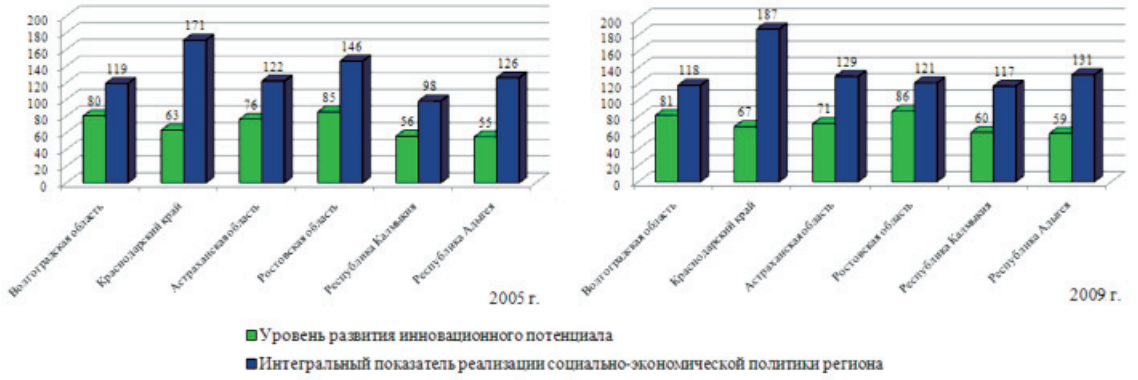


Рис. 2. Распределение общего рейтинга по уровню развития ИП и по эффективности реализации СЭП в регионах ЮФО России за 2005 и 2009 гг. (сост. авт.)

Как видно из рис. 2, в Краснодарском крае, Республиках Калмыкия и Адыгея с увеличением уровня развития ИП повышается интегральный показатель реализации СЭП. В Волгоградской и Ростовской областях наблюдается обратная зависимость между уровнем ИП и интегральным показателем реализации СЭП, что обусловлено снижением трансакционного фактора, который в предложенной авторами методике оценки представлен информационно-коммуникационной, организационно-управленческой и институциональной составляющими СЭП (табл. 1).

Таблица 1

Распределение рейтингов по подсистемам «трансформационные и трансакционные факторы реализации СЭП региона» по регионам ЮФО в 2005, 2009 гг.

Регионы	Трансформационные факторы реализации СЭП региона		Трансакционные факторы реализации СЭП региона	
	2005	2009	2005	2009
Волгоградская область	81	81	38	37
Краснодарский край	104	111	67	76
Астраханская область	77	76	45	53
Ростовская область	95	81	51	40
Республика Калмыкия	44	60	54	57
Республика Адыгея	80	83	46	48

И с т о ч н и к : сост. авт.

В Астраханской области наблюдается снижение уровня ИП на фоне увеличения интегрального показателя СЭП. Это объясняется увеличением рейтингов управленческой и информационно-коммуникационной составляющих СЭП, что в перспективе создаст необходимые условия для развития ИП.

Для представления влияния основных экономических показателей на уровень развития ИП регионов ЮФО был проведен регрессионный анализ. В данном исследовании были использованы основные факторы, отобранные в соответствии с особенностями регионов ЮФО, предположительно влияющие на уровень развития ИП.

Хотелось бы отметить, что уравнение регрессии применимо для прогнозирования возможных ожидаемых значений результативного признака. Ограничением прогнозирования на основании регрессионного уравнения служит условие стабильности или малой изменчивости других факторов и условий изучаемого процесса, не связанных с ним. Если резко изменится «внешняя среда» протекающего процесса, прежнее уравнение регрессии результативного признака потеряет своё значение. Для того чтобы проводить прогнозирование по найденному уравнению связи, необходимо оценить, насколько верно уравнение описывает реаль-

ные данные. Поэтому проводится оценка статистической значимости как уравнения в целом, так и отдельных его параметров [9, с. 90–100].

На первом этапе проводим анализ множественной корреляции и отсев незначимых регрессоров. Вычисляем коэффициент множественной детерминации, показывающий, какая часть отклика объясняется данной моделью. Чем ближе значение R^2 к 1, тем качество модели выше. Затем вычисляется коэффициент множественной корреляции, характеризующий тесноту линейной связи между откликом и регрессорами. Чем ближе значение R к 1, тем качество модели выше. Под значимостью коэффициента R понимается его отличие от 0.

Для проведения регрессионного анализа использовался пакет «Statistica 6.0». Для получения регрессионного уравнения необходимо провести ступенчатый отсев регрессоров. Первоначально берутся все независимые переменные, а далее процесс повторяется до тех пор, пока не останутся только значимые регрессоры. Результаты регрессионного анализа приведены на рис. 3.

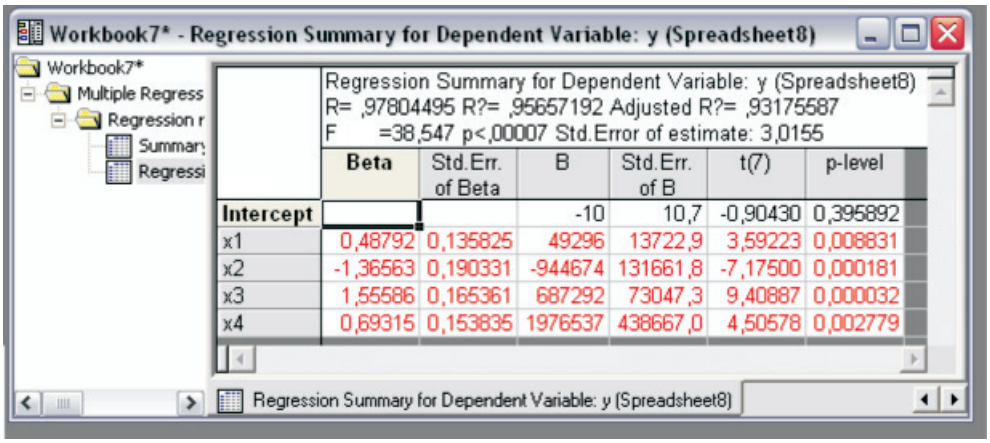


Рис. 3. Отчет с результатами регрессионного анализа (сост. авт.)

Из результатов анализа было выявлено восстановленное уравнение множественной регрессии, которое принимает следующий вид:

$$Y = 49296X1 - 944674X2 + 687292X3 + 1976537X4 \quad (1)$$

где Y – уровень развития ИП;

- X1 – ВРП на душу населения, тыс. руб.;
- X2 – основные фонды отраслей экономики на душу населения, тыс. руб.;
- X3 – объем инвестиций в основной капитал на душу населения, тыс. руб.;
- X4 – доля занятых на малых предприятиях в числе занятых, %;

Коэффициенты регрессионной модели на заданном уровне $\alpha = 0,05$ являются значимыми (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты регрессионной модели

Показатель	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение
X1	49296	13722,9	3,59	0,008
X2	–944674	131661,8	–7,18	0,001
X3	687292	73047,3	9,41	0,001
X4	1976537	438667,0	4,51	0,002

И с т о ч н и к : сост. авт.

Для данного уравнения множественной регрессии были получены:

1. **Множественный коэффициент** корреляции (Multiple R) равен 0,98, т.е. связь очень высокая (по шкале Чеддока), прямая.

2. **Коэффициент детерминации** (Multiple R?) равен 0,96, т.е. вариация результата (Y – уровень развития инновационного потенциала) на 96% объясняется вариацией факторов X1, X2, X3, X4 .

На следующем этапе проверяем гипотезу о незначимости регрессионной модели. Для этого необходимо провести дисперсионный анализ, который используют для

выявления перспективных и наилучших комбинаций показателей факторов при исследовании многофакторных систем. Такие схемы анализа позволяют выяснить не только степень влияния каждого из факторов, но и их взаимодействия. Подбор факторов для построения указанных схем производят на основе их независимости.

Анализ дисперсий – это один из методов анализа качества регрессионной модели, использующий методы дисперсионного анализа. Термин «качество регрессионной модели» означает, что модель хорошо согласуется с экспериментальными данными. В качестве статистического критерия качества модели использовался *F*-критерий (критерий Фишера). Вычислялось выборочное значение *F*-критерия, которое сравнивалось с критическим значением. Если выполнено условие $F > F_к$, модель считается статистически значимой. Результаты дисперсионного анализа представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа

	F	Значимость F
Регрессия	38,547	0,00007

И с т о ч н и к : сост. авт.

Итак, при проверке значимости уравнения в целом выяснилось, что условие $\overline{F} > F_к$ выполнено и модель *считается статистически значимой.*

Адекватность прогностической модели может быть оценена с помощью таблицы и графика остатков (рис. 4, 5).

Case	−3s	.	.	.	0	.	.	.	+3s
	Raw Residuals								
1		.	.	.	*	.	.	.	.
2		.	.	.		*	.	.	.
3		.	.	.		*	.	.	.
4		.	.	.		*	.	.	.
5		.	.	.		*	.	.	.
6		.	.	.		.	*	.	.
Minimum		.	.	.	*	.	.	.	.
Maximum		.	.	.		.	*	.	.
Mean		.	.	.		*	.	.	.
Median		.	.	.		*	.	.	.

Рис. 4. Таблица остатков (сост. авт.)

Рис. 5. График нормальности распределения остатков (сост. авт.)

Левая часть отчета (см. рис. 4) представляет собой график остатков. Как видно из графика, все остатки (обозначенные *) относительно нулевой линии укладываются в полосу шириной ±2S. Это означает, что, по-видимому, дисперсии ошибок наблюдений постоянны. Таким образом, данное предположение регрессионного анализа подтверждается, что свидетельствует об адекватности регрессионной модели результатам наблюдений. Из графика нормальности распределения остатков (рис. 5) видно, что точки расположены близко к прямой, значит, можно предположить, что остатки распределены по нормальному закону. Следовательно, уравнение множественной регрессии:

$$Y = 49296X1 – 944674X2 +$$

$$+ 687292X3 + 1976537X4$$

– является значимым и адекватным.

Таким образом, разработанное в ходе исследования уравнение является адекватным, имеет хорошие прогностические свойства и может быть использовано при построении прогноза уровня развития ИП. Проведенные статистические исследования дают основание определить выведенное уравнение регрессии как модель влияния основных экономических факторов на уровень развития ИП регионов ЮФО.

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ и Администрации Волгоградской области Региональный конкурс «Волжские земли в истории и культуре России» № 12-12-34018 «Мониторинг и корректировка механизма управления инновационными процессами в экономике региона с использованием естественнонаучных методов».

Список литературы

1. Вардомский Л.Б. Модернизация экономики в странах СНГ: национальные, региональные и глобальные факторы // научные доклады Института экономики РАН: в 4 т. / общ. ред. А.Я. Рубинштейн. Т.4. Международные экономические и политические исследования / отв. ред. С.П. Глинкина. – М.: ЗАО Изд-во «Экономика», 2010. – 442 с.

2. Государственная экономическая политика России. К умной и нравственной экономике (анонс) / под общей ред. С.С. Сулакшина. –м М.: Научный эксперт, 2007. – 440 с.

3. Демидов В.А. Региональная инновационная система: потенциал и тенденции развития / В.А. Демидов, Н.Н. Лебедева, О.С. Олейник. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2008. – 318 с.

4. Задорожнева Ю.В. Структурные элементы региональной экономической политики // Вестник МГОУ. Серия «Экономика». – М.: Изд-во МГОУ, 2011. – № 2. – С. 15–18.

5. Задорожнева Ю.В., Калинина А.Э. Многофакторная оценка эффективности реализации социально-экономической политики региона // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – URL: http://www.science-education.ru/104-6719 (дата обращения: 20.07.2012).

6. Калинина А.Э. Закономерности развития и особенности регулирования информационных процессов // Актуальные проблемы управления социально-экономическим развитием региона: монография / под общ. ред. д.э.н., проф. А.Э. Калининой; Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Волгогр. гос. ун-т». – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2011. – 602 с.

7. Калинина А.Э. Интегральная многофакторная оценка эффективности управления регионом в условиях модернизации // Вестник ВолГУ. Серия 3. Экономика. Экология. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2012. – № 1 (20). – С. 102–112.

8. Калинина А.Э. Информационное развитие экономики региона: Монография / А.Э. Калинина, О.В. Иншаков, М.Ф. Мизинцева, Е.А. Петрова. – М.: Издательский дом «Финансы и Кредит», 2008. – 296 с.

9. Петрова Е.А. Основы эконометрического моделирования: учебное пособие / Е.А. Петрова, А.В. Шевандрин, А.А. Трухляева: ВолГУ, Фак. информ. технологий и телекоммуникаций. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2007. – 188 с.

10. Трухляева А.А., Буянова М.Э. Инновационный потенциал макрорегионов Российской Федерации: анализ и оценка (на примере Южного федерального округа) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность (научно-практический и теоретический журнал). – 2008. – № 11 (32). – С. 94–102.

11. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития – М.: Прогресс, 1982. – 455 с.

References

1. Vardomskij L.B. Modernizacija jekonomiki v stranah SNG: nacional'nye, regional'nye i global'nye faktory // Nauchnye doklady Instituta jekonomiki RAN: v 4 t. / obw. red. A.Ja. Rubinshtejn. T.4. Mezhdunarodnye jekonomicheskie i politicheskie issledovanija / otv. red. S.P. Glinkina. – M.: ZAO «Izdatel'stvo «Jekonomika», 2010. 442 p.

2. Gosudarstvennaja jekonomicheskaja politika Rossii. K umnoj i nravstvennoj jekonomike (anons) / pod obwej red. S.S. Sulakshina. M.: Nauchnyj jekspert, 2007. 440 p.

3. Demidov V.A. Regional'naja innovacionnaja sistema: potencial i tendencii razvitija / V.A. Demidov, N.N. Lebedeva, O.S. Olejnik. Volgograd: Izd-vo VolGU, 2008. 318 p.

4. Zadorozhneva Ju.V. Strukturnye jelementy regional'noj jekonomicheskoj politiki // Vestnik MGOU. Serija «Jekonomika». – 2011. – № 2. – M.: Izd-vo MGOU. pp. 15–18.

5. Zadorozhneva Ju.V., Kalinina A.Je. Mnogofaktornaja ocenka jeffektivnosti realizacii social'no-jekonomicheskoj politiki regiona // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. no. 4; URL: http://www.science-education.ru/104-6719 (data obrawenija: 20.07.2012).

6. Kalinina A.Je. Zakonomernosti razvitija i osobennosti regulirovanija informacionnyh processov // Aktual'nye problemy upravlenija social'no-jekonomicheskim razvitiem regiona: [monografija] / pod obw. red. d.je.n., prof. A.Je. Kalininoj; Gos. obrazovat. uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovanija «Volgogr. gos. un-t». Volgograd: Izd-vo VolGU, 2011. 602 p.

7. Kalinina A.Je. Integral'naja mnogofaktornaja ocenka jeffektivnosti upravlenija regionom v uslovijah modernizacii // Vestnik VolGU. Serija 3. Jekonomika. Jekologija. no. 1 (20). Volgograd: Izd-vo VolGU, 2012. pp. 102–112.

8. Kalinina A.Je. Informacionnoe razvitie jekonomiki regiona: Monografija / A.Je. Kalinina, O.V. Inshakov, M.F. Mizinceva, E.A. Petrova. M.: Izdatel'skij dom «Finansy i Kredit», 2008. 296 p.

9. Petrova E.A. Osnovy jekonometricheskogo modelirovanija [Tekst]: uchebnoe posobie / E.A. Petrova, A.V. Shevandrin, A.A. Truhljaeva: VolGU, Fak. inform. tehnologij i telekommunikacij. – Volgograd: Izdatel'stvo VolGU, 2007. 188 p.

10. Truhljaeva A.A., Bujanova M.Je. Innovacionnyj potencial makroregionov Rossijskoj Federacii: analiz i ocenka (na primere Juzhnogo federal'nogo okruga) // Nacional'nye interesy: prioritety i bezopasnost' (nauchno-prakticheskij i teoreticheskij zhurnal), 2008. no. 11 (32). pp. 94–102.

11. Shumpeter J.A. Teorija jekonomicheskogo razvitija M.: Progress, 1982. 455 p.

Рецензенты:

Петрова Е.А., д.э.н., доц., заведующая кафедрой экономической информатики и управления ФГАОУ ВПО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград;

Буянова М.Э., д.э.н., доц., профессор кафедры экономической информатики и управления ФГАОУ ВПО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 658.155

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЛИНГ: НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Калинина Н.М.

Омский институт, филиал ФГБОУ «Российский государственный торгово-экономический университет», Омск, e-mail: filomsk@rsute.ru

Проведен анализ научных предпосылок появления и развития контроллинга. Основное содержание сосредоточено в области исследования этапов эволюции контроллинга в контексте развития экономической науки и потребностей промышленного производства. Рассмотрены особенности формирования и трансформации инструментально-методического аппарата контроллинга в ретроспективе. Показано влияние развития экономической мысли, науки и практики на формирование понятийного и методологического аппарата контроллинга. Выделены ведущие научные школы, оказавшие существенное влияние на становление и развитие теории контроллинга. Выявлены причины интеграции отдельных процессов, методов и течений в контроллинге, повлекшие за собой оформление самостоятельной области исследования – интегрированного контроллинга. Сделан вывод о том, что современный этап развития контроллинга можно охарактеризовать как стадию интеграции, характеризующуюся смещением акцента с контрольно-аналитических функций контроллинга на системно-координирующие взаимодействия. Обосновано предположение о том, что интеграция традиционных управленческих процессов (планирование, учет, контроль, анализ, регулирование) приводит к созданию новой комплексной системы, имеющей свои цели, функции и задачи, а также обладающей механизмом их координации.

Ключевые слова: концепция контроллинга, контроллинг, интегрированный контроллинг, управление, интеграция, система контроллинга

THE INTEGRATED CONTROLLING: SCIENTIFIC PRECONDITIONS OF EMERGENCE AND DEVELOPMENT

Kalinina N.M.

Russian State University of Trade and Economic (Omsk Institute), Omsk, e-mail: filomsk@rsute.ru

The analysis of scientific preconditions of emergence and controlling development is carried out. The main contents is concentrated in the field of research of stages of evolution of controlling in a context of development of an economic science and requirements of industrial production. Features of formation and transformation of the tool and methodical device of controlling in a retrospective are considered. Influence of development of economic thought, science and practice on formation of the conceptual and methodological device of controlling is shown. The leading schools of sciences, made essential impact on formation and development of the theory of controlling are allocated. The reasons of integration of separate processes, methods and currents in the controlling, caused registration of independent area of research – the integrated controlling are established. The conclusion that the present stage of development of controlling can be characterized as the integration stage, being characterized accent shift from control and analytical functions of controlling on system coordinating interactions is drawn. The assumption that integration of traditional administrative processes (planning, the account, control, the analysis, regulation) leads to creation of the new complex system having the purposes, functions and tasks, and also their coordination possessing the mechanism is proved.

Keywords: the controlling concept, the controlling, the integrated controlling, management, integration, controlling system

На современном этапе развития экономики функционирование промышленных организаций осуществляется в условиях динамичности и неопределенности экономической конъюнктуры на макро- и микроуровне, характеризующейся такими процессами, как глобализация мировой экономики, нанотехнологический бум, активизация инвестиционных процессов, ужесточение конкуренции, структурные диспропорции народного хозяйства, формирование инновационно-ориентированных предпринимательских структур, переход на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии, появление новых товаров и услуг, рост объемов информации. Вместе с тем осуществляется переход к экономике нового типа, основанной на знаниях, воплощенных как в продуктах и услугах, так и фундаментальных, служащих базисом теорий и концепций экономического развития.

Указанные тенденции обуславливают интерес отечественных промышленных организаций к использованию новейших эффективных систем, методик и инструментов управления, способствующих своевременному и адекватному реагированию на изменение условий хозяйствования, а также решению приоритетных проблем экономического развития, предопределяющих стабильный успех в будущем. Это становится возможным благодаря контроллингу, который, с одной стороны, позиционирует себя как принципиально новую концепцию управления, а с другой в той или иной степени интегрирует в себя традиционные принципы организации и управления промышленными организациями и функцио-

нально-ориентированные управленческие процессы.

Принимая во внимание научную состоятельность, самодостаточность и признание контроллинга мировым научным сообществом, в настоящее время недостаточно изученными остаются концептуальные основы системной интеграции структурных элементов контроллинга в контексте стандартизации понятийно-категориального аппарата теории контроллинга и унификации контроллинговых операций и процессов. Учитывая вышеизложенное, актуальность разработки научной теории контроллинга, построенной на принципах системной интеграции, очевидна.

В современной западной и отечественной экономической литературе, посвященной проблемам идентификации контроллинга, основное внимание исследователей сосредоточено на выявлении и классификации подходов к толкованию термина «контроллинг». При этом проведение контент-анализа терминов происходит и с применением специализированного программного обеспечения: Content Analyzer v. 0.52 [5]. Другими словами, в научном контроллинговом сообществе исследования по выбранной нами тематике сконцентрированы преимущественно на сущностно-содержательной характеристике данного явления. Систематизируя результаты отечественных и зарубежных разработок теории контроллинга, в настоящее время можно выделить ряд самостоятельно оформившихся подходов к идентификации контроллинга как научного явления, а именно [2; 4; 5; 7]:

• сущностно-функциональный подход, ориентированный на реализуемые контроллингом функции в системе управления промышленной организацией (Д. Хан, Т. Райхман, П. Прайслер, П. Хорват, Д. Шайдер, Й. Фольмут, Н.Г. Данилочкина, Л. Малышева и др.);

• сущностно-системный подход, согласно которому контроллинг представляет собой относительно самостоятельное системное образование, ориентированное на управление результатами функционирования компании (Р. Манн, Э. Майер, А. Дайле, В.Б. Ивашкевич, В. Кнауп, М.Л. Слуцкин, П. Лабзунов, Р. Попов и др.);

• сущностно-концептуальный подход, отождествляющий контроллинг с новой парадигмой управления промышленными экономическими системами (Ю. Вебер, А.М. Карминский, А.Г. Примак, О.А. Дедов, А.А. Кудинов, Э.У. Телерман и др.);

• сущностно-интеграционный подход, трактующий контроллинг как результат интеграции традиционных управленческих элементов и процессов, обеспечивающий синергетический эффект в управленческой деятельности (К.А. Рассел, Л.В. Левин, С.Г. Фалько, Н.И. Зверева, Е.Н. Скляр, И.Б. Гусева, Т.Д. Хрычикова, И.О. Зверкович и др.).

В тоже время хочется отметить тот факт, что, несмотря на значительное количество публикаций, посвященных контроллингу, ряд современных исследователей отмечает неприменимость его принципов, методов и процедур на российских предприятиях [6].

Подвергая детальному анализу семантические преобразования контроллинга в ретроспективном аспекте, в современном зарубежном и отечественном информационном пространстве недостаточно изученными остаются причины подобного рода изменений, а также причинно-следственные связи, вызвавшие к жизни и давшие толчок к последующему развитию исследуемого явления. Резюмируя вышеизложенное, рассмотрим предпосылки появления и развития контроллинга в контексте эволюции экономической и управленческой мысли, предполагающей периодизацию генезиса контроллинга в рамках онтогенеза организационного предпринимательства, управления и социально-экономического развития общества в целом. Обобщая, систематизируя и уточняя отдельные исторические аспекты теории контроллинга, генезис контроллинга можно структурировать на следующие фазы (таблица).

Эволюция концепции контроллинга

Контроллинговая фаза	Период	Характеристика
Возникновение	до начала 1870-х гг. XIX в.	Выделение элементов контроллинга в рамках процесса управления
Функциональная эпизодизация	1870-е гг. XIX в. – начало 30-х гг. XX в.	Фрагментарное включение контроллинга в систему управления организацией
Становление	30-е гг. – середина 50-х гг. XX в.	Становление концептуальных основ контроллинга
Оформление	50-е гг. – конец 80-х гг. XX в.	Концептуальное, институциональное и организационное оформление контроллинга
Развитие	90-е гг. XX в. – середина 2000-х гг. XXI в.	Развитие национальных моделей и концепций контроллинга
Интеграция	середина 2000-х гг. XXI в. – по н. в.	Системная интеграция концепций контроллинга

Как отмечено в ряде источников, появление и развитие системы контроллинга тесно связано с изменениями в общественном производстве и структуре рыночной экономики [1; 2; 3]. Вследствие этого представляется целесообразным в качестве критериев периодизации выбрать ключевые точки эволюционного изменения рыночной экономики, обусловленные сменой экономических концепций и парадигм, формированием принципиально нового типа взаимоотношения производителей (продавцов) и потребителей (покупателей), потребностями управления производством, усложнением бизнес-процессов, модификацией информационного пространства среды хозяйствования промышленных организаций.

Обратимся к содержательной характеристике каждого этапа. Итак, ретроспективный анализ экономической мысли первой фазы прогрессивного роста контроллинга позволяет сделать вывод о господстве в экономике данного периода макроэкономической направленности, что характеризует использование отдельных элементов контроллинга в сфере преимущественно государственного управления и контроля. Об этом свидетельствует существование в Англии должности «Countrollour», определяющей круг функциональных обязанностей документированием и контролем денежных и товарных потоков; управление государственным хозяйством и контролем в США посредством специального ведомства – «Comptroller, Auditor, Treasurer and six Commissioner of Accounts»; управление государственными уральскими металлургическими заводами в России на принципах эффективного сочетания планирования и учета [2].

Переход к следующей стадии обусловлен смещением акцента с задач изучения роста общественного богатства в сторону исследования экономических проблем на микроуровне с помощью качественно нового инструментария, основанного на применении математического аппарата [2]. К тому же господство принципа экономического либерализма сделало возможным формирование крупных отраслевых промышленных комплексов, что привело к необходимости системного управления организациями и появления теоретико-методологических основ менеджмента. На данной стадии происходит трансформация «государственного» контроллинга в корпоративный промышленный контроллинг, нацеленный на эффективное управление в области финансовых вложений, основного капитала, проведения ревизий. Так, в 1880 г. была создана система контроллинга в железнодорожной компании «Atchison, Topeka & Santa Fe Railway Sistem», введена должность контроллера в компании «General Electric Company» [2; 6]. Учитывая сказанное, данный период может быть охарактеризован как стадия «фрагментации», где включение структурных элементов контроллинга в управленческие процессы носило эпизодический характер и ограничивалось функциональными, преимущественно производственными и финансовыми сферами хозяйствования. Вместе с тем на рассматриваемом временном интервале были заложены основные концептуальные предпосылки развития контроллинга, а именно: формирование теории и методологии управления промышленными экономическими системами; совершенствование аналитического инструментария обработки растущего объема информации; осознание влияния внешних факторов; усложнение рыночного механизма функционирования организации и хозяйственных связей [2].

Следующей вехой в эволюции контроллинга стало его концептуальное оформление и расширение прикладного инструментария, вызванные осознанием зависимости эффективного управления промышленной экономической системой от качества внутрифирменного производственного планирования и учета. Усиление государственного влияния в экономиках западных стран, ориентация преимущественно на производственные приоритеты способствуют усилению учетных функций в управлении и, как следствие, появлению новых калькуляционных систем [2; 3]. Как отмечает Д.В. Круглов, контроллинг поглощается управленческим учетом [3]. Для исследуемого периода характерно появление первых профессиональных организаций в области контроллинга (институты «Controllers Institute of Amerika», «Controllership Foundation»), издание первых публикаций, посвященных контроллингу (журнал «The Controller», именуемый сегодня «Financial Executive») [2]. Таким образом, в качестве научных предпосылок становления и развития контроллинга можно выделить: неопределенность экономической среды, требующее методов и инструментов предвидения; развитие теории и практики менеджмента, оформление научных школ управления; качественное изменение информационных потребностей менеджеров; организационное оформление учетно-контрольных функций в самостоятельную область исследования; использование принципа рациональности в управлении компанией.

Временной интервал 1950–1980-х гг. представляется как этап концептуального,

институционального и организационного оформления контроллинга, обусловленный, прежде всего, потребностью теоретического осмысления накопленных практических знаний. В этот период происходит окончательное формирование национальных моделей контроллинга (немецкой и американской), появление специалистов-контроллеров и, как следствие, научно-образовательных организаций, специализирующихся в сфере контроллинга («Controller-Institut zur Ausbildung in Unternehmensplanung und Rechnungwesen GmbH, Cauting»; «Controller-Academie»; «Controller-Verein e. V.»; организация «Экономическое сотрудничество в области науки и практики применения контроллинга и принятия управленческих решений»), а также специализированных периодических и научных изданий (журнал «Controller», книга А. Дайле «Управление прибылью», немецкий сборник статей, посвященный контроллингу и контроллерам) [2]. Развитие экономической мысли в контексте появления новых течений, в частности, экономической теории информации, эволюционной теории, поведенческой экономической теории, способствовало смещению акцента в системе контроллинга на информационно-аналитическое автоматизированное сопровождение управленческого процесса во внешней и внутренней среде с выделением контроллинга в самостоятельное структурное подразделение промышленной организации. Расширение предметной области контроллинга связано с совершенствованием инструментальной базы исследуемого явления в части применения экономико-математических методов, моделей теории оптимального планирования, теории массового обслуживания, теории управления запасами, методов математической статистики, линейного программирования и прогнозирования, методов исследования операций [2]. Следовательно, предпосылками концептуального, институционального и организационного оформления контроллинга стали: автоматизация управленческих бизнес-процессов; усложнение информационных потоков в системе управления; признание влияния фактора неопределенности экономической среды на результаты функционирования компании; смещение контрольных функций в сторону предварительного упреждающего воздействия; «академизация» контроллинга; появление образовательных комплексов, удовлетворяющих спрос на управленца-контроллера.

Преобразования в экономике начала 90-х гг. XX в., новые требования к информационному обеспечению управления привели к усилению роли различных информационных концепций в сфере управления предприятием [5]. На данном временном интервале миссия контроллинга смещается в направлении главных источников эффективности организации: технологические, организационные и продуктовые инновации; управление затратами; контроль и оценка эффективности; бюджетирование [5]. Интеграция России в мировое экономическое пространство, переход на новые стандарты качества способствовали появлению контроллинга в отечественной практике управления, созданию российской школы контроллинга, усилению научно-образовательных связей в этой области. Прерогативой рассматриваемого периода становится сохранение общей методологии контроллинга с акцентом на координацию управленческих процессв в контексте синтеза ряда взаимосвязанных постулатов и контроллинговых новаций, обеспечивающих преемственность и усиление контроллингового направления в теории управления экономическими системами.

На современном этапе развития экономической мысли, теории и практики управления промышленными экономическими системами происходит интеграция системных свойств, структурных элементов и процессов контроллинга, вызванная интеграционными преобразованиями в мировой экономике, усложнением управленческих процессов, ростом неопределенности и нестабильности экономической среды. По мнению ученых, необходимость в интеграции продиктована также тем, что в настоящее время происходит существенное усложнение используемых бизнес-технологий [1]. В оформлении концепции интегрированного контроллинга значительную роль сыграли такие научные предпосылки, как глобализация мировой экономики; развитие проектного менеджмента и появление матричных организационных структур; интеграция традиционных методов учета, анализа, нормирования, планирования и контроля в единую комплексную систему поддержки принятия управленческих решений; развитие рынка электронных коммуникаций и информационных технологий; интеграция научных знаний и междисциплинарных связей; стремление к стандартизации и унификации терминологии контроллинга.

Резюмируя вышесказанное, можно говорить о том, что на современном этапе контроллинг, построенный на принципах системной интеграции, выступает качественно новой научной парадигмой разви-

тия современных промышленных организаций в условиях инновационной экономики. В свою очередь концептуально-теоретическая модель интегрированного контроллинга ориентирована на решение задач эффективного развития промышленных хозяйственных комплексов в условиях неопределенности и нестабильности экономической среды.

Список литературы

1. Алексеев М.И. Исторические аспекты развития концепции контроллинга // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2006. – № 4. – С. 63–66.

2. Калинина Н.М. Интегрированный контроллинг: теория и практика: монография. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. – 216 с.

3. Круглов Д.В. Эволюция контроллинга в контексте развития управленческих знаний // Проблемы современной экономики. – 2010. – № 2. – С. 170–172.

4. Кувалдина Т.Б., Югансон И.А. Контроллинг: теоретические исследования экономической сущности // Учет и статистика. – 2007. – № 8. – С. 194–198.

5. Обухов О.В., Емельянов А.А. Современное представление о концепции контроллинга // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2011. – № 2. – С. 63–73.

6. Потылицына Е.А. Генезис понятия «контроллинг» // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 2. – С. 109–112.

7. Ципоренко А. А. Теоретические аспекты контроллинга // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 1. – С. 86–88.

References

1. Alekseeva M.I. Istoricheskie aspekty razvitija koncepcii kontrollinga.Vestnik Ast-rahanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta, 2006, no. 4, pp. 63–66.

2. Kalinina N.M. Integrirovannyj kontrolling: teorija i praktika (monografija). Omsk, Izd-vo OmGTU, 2007. 216 p.

3. Kruglov D.V. Jevoljucija kontrollinga v kontekste razvitija upravlencheskih znanij. Problemy sovremennoj jekonomiki, 2010, no. 2, pp. 170–172.

4. Kuvaldina T.B., Juganson I. A. Kontrolling: teoreticheskie issledovanija jekonomicheskoj suwnosti. Uchet i statistika, 2007, no. 8, pp. 194–198.

5. Obuhov O.V., Emel'janov A. A. Sovremennoe predstavlenie o koncepcii kontrollinga. Vestnik UrFU. Serija: Jekonomika i upravlenie, 2011, no. 2, pp. 63–73.

6. Potylicyna E.A. Genezis ponjatija «kontrolling». Problemy sovremennoj jekonomiki, 2011, no. 2, pp. 109–112.

7. Ciporenko A. A. Teoreticheskie aspekty kontrollinga. Problemy sovremennoj jekonomiki, 2011, no. 1, pp. 86–88.

Рецензенты:

Миллер А.Е., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Экономика, налоги и налогообложение» ФГБОУ ВПО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», г. Омск;

Реброва Н.П., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой «Экономика и финансы» Омского филиала ФГОБУ ВПО «Государственный университет Министерства финансов РФ», г. Омск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 331.2: 336.14

О ПРИНЦИПАХ ПОСТРОЕНИЯ МЕЖБЮДЖЕТНЫХ ОТНОШЕНИЙ В РЕГИОНЕ

Молчанова М.Ю.

ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, e-mail: molchanova@econ.psu.ru

Современное теоретическое и практическое понимание сущности межбюджетных отношений в нормативных документах, а также в большей части научной литературы только как бюджетно-правовых отношений, производных от сложившихся на текущий момент размеров бюджетных ресурсов, приводит к их практической неэффективности в масштабах всей страны. Используемые многими авторами положения теории бюджетного федерализма для выработки направлений совершенствования межбюджетных отношений позволяют формулировать предложения по улучшению распределения расходных и/или доходных полномочий между различными уровнями власти, не опираясь на изменение самой сути межбюджетных отношений. В тоже время тенденции их развития в Российской Федерации, к сожалению, свидетельствуют об усилении централизации и снижении стимулов к инициативному развитию со стороны, как регионов так и низовых территорий – муниципалитетов. В этой связи теоретическое осмысление методологических принципов построения межбюджетных отношений имеет большое практическое значение и позволяет совершенствовать как политику в данной сфере, так и практические инструменты ее реализации. Сегодня в действующих официальных документах, в том числе в Бюджетном кодексе Российской Федерации, отсутствует упоминание о принципах формирования межбюджетных отношений. Автор на базе исследования действующих на практике предпосылок совершенствования методологии построения межбюджетных отношений в современных экономических системах формулирует методологические принципы формирования межбюджетных отношений для территорий Российской Федерации. Это, по мнению автора, во-первых, выравнивание подушевой бюджетной обеспеченности муниципальных образований в регионе на основе налогового потенциала территории; во-вторых, использование механизма выравнивания как отражение критерия справедливого распределения доходов между муниципалитетами и их равенства в отношениях с субъектом РФ; и, наконец, организации и эффективность межбюджетных отношений на основе учета расходных обязательств муниципалитетов, а не расходных полномочий органов местного самоуправления.

Ключевые слова: методологические принципы, межбюджетные отношения, муниципальные образования

ABOUT PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INTERBUDGETARY RELATIONS IN REGION

Molchanova M.J.

The Perm State National Research University, Perm, e-mail: molchanova@econ.psu.ru

The modern theoretical and practical understanding of essence of interbudgetary relations in standard documents, and also in big parts of the scientific literature only as budgetary-legal relations, derivative of the sizes which have developed by the current moment of budgetary resources, leads to their practical inefficiency in scales of all country. Positions of the theory of budgetary federalism used by much authors for development of directions of perfection of interbudgetary relations allow to formulate offers on improvement of distribution of account and-or profitable powers between various levels of the power, without leaning against change of the essence of interbudgetary relations. During too time of a tendency of their development in the Russian Federation, unfortunately, testify to strengthening of centralization and decrease in stimulus to initiative development from outside, both regions, and local territories – municipalities. Thereupon theoretical the judgement of methodological principles of construction of interbudgetary relations has the big practical value and allows to improve both to the politician in the given sphere, and practical tools of its realization. Today in operating official documents, including in the Budgetary code of the Russian Federation, there is no mention of principles of formation of interbudgetary relations. The author, on the basis of research of preconditions of perfection of methodology of construction of interbudgetary relations operating in practice in modern economic systems, formulates methodological principles of formation of interbudgetary relations for territories of the Russian Federation. It, according to the author, first, alignment of budgetary security of municipal unions per capita in region on the basis of tax potential of territory; secondly, use of the mechanism of alignment as reflection of criterion of fair distribution of incomes between municipalities and their equalities in relations with the subject of the Russian Federation.; and at last, the organizations and efficiency of interbudgetary relations on the basis of the account of account obligations of municipalities, instead of account powers of local governments.

Keywords: methodological principles, interbudgetary relations, municipal unions

Содержание методологических принципов построения межбюджетных отношений в регионе имеет особое значение, поскольку именно они задают возможности, либо определяют отсутствие таковых для развития муниципальных образований.

В действующих официальных документах, в том числе в Бюджетном кодексе РФ, отсутствует упоминание о принципах формирования межбюджетных отношений. В Концепции межбюджетных отношений и организации бюджетного процесса в субъектах Российской Федерации и муниципальных образованиях до 2013 года названа только необходимость сочетания принципов самостоятельности

бюджетов всех уровней и единства их общих интересов[1].

Однако, не определив принципов формирования межбюджетных отношений, органы государственной власти неуклонно их совершенствуют. Так, Министерством финансов РФ разработан проект бюджетной стратегии Российской Федерации на период до 2023 года[2].

В соответствии с ней приоритет в межбюджетных отношениях будет отдан выравниванию бюджетной обеспеченности территорий, в результате чего межбюджетные трансферты будут, в основном, поступать в регионы-реципиенты. Кроме того, предусматривается снижение отраслевых субсидий. Межбюджетные трансферты из федерального бюджета региональным бюджетам будут сокращены до 1% ВВП в год. Доля межбюджетных трансфертов как в консолидированном, так и в федеральном бюджете будет неуклонно снижаться (таблица).

Доля межбюджетных трансфертов в соответствии с бюджетной стратегией РФ до 2023 года

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Консолидиро-ванный бюджет	4,0	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,1	3,4	3,5	3,5	3,6
Федеральный бюджет	5,7	5,3	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,1	4,4	4,5	4,5	4,6

Однако, как справедливо указывается в постановлении Совета Федерации[3], в проекте бюджетной стратегии предусмотрено сохранение существующей системы межбюджетных отношений, которая не учитывает в полном объёме интересов регионов и местного самоуправления, не обеспечивает соответствия между расходными обязательствами и доходными источниками большинства регионов и муниципальных образований. Помимо прочего сокращение межбюджетных трансфертов не является экономически обоснованным.

Таким образом, актуальность построения межбюджетных отношений, опирающихся на разработанные методологические принципы построения, растет.

Определению базовых принципов, на наш взгляд, должно предшествовать выделение наиболее важных предпосылок их совершенствования. К их числу, по мнению автора, следует отнести следующее.

Первое. Наблюдается тенденция усиления роли территорий в лице муниципалитетов как источников конкурентоспособности экономики страны. С усилением интеграции стран, их глобализацией, более значимой становится не межстрановая, а межрегиональная, точнее, межтерриториальная конкуренция.

Подтверждением данного тезиса являются положения *современной парадигмы регионального (территориального) развития*, которая включает концепции: «регион – квазикорпорация», «регион – квазирынок», «регион – квазигосударство», «регион – квазисоциум»[4].

Одновременно с этим формируется постиндустриальная парадигма регионального развития, основная идея которой заключается в усилении роли регионов (территорий) в качестве самостоятельных субъектов национальной и мировой экономик. Регионы связаны не с абстрактной мировой экономикой, а с конкретными регионами либо прямыми связями, либо опосредованными.

С этих позиций каждый регион (территория) должен формировать и усиливать свои конкурентные преимущества, в том числе с использованием межбюджетных отношений. Межбюджетные отношения могут стимулировать деятельность муниципальных органов власти на создание благоприятного предпринимательского климата так, чтобы служить аттрактором человеческих ресурсов и сетевых форм организации бизнеса (включая кластеры), поскольку только они в современных условиях способны обеспечить территории долгосрочную конкурентоспособность и устойчивое развитие. Конкуренция между территориями напрямую связана с формированием конкурентоспособности страны.

Второе. Муниципальные образования являются не только источником конкурен-

[1] Концепции межбюджетных отношений и организации бюджетного процесса в субъектах Российской Федерации и муниципальных образованиях до 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа http// www.minfin.ru (дата обращения 18.08.2012).

[2] Проект бюджетной стратегии РФ на период до 2023 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа URLhttp: //www.minfin.ru/ru/ (дата обращения: 15.05.2012).

[3] О бюджетной стратегии на период до 2023 года: Постановление Совета Федерации Федерального Собрания РФ от 26 ноября 2008 г. № 443-СФ // Собрание законодательства РФ. 2008. № 48 ст. 5557.

[4] Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. – М.: Экономика, 2000. – С. 83-84.

тоспособности страны, но и источником ее устойчивого роста и развития.

По мнению ряда ученых, необходимым условием перехода к устойчивому развитию является организация взаимодействия ресурсных подсистем. Естественной ареной такого взаимодействия служит территория. В экономической системе роль ведущего звена (субъектов устойчивого развития) должны играть воспроизводственные структуры – регионы и муниципалитеты.

В качестве примера можно привести регионы Урала, которые относятся к наиболее промышленно развитым территориям Российской Федерации, где функционируют предприятия почти восьмидесяти отраслей экономики. Многие десятилетия Урал развивался как индустриальный регион с мощным комплексом оборонных предприятий, строившихся, как правило, без достаточно надежных очистных сооружений, по экологически несовершенным технологиям, без учета требований экологической безопасности населения. Значительные по объему и разнообразные по составу выбросы и сбросы загрязняющих веществ, ежегодно образующиеся и накопленные большие объемы отходов производства и потребления, в уральских регионах оказывают отрицательное влияние на окружающую природную среду, состояние здоровья и условия жизни населения.

Такая ситуация – результат не только кризисных явлений в экономике, но и следствие накопленных за многие десятилетия структурных деформаций, приведших к доминированию ресурсо- и энергоемких технологий, сырьевой ориентации экспорта, падению технологической дисциплины, а также к чрезмерной концентрации производства в отдельных промышленных узлах. Отсюда формирование стратегии устойчивого развития именно на территориальном уровне является важнейшим элементом ее достижения в национальном и планетарном масштабах.

Особое значение муниципальных образований и, в частности, городов как центров реализации принципов устойчивого развития было подчеркнуто на Европейской конференции по устойчивому развитию больших и малых городов в Аалборге в 1994 году. В «Хартии городов Европы за устойчивое развитие (Аалборгской хартии)» отмечается: «поскольку ни один город не похож на другой, все мы должны найти свои собственные пути к устойчивому развитию. Во всех направлениях местной политики следует основываться на общих принципах устойчивости и, учитывая сильные стороны каждого конкретного города, разрабатывать местные стратегии устойчивого развития»[5].

Мы полагаем, что *объектами устойчивого развития* (т.е. пространством взаимодействия ресурсных систем) в современных российских условиях являются не только субъекты РФ, но и *минимальные по площади территории, обладающие признаком политической управляемости, находящиеся в рамках границ административно-территориального деления страны,* т.е. *муниципальные образования*.

С одной стороны, они являются вместилищем различного рода ресурсных подсистем (природных, производственных, человеческих и др.). С другой, они имеют органы управления (*субъекты устойчивого развития*), в обязанности которых входит обеспечение комплексного социально-экономического развития территории, занятости населения, охраны окружающей природной среды, формирования местного бюджета и др. Данные функции во многом связаны с воспроизводством различных ресурсных подсистем на территории. Поскольку субъект РФ – территориальная совокупность муниципальных образований, значит, воспроизводственный процесс в регионе (субъекте РФ) – результат воспроизводственного процесса в его муниципалитетах.

На наш взгляд, именно данная предпосылка связана с предназначением и миссией любого муниципального образования – обеспечение достойной и комфортной жизни его населения.

Третье. Реформы местного самоуправления в развитых странах привели к существенным институциональным изменениям функций территорий. Так, например, реформы 70–80-х гг. прошлого столетия были направлены на расширение экономической самостоятельности местных сообществ. В странах, где реформы были проведены наиболее последовательно, где регионы и местные сообщества стали реальными субъектами выработки самостоятельной политики, можно говорить о становлении на локальном уровне собственных относительно обособленных институциональных систем, что привело к качественной трансформации не только государственной системы территориального управления, но и природы самих территорий[6]. Последние, по сути, стали местом «коллективного

[5] Хартия городов Европы за устойчивое развитие (Аалборгская хартия), принята Европейской конференцией по устойчивому развитию больших и малых городов в Аалборге (Ольборге), Дания, 27 мая 1994 года.

[6] Одинцова А. Опыт участия местных правительств в развитии экономики / Федерализм. 2011. № 4. С. 107–120.

действия», сознательное и умелое использование потенциала которого, так же как и нахождение эффективных компромиссов, является важнейшей предпосылкой их эффективного развития.

Далее можно сформулировать *применяемые в настоящее время на практике методологические принципы формирования межбюджетных отношений в регионах Российской Федерации*. На наш взгляд, к ним относятся следующие принципы.

– Ориентир в межбюджетных отношениях направлен на выравнивание подушевой бюджетной обеспеченности муниципальных образований в регионе на основе налогового потенциала территории. По мнению государственных идеологов данного принципа, он направлен на повышение доходов муниципальных образований с наименее развитой налоговой базой для выполнения ими собственных полномочий. Но расчеты данного показателя связаны с доходами бюджета и практически никак – с расходными полномочиями муниципалитета. Это прослеживается в нормативно-законодательных актах субъектов РФ[7].

На взгляд автора, ориентир в формировании межбюджетных отношений в регионе на бюджетную обеспеченность (т.е. фактическую доходную базу) делает невозможным развитие муниципалитетов, поскольку при «оседании» финансового дефицита на низовом территориальном уровне финансовых резервов для любого муниципального развития не будет достаточно.

– Использование механизма выравнивания как отражение критерия справедливого распределения доходов между муниципалитетами и их равенства в отношениях с субъектом РФ.

При распределении средств регионального фонда финансовой поддержки поселений в регионах определяется объем средств, необходимый для доведения уровня бюджетной обеспеченности муниципального района (городского округа) до уровня, соответствующего *среднему уровню подушевых расчетных расходных обязательств муниципальных районов (городских округов)*. В этом случае состояние одних муниципальных образований улучшается за счет ухудшения состояния других, более благополучных. Кроме того, полагается, что у каждого муниципального образования примерно одинаковые потребности для развития.

Такой подход противоречит принципу Парето-эффективности, согласно которому возможно достижение такого состояния системы, при котором значение каждого частного критерия, описывающего состояние системы, не может быть улучшено без ухудшения положения других элементов. Эффективность по Парето является одним из центральных понятий для современной экономической науки. На основе этого понятия строятся фундаментальные теоремы благосостояния[8].

– Ориентир в организации и эффективности межбюджетных отношений на учет расходных обязательств муниципалитетов, а не расходных полномочий органов местного самоуправления.

Расходные обязательства органов власти определяются и законодательно закрепляются в ходе бюджетного процесса за соответствующим органом власти и соответствуют сумме бюджетных средств, выделенных на их реализацию. Иначе – обусловленные законом, иным нормативным правовым актом, договором или соглашением обязанности публично-правового образования (Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципального образования) или действующего от его имени бюджетного учреждения предоставить физическому или юридическому лицу, иному публично-правовому образованию, субъекту международного права средства из соответствующего бюджета.

Расходные полномочия определены как права и обязанности соответствующих органов власти в пределах своей компетенции[9]:

а) осуществлять нормативно-правовое регулирование бюджетных расходов (в т.ч. определять требования к объему, качеству, доступности общественных услуг, натуральные и финансовые нормативы, уровень и структуру расходов); б) обеспечивать их финансовыми средствами; в) проводить финансирование (производство) общественных услуг.

[7] Например: Закон Санкт-Петербурга «О формах, порядке и условиях предоставления межбюджетных трансфертов бюджетам внутригородских муниципальных образований Санкт-Петербурга из бюджета Санкт-Петербурга от 31 октября 2007 г. (с изменениями на 13 апреля 2012 года); Закон Пермского края «О методиках распределения межбюджетных трансфертов в Пермском крае» от 13.09.2006 г. № 11–КЗ.

[8] Lipsey R. and Lancaster K. The general theory of Second Best // Review of Economic Studies. 1956. № 24. P. 11–32; В (Weingast, 2009) отмечается, что правительственные чиновники могут стремиться не только исключительно к максимизации размера бюджета, как в классической «модели Левиафана» Бреннана и Бьюкенена (Brennan G., Buchanan J. M. (1980). The Power to Tax. Cambridge University Press, New York).

[9] Программа развития бюджетного федерализма в Российской Федерации на период до 2005 г. / Постановление правительства Российской Федерации от 15 августа 2001 г. № 584.

На практике расходные обязательства значительно меньше расходных полномочий, и соответственно ориентир на первые заранее не позволяет муниципальным органам власти эффективно выполнять все свои функции, в том числе прописанные законодательно.

В свою очередь, управление в сфере бюджетных отношений нацелено не столько на достижение с помощью финансов определенных социально-экономических показателей развития муниципалитетов, сколько на учет выделенных бюджетных средств в соответствии с плановыми и фактическими цифрами и их экономией.

Таким образом, применяемые в настоящее время методологические принципы межбюджетных отношений в регионе исходят из существующего уровня централизации финансовых ресурсов на федеральном и региональном уровнях, дефицита финансовых ресурсов на муниципальном уровне. При расчете межбюджетных трансфертов используется уравнительный подход, основанный на выравнивании подушевой бюджетной обеспеченности муниципальных образований, исходя из соответствия расходных обязательств фактическим доходным источникам муниципалитетов. Такой подход не позволяет и не стимулирует самостоятельное развитие муниципальных образований в соответствии с современными векторами мирового социально-экономического развития.

Список литературы

1. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. – М.: Экономика, 2000.

2. О формах, порядке и условиях предоставления межбюджетных трансфертов бюджетам внутригородских муниципальных образований Санкт-Петербурга из бюджета Санкт-Петербурга: закон Санкт-Петербурга от 31 октября 2007 г. (с изменениями на 13 апреля 2012 года).

3. О методиках распределения межбюджетных трансфертов в Пермском крае: закон Пермского края от 13.09.2006 г. № 11-КЗ.

4. Концепции межбюджетных отношений и организации бюджетного процесса в субъектах Российской Федерации и муниципальных образованиях до 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа http//www.minfin.ru (дата обращения 18.08.2012).

5. О бюджетной стратегии на период до 2023 года: Постановление Совета Федерации Федерального Собрания РФ от 26 ноября 2008 г. № 443-СФ // Собрание законодательства РФ. 2008. № 48 ст. 5557.

6. Одинцова А. Опыт участия местных правительств в развитии экономики / Федерализм. – 2011. – № 4. – С. 107–120.

7. Программа развития бюджетного федерализма в Российской Федерации на период до 2005 г. / Постановление правительства Российской Федерации от 15 августа 2001 г. № 584.

8. Проект бюджетной стратегии РФ на период до 2023 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа http: //www.minfin.ru/ru/ (дата обращения: 15.05.2012).

9. Хартия городов Европы за устойчивое развитие (Аалборгская хартия), принята Европейской конференцией по устойчивому развитию больших и малых городов в Аалборге (Ольборге), Дания, 27 мая 1994 года.

10. Brennan G., Buchanan J.M. The Power to Tax. // Cambridge University Press. – New York, 1980.

11. Lipsey R. and Lancaster K. The general theory of Second Best // Review of Economic Studies. – 1956. – № 24. – P. 11–32; B (Weingast, 2009)

References

1. A.G. Granberg of regional economy. M.: Economy, 2000. pp. 83–84.

2. Law of St.-Petersburg «About forms, an order and conditions of granting of interbudgetary transfers to budgets of intracity municipal unions of St.-Petersburg from the budget of St.-Petersburg from October, 31st, 2007 (with changes for April, 13th, 2012).

3. Law of the Perm krai «About techniques of distribution of interbudgetary transfers in the Perm edge» from 9/13/2006 no. 11-KZ.

4. Concepts of interbudgetary relations and the organization of budgetary process in subjects of the Russian Federation and municipal unions to 2013 [the Electronic resource]. an access Mode http//www.minfin.ru (date of the reference of 8/18/2012).

5. About budgetary strategy for the period till 2023: the Decision of the Federation Council of Federal Meeting of the Russian Federation from November, 26th, 2008 № 443-Council of Federation//Meeting of the legislation of the Russian Federation. 2008. no. 48 pp. 5557.

6. Odintsov A. Opyt of participation of the local governments in economy development / Federalism. 2011. no. 4. pp. 107–120.

7. Program of development of budgetary federalism in the Russian Federation for the period till 2005 / the Governmental order of the Russian Federation from August, 15th, 2001. no. 584.

8. Project of budgetary strategy of the Russian Federation for the period till 2023 [the Electronic resource]. – an access Mode http://www.minfin.ru/ru/(reference date: 5/15/2012).

9. Charter of cities of Europe for a sustainable development (the Aalborgsky charter), Is accepted by the European conference on a sustainable development of the big and small cities in Aalborge (Aalborg), Denmark, on May, 27th, 1994.

10. Brennan G., Buchanan J. M. The Power to Tax. // Cambridge University Press, New York, 1980.

11. Lipsey R. and Lancaster K. The general theory of Second Best // Review of Economic Studies. 1956. no. 24. pp. 11–32; B (Weingast, 2009)

Рецензенты:

Лаврикова Ю.Г., д.э.н., заместитель директора по научным вопросам, ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург.

Козлова О.А., д.э.н., доцент, заведующая сектором социального развития регионов, ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 338.1

ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОРПОРАТИВНОГО ПОРТФЕЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ

Пленкина В.В., Ленкова О.В., Осиновская И.В.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Институт менеджмента и бизнеса, Тюмень, e-mail: osinovskaya@pochta.ru

В статье рассматриваются вопросы портфельного анализа как инструмента стратегического управления. Обозначены основные предпосылки и направления портфельного анализа нефтяной компании. Раскрыта возможность использования методических подходов к проведению внутреннего бенчмаркинга для целей оптимизации корпоративного портфеля бизнес-единиц. При проведении бенчмаркинга показана целесообразность использования методов многокритериальной оптимизации, позволяющих учесть целый ряд критериев при выделении стратегических бизнес-единиц. В качестве критериев можно рассматривать чистую прибыль, величину активов, характер активов, а также темпы изменения отдельных показателей. Представленный авторский подход является достаточно универсальным, так как позволяет учесть при принятии управленческого решения целый комплекс критериев.

Ключевые слова: портфельный анализ, бизнес-единицы, корпоративное управление, многокритериальный подход

OIL & GAS COMPANIES CORPORATE PORTFOLIO OPTIMIZATION TECHNOLOGY

Plenkina V.V., Lenkova O.V., Osinovskaya I.V.

FGBOU CDF «Tyumen State Oil and Gas University», Institute of Management and Business, Tyumen, e-mail: osinovskaya@pochta.ru

The questions of portfolio analysis as a tool for strategic management. Outlines the key assumptions and the direction of portfolio analysis of the oil company. Discloses the use of methodological approaches to internal benchmarking for optimization of the corporate portfolio business – units. During the benchmarking shows the feasibility of using multi-criteria optimization techniques to take account a number of criteria for identifying strategic business – units. The criteria can be considered net income, assets, nature of assets, and the rate of change of the individual indicators. Presented by the author's approach is quite versatile, as it allows to take into account when making management decisions a range of criteria.

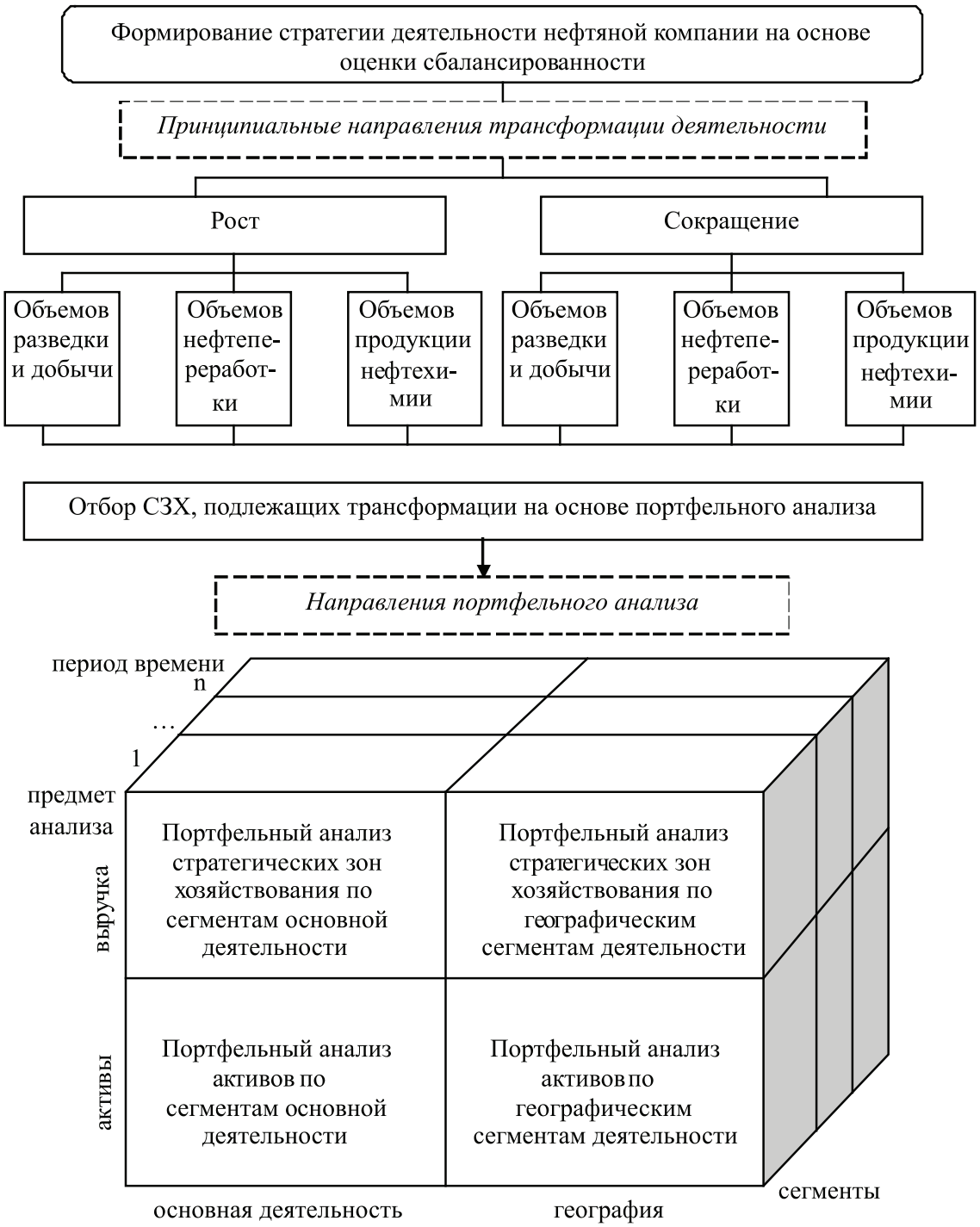
Keywords: portfolio analysis, business – units, corporate governance, multi-criteria approach

Для выбора вектора стратегической реструктуризации сложнопостроенных нефтегазовых компаний наиболее целесообразным, с позиции авторской логики, представляется использование методов портфельного анализа, в том числе и для проведения внутреннего бенчмаркинга, адаптированных определенным образом к особенностям объекта и предмета исследования. Портфельный анализ является одним из важнейших инструментов стратегического управления и позволяет сбалансировать риск, потоки денежной наличности в рамках предприятия, служит для принятия решений относительно распределения различных ресурсов (преимущественно инвестиционных). Основные предпосылки и направления портфельного анализа нефтяной компании представлены на рисунке.

Как видно из рисунка, портфельный анализ должен базироваться на предварительно разработанной корпоративной стратегии развития нефтяной компании в целом. Это обусловлено тем, что портфельная стратегия является дополняющей и формируется в соответствии с генеральным направлением развития предприятия в том случае, если предприятие является многопрофильным, производящим несколько видов продукции (работ, услуг) и/или функционирующим на нескольких рынках, то есть содержит определенный набор стратегических единиц бизнеса (СЕБ). Не требует доказательств тот факт, что любая ВИНК является сложнопостроенной структурой и включает в себя несколько СЕБ, которые могут охватывать как отдельные звенья технологической цепочки (разведка и добыча углеводородного сырья → нефтепереработка и нефтехимия → реализация сырой нефти, нефтепродуктов и нефтехимической продукции), так и географически обособленные рыночные сегменты (например, Западная Сибирь, европейская часть России, за рубежом). В связи с этим возможно и необходимо осуществлять оптимизацию корпоративного портфеля.

Для целей оптимизации корпоративного портфеля бизнес-единиц могут быть также задействованы методические подходы к проведению внутреннего бенчмаркинга (внутреннего сопоставительного анализа). При этом к внутреннему бенчмаркингу прибегают не часто, в то время как именно он может послужить основой для опреде-

ления приоритетности той или иной СЕБ в бизнес-портфеле организации, а соответственно, для принятия решений о характере структурных преобразований каждой СЕБ. Проведение бенчмаркинга может быть рекомендовано в качестве дополнительной аналитической процедуры после оценки сбалансированности деятельности компании и выбора приоритетного вектора ее дальнейшего развития.



Предпосылки и основные направления портфельного анализа

Осуществление внутреннего бенчмаркинга СЕБ предприятия может осуществляться путем их сопоставления по ряду критериев и последующего ранжирования на основе расчета комплексного критерия. То есть при проведении бенчмаркинга решается сложная многокритериальная задача. Алгоритм, особенности решения и ин-

терпретацию результатов данной задачи можно представить на примере крупной отечественной вертикально-интегрированной нефтяной компании.

Декомпозиция нефтяной компании на СЕБ, как уже отмечалось, может осуществляться с различной степенью детализации. Для анализируемого объекта исследования наиболее актуален подход к структуризации, при котором выделение СЕБ происходит по географическому признаку (Западная Сибирь, европейская часть России, за рубежом) и виду деятельности (разведка и добыча углеводородного сырья, нефтепереработка, нефтехимия, реализация нефти, нефтепродуктов и нефтехимической продукции).

При формировании набора критериев для включения в модель следует заметить, что одним из основных требований, предъявляемых к подобным индикаторам, относится полнота, то есть набор критериев должен характеризовать все основные аспекты оценки деятельности объекта анализа либо степени достижения цели исследования. Выделенные для сопоставления СЕБ разнятся по виду деятельности и рыночным условиям функционирования. Поэтому для их сравнительной оценки могут быть использованы преимущественно общие результирующие показатели, выраженные в стоимостных или относительных величинах, а также качественные характеристики. Авторами предлагается использовать в анализе такие критерии, как чистая прибыль величина активов и их характер.

Чистая прибыль является одним из важнейших результирующих показателей деятельности любого предприятия и представляет основную составляющую денежного потока, генерируемого каждой СЕБ. Величина активов может выступать в качестве показателя, отражающего весомость конкретной СЕБ в корпоративном портфеле нефтяной компании, а также представлять предварительные оценки денежного потока, который может быть получен в случае реализации (сокращения) данной СЕБ. Включение в модель показателя «характер активов» является в настоящее время особо актуальным, так как многие нефтяные компании с целью оптимизации корпоративного портфеля в настоящее время выводят непрофильные активы за свои рамки.

С позиции авторской логики, также представляется целесообразным учет в модели темпов изменения отдельных показателей. Так, например, СЕБ по величине активов может занимать значительное место в структуре компании, но в ретроспективной динамике за ряд лет может выясниться, что доля данной СЕБ в портфеле бизнесов компании неуклонно снижается. По нашему мнению, подобные факторы требуют учета при принятии решений по вопросам структурной трансформации предприятия. Поэтому наряду с использованием удельных весов отдельных критериев предлагается корректировка таких индикаторов, как чистая прибыль и величина активов, на среднегодовые темпы роста данных показателей. При этом, на наш взгляд, величина активов может быть откорректирована как на темп их роста, так и на темп роста капитальных вложений в СЕБ. Выбор конкретного корректора должен осуществляться в соответствии с целями проводимого исследования.

Помимо всего прочего чистая прибыль и величина активов являются количественными показателями, которые возможно нормировать для использования в модели, в то время как критерий «характер активов» носит качественный характер. Предлагается учитывать данный индикатор следующим образом: если активы конкретной СЕБ соответствуют основному профилю деятельности компании, то критерий приравнивается «единице»; если наблюдается обратная ситуация (непрофильный характер активов) – «нулю».

Согласно теории вес каждого критерия может быть определен на основе специальных исследований, прошлого опыта или определен лицом, принимающим решения (ЛПР), по другим соображениям. В данном случае допускается возможным использование аксиоматического метода, в соответствии с которым весовые коэффициенты функции ценности определяются на основе предпочтений ЛПР. Для целей апробации модели предлагается весовой коэффициент критерия «чистая прибыль» принять равным 0,3; критерия «величина активов» – 0,3; критерия «характер активов» – 0,4.

Исходя из всего вышесказанного, функция ценности (аддитивный критерий) будет иметь следующий вид:

$$V = w_{\text{чп}} T_{\text{чп}} k_{\text{чп}} + w_{\text{а}} T_{\text{а}} k_{\text{а}} + w_{\text{ха}} k_{\text{ха}} \rightarrow \max,$$

где V – аддитивный критерий; $w_{\text{чп}}$, $w_{\text{а}}$, $w_{\text{ха}}$ – удельные веса соответственно критериев «чистая прибыль», «величина активов», «характер активов»; $T_{\text{чп}}$, $T_{\text{а}}$ – среднегодовые темпы роста соответственно чистой прибыли и величины активов; $k_{\text{чп}}$, $k_{\text{а}}$, $k_{\text{ха}}$ – значения критериев «чистая прибыль», «величина активов», «характер активов».

На основе полученных рейтинговых оценок, в свою очередь, могут приниматься конкретные решения по оптимизации корпоративного портфеля. А именно, от каких СЕБ можно отказаться и вывести их

за рамки компании, а в какие осуществлять дополнительные инвестиционные вложения с целью их дальнейшего развития и, как следствие, повышения эффективности функционирования компании в целом. В качестве пограничного показателя, позволяющего принять одно из полярных решений «рост СЕБ» или «сокращение СЕБ», может выступать среднее значение из полученных комплексных критериев. То есть в отношении СЕБ функция ценностей, по которым принимает значения, превышающие среднее, могут быть приняты решения по их дальнейшему развитию (росту) и наоборот. Кроме того, может быть сформирован определенный интервал из значений функции ценностей близких к среднему, позволяющий принимать решение о реализации стратегии стабилизации (сохранения, поддержания) СЕБ, попадающих в данный интервал.

При этом осуществление внутреннего бенчмаркинга нефтяной компании с использованием методов многокритериальной оптимизации позволяет принять решения о характере и направленности дальнейших управленческих воздействий на анализируемый объект, то есть может использоваться для целей проведения эффективной реструктуризации. Однако для повышения степени аналитичности исследования авторам видится необходимым при выборе конкретного варианта преобразований корпоративного портфеля учитывать также и степень неопределенности внешнего окружения. В связи с этим целесообразно выстраивать процедуру принятия управленческих решений подобного характера на основе определенных критериев.

Такими критериями могут быть критерий Вальда, Сэвиджа, Гурвица, Лапласа, а также математическое ожидание прибыли. Все критерии, как правило, одновременно не рассчитываются. При принятии разовых ответственных решений достаточно использовать первые два, оставшиеся – для всех остальных решений. Выбор того или иного критерия будет зависеть, в первую очередь, от предпочтений ЛПР. Технология разработки управленческих решений в данном случае укрупненно будет содержать следующие этапы: постановка цели; формирование альтернативных вариантов оптимизации корпоративного портфеля; обоснование критерия выбора в условиях неопределенности; выбор предпочтительного варианта.

Для расчета всех критериев необходимо составить платежную матрицу с указанием в ней показателя, на основании которого альтернативы будут сравниваться. В данном случае в качестве такого показателя может выступать целевая функция (комплексный показатель), формируемая на этапе многокритериальной оптимизации.

Лицо, принимающее подобные решения на основе критерия Вальда, достаточно пессимистически подходит к развитию ситуации в будущем и выбирает стратегию осторожного игрока. Такой подход характерен для осторожных руководителей или топ-менеджеров. Если в принятии решений акцент необходимо сделать на рисковую составляющую, то целесообразно использовать критерий Сэвиджа, так как его расчет основывается на матрице рисков. В данном случае под риском понимается возможность потери какой-либо величины дохода.

Изложенный выше подход является достаточно универсальным, так как позволяет учесть при принятии решения целый комплекс критериев, а также рассмотреть значение комплексного критерия при различных значениях параметров внешней среды.

Список литературы

1. Дебердиева Е.М., Ленкова О.В. Закономерности структурных преобразований в нефтегазодобыче // Бурение и нефть. – 2011. – № 12. – С. 12–15.

2. Карнаухов М.Н., Ленкова О.В. Методические основы структурной трансформации нефтегазовых компаний. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2010. – 66 с.

3. Ленкова О.В., Дебердиева Е.М. Бенчмаркинг нефтегазовых компаний: теоретико-методические основы. – Germany, Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 80 с.

4. Ленкова О.В., Осиновская И.В. Критериальная основа выбора предпочтительной стратегии развития предприятия // Экономика промышленности. – 2011. – № 2. – С. 10–13.

5. Пленкина В.В. Управленческие решения: учебное пособие / В.В. Пленкина, И.В. Андронова, И.В. Осиновская. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 164 с.

References

1. Deberdieva E.M., Lenkova O.V. Zakonomernosti strukturnyh preobrazovanij v neftegazodobyche // Burenie i neft'. 2011. no. 12. pp. 12–15.

2. Karnauhov M.N., Lenkova O.V. Metodicheskie osnovy strukturnoj transforma-cii neftegazovyh kompanij. – Ekaterinburg: Institut jekonomiki UrO RAN, 2010. 66 p.

3. Lenkova O.V., Deberdieva E.M. Benchmarking neftegazovyh kompanij: teoretiko-metodicheskie osnovy. – Germany, Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 80 p.

4. Lenkova O.V., Osinovskaja I.V. Kriterial'naja osnova vybora predpochtitel'noj strategii razvitija predprijatija // Jekonomika promyshlennosti. 2011. no. 2. pp. 10–13.

5. Plenkina V.V. Upravlencheskie reshenija: uchebnoe posobie / V.V. Plenkina, I.V. Andronova, I.V. Osinovskaja. Tjumen': TjumGNGU, 2009. 164 p.

Рецензенты:

Скворцова Н.К., д.э.н., профессор кафедры экономики Тюменского архитектурно-строительного университета, г. Тюмень;

Волынская Н.А., д.э.н., профессор, директор ООО «Топливно-энергетический независимый институт», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 502/504:639.2/.3

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МИРОВОГО И НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА

Реус Н.И.

ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», Мурманск, e-mail:nreus@rambler.ru

Отмечено, что развитие противоречий во взаимодействии общества и природы достигает опасной для развития человечества черты. Главное противоречие развития экономической системы промышленного рыболовства состоит в том, что управление в этой системе не согласовывается с возможностями природной среды, её законами и воспроизводственной способностью. Поэтому на всех последних международных конференциях по морскому праву и в национальных программах по развитию промышленного рыболовства были разработаны комплексные меры, формирующие его устойчивое развитие. Признание мировым сообществом невозможности раздельно решать проблемы окружающей среды и экономического роста стало основой для выделения факторов устойчивого развития, к которым отнесли экономический, социальный и экологический. В связи с этим рассмотрены основные условия формирования новой социо-эколого-экономической системы, объединяющей факторы устойчивого развития промышленного рыболовства и предпосылки формирования его социо-эколого-экономической системы (СЭЭС ПР). Изложены подходы к формированию СЭЭС ПР: мировой, национальный, локальный; определены стратегические цели СЭЭС ПР её подсистем, определены принципы её формирования и функционирования.

Ключевые слова: социо-эколого-экономическая система промышленного рыболовства (СЭЭС ПР), стратегические цели СЭЭС ПР, подходы к формированию СЭЭС ПР, принципы формирования СЭЭС ПР

METHODOLOGICAL BASIS OF FORMATION OF SOCIAL-ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEMS OF GLOBAL AND NATIONAL FISHERY

Reus N.I.

Murmansk State Technical University, Murmansk, e-mail: nreus@rambler.ru

Nowadays the contradictions between environment and society reached the dangerous stage. The main collision of development of economic system of fishery is that its management is not harmonized with environment's capacities, its laws and reproduction abilities. That is why the results of all last international conferences on sea law and national programs on fishery development became comprehensive measures in the field of its sustainable development. Global society accepted impossibility to solve the problems of economic growth and environment separately. This became a foundation for differentiation of sustainable development factors such as social, economic and ecological. In the article the prerequisites of forming of social-ecological-economic system of fishery are represented. The principles of its formation and functioning are worked out. The aims of the system as well as its subsystems are suggested. Global, national and local approaches to formation of social-ecological-economic system of fishery are represented. The role of international, governmental and business level of social-ecological-economical system of fishery management is shown.

Keywords: social-ecological-economical system of fishery (SEESF), strategy goals of SEESF, approaches to formation of SEESF, principals of formation of SEESF, levels of management of SEESF

Промышленное рыболовство – один из видов экономической деятельности, который в своем развитии затрагивает не только проблемы национальные, но и проблемы общечеловеческие. Это обуславливается тем, что биосфера, в том числе моря и океаны, а в них и водные биоресурсы, не признают государственных границ, и возникающие в процессе функционирования промышленного рыболовства проблемы, такие как сокращение биологического разнообразия, нарушение баланса природоохранных и эксплуатационных целей, загрязнение морей и океанов, продовольственная, невозможно решить на локальном уровне. Эти проблемы требуют усилий всего человечества.

Промышленное рыболовство занимает особое место в истории многих государств мира. В настоящее время протекающие в промышленном рыболовстве процессы тесно связаны с общим уровнем экономического развития страны, ее политическим устройством, национальной спецификой населения. Развитие промышленного рыболовства часто напрямую зависит от геополитических амбиций государства. В этом секторе тесно переплетены исторические традиции народов и новейшие достижения науки и техники. Современный кризис мирового и национального промышленного рыболовства возник на основе противоречия экстенсивного экономического роста, основанного на резком увеличении объемов вылова водных биологических ресурсов (ВБР), и деградации окружающей среды, связанной с нарушением экологического

равновесия. Улов океанической рыбы за период с 1950 годов по настоящее время увеличился более чем в 5 раз, уровень потребления морепродуктов на душу населения вырос более чем в 2 раза. К концу XX века при ежегодном улове в 80–85 млн т, перелов наступил у 2/3 части основных объектов морских биоресурсов. «Глобальная нехватка природных ресурсов, в том числе морских, становится реальной угрозой, вопреки известным мнениям мыслителей прошлых веков о неисчерпаемости морских богатств. Об угрозе дефицита природных ресурсов красноречиво свидетельствуют случаи подрыва экологических комплексов морских организмов» [2].

Факт признания невозможности раздельно решать проблемы окружающей среды и экономического роста стал огромным достижением второй конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.). На конференции была принята конвенция по биологическому разнообразию. Вопросы по устойчивому вкладу рыболовства в продовольственную безопасность обсуждались на Международной конференции в Киото (1995 г.) но, несмотря на ужесточение правил, перелов популяций промысловых видов продолжает нарастать.

На четвертой Конференции ООН, известной как Саммит в Йоханнесбурге, в 2002 г. было признано непрекращающееся ухудшение состояния окружающей среды и принята декларация по устойчивому развитию. К факторам устойчивого развития отнесли экологический, экономический и социальный факторы. Под устойчивым развитием стали понимать такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Однако стоит заметить, что стратегическая цель устойчивого экономического развития мирового рыболовства, которая отражена в решениях конференций ООН по морскому праву, вносит противоречие в существующую сегодня экономическую систему. Она направлена, с одной стороны, на обеспечение продовольственной безопасности и занятости населения, а также на создание стимулов к развитию промысла и росту лова, а с другой – на защиту запасов ВБР от истощения.

Некоторые ученые считают, что на современном этапе достижение устойчивого состояния экономической системы в целом предполагает сохранение биосферы, т.е. новая модель хозяйствования должна быть обязательно социально ориентированной и биосферосовместимой. В связи с этим перед экономической системой ставятся соответствующие цели: первоначально – экологизация экономики, а затем – достижение обществом устойчивого развития [3].

И в первом, и втором случае поставленная цель не свойственна экономической системе, она является возмутителем в рамках экономических интересов, лишает взаимосвязей и взаимодействия её элементов, создает в ней турбулентность и выводит систему из равновесия. Видимо поэтому огромное количество решений конференций ООН по устойчивому развитию промышленного рыболовства не претворено в жизнь.

Возникшие разнонаправленные проблемы в экономической, социальной и экологической системах мирового и национального промышленного рыболовства возможно решить, управляя ими как единой социо-эколого-экономической системой.

К основным условиям формирования новой социо-эколого-экономической системы, объединяющей факторы устойчивого развития промышленного рыболовства, необходимо отнести:

– усиливающееся соперничество за промысел водных биологических ресурсов и право их использования;

– проявление четких тенденций истощения запасов водных биологических ресурсов в прибрежных морях и обострение рыболовных конфликтов между странами за биоресурсы в мировом океане, а также внутри страны между разными видами рыболовства;

– нарушение экологического равновесия за счет переловов, утраты биологического разнообразия, загрязнения водного бассейна и в целом окружающей среды выбросами и отходами, которые сокращают способность экологических систем к самовосстановлению;

– осознание мировым сообществом необходимости формирования условий для устойчивого развития промышленного рыболовства.

Социо-эколого-экономической системой промышленного рыболовства будем называть такую систему, которая формируется на основе трех взаимосвязанных подсистем, при этом результаты функционирования каждой отдельной подсистемы не приводят к ухудшению условий функционирования двух других, а их взаимодействие обеспечивает устойчивое развитие самой системы [4]. Стоит отметить, что функционирование социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства не может быть сведено к функционированию отдельных её элементов.

Цель формирования СЭЭС ПР должна быть направлена на создание условий

устойчивого развития как системы в целом, так и её подсистем. Под устойчивым развитием социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства будем понимать такое её развитие, которое обеспечит удовлетворение потребностей в водных биологических ресурсах нынешнего поколения на основе инновационного экономического роста и социального развития, и, в то же время, не поставит под угрозу необходимость будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности в ВБР на основе их полного восстановления и обеспечения экологического равновесия. Поэтому миссия социо-эколого-экономической системы как мирового, так и национального промышленного рыболовства должна быть отражена в двух лучах его развития: удовлетворение потребностей нынешнего поколения в рыбной продукции и сохранение запасов ВБР для будущих поколений.

Как отмечалось на Саммите ООН в Йоханнесбурге, устойчивое развитие невозможно обеспечить в одной отдельно взятой стране, для этого необходимы координируемые усилия всех стран, системы соглашений, взаимное уважение, тесная кооперация, формирование международной системы финансовой поддержки устойчивого развития, создание своего рода унии – тесного союза многих, а в идеале всех прибрежных государств.

Таким образом возникают объективные предпосылки формирования социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства на разных уровнях иерархии: мировом, национальном, бизнес-структур. В связи с этим управление системами на разных уровнях необходимо осуществлять в рамках системы и подсистемы более высокого уровня и, как следствие, формировать на каждом уровне структуру целей и задач.

Такие особенности функционирования промышленного рыболовства создают необходимость в следующих подходах к формированию социо-эколого-экономической системы: общемирового, общенационального (государственного), локального.

Для решения проблем, связанных с кризисом мирового и национального промышленного рыболовства, и обеспечения устойчивого развития СЭЭС ПР требуется создание условий устойчивого развития каждой из её подсистем в процессе управления ими как единой системой на каждом уровне иерархии.

Важнейшими процессами при создании социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства является декларация стратегической цели и определения принципов её формирования.

Устойчивое развитие социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства неразрывно связано с сознательным выполнением важнейших требований современности – оптимального соответствия характера развития общества и состояния природной среды. Это соответствие предусматривает сохранение биоразнообразия, качества среды обитания гидробионтов и природной среды обитания человека и является исходным положением для определения стратегической цели СЭЭС ПР.

Поэтому стратегическая цель социо-эколого-экономической системы мирового и национального промышленного рыболовства на современном этапе должна быть направлена на удовлетворение потребностей населения рыбной продукцией на основе инновационного экономического роста промышленного рыболовства, социального развития и экологического равновесия. Такая формулировка стратегической цели требует уточнения понятий инновационного экономического роста промышленного рыболовства, социального развития и экологического равновесия.

Инновационным экономическим ростом в СЭЭС ПР будем называть такой рост, который формирует положительную динамику производства продукции на основе «мягкой» добычи ВБР, соответствующей научно-обоснованным общедопустимым уловам (ОДУ) и их глубокой малоотходной переработки путем внедрение новой техники и прогрессивной технологии.

Социальное развитие как совокупность экономических, социальных, политических, духовных процессов, развертывающихся в обществе [6], в рамках СЭЭС ПР рассматривается как обеспечение роста занятости населения с целью уменьшения бедности и повышения общего благосостояния, а также удовлетворение потребностей в рыбе и рыбопродуктах для сохранения здоровья населения на основе сбалансированного питания.

Экологическое равновесие в СЭЭС ПР предполагает рациональное использование водных биоресурсов с целью их воспроизводства и сохранения биологического разнообразия, а также минимизацию выбросов и отходов, загрязняющих природную среду.

Устойчивое развитие социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства должно формироваться путем взаимодействия её подсистем в процессе достижения стратегической цели самой системы. Связующим элементом трех состав-

ляющих являются водные биологические ресурсы, которые в СЭЭС ПР являются объектом управления.

С точки зрения развития подсистем социо-эколого-экономической системы мирового и национального промышленного рыболовства, было бы целесообразно на современном этапе предложенную мировой системой промышленного рыболовства стратегическую цель разбить на подцели СЭЭС и наделить их статусом стратегических целей подсистем (табл. 1, 2, 3). Управление этими целями в единой системе СЭЭС позволит снять противоречия и создать устойчивое развитие в целом всей системы.

Таблица 1

Целевые установки экономической подсистемы

Уровень СЭЭС ПР	Цели
Общемировой уровень	Формирование равных условий для национальных государств, осуществляющих лов ВБР в открытой части океана в рамках освоения установленных мировым сообществом ОДУ
Общенациональный уровень	Обеспечение продовольственной безопасности на основе создания стимулов к развитию промысла в открытой части океана, росту лова новых неосвоенных объектов промысла и создание условий для инновационного экономического роста
Локальный уровень	Максимизация (оптимизация) доходов в рамках инновационного экономического роста

Таблица 2

Целевые установки социальной подсистемы

Уровень СЭЭС ПР	Цели
Общемировой уровень	Обеспечение прав человека на свободу от голода
Общенациональный уровень	Сохранение здоровья населения, высокой занятости и формирование условий для развития социальной сферы
Локальный уровень	Удовлетворение обоснованно-необходимых потребностей в рыбе и рыбопродуктах, обеспечение адекватных условий труда и отдыха, повышение стоимости труда работающих за счет роста их квалификации

Таблица 3

Целевые установки экологической подсистемы

Уровень СЭЭС ПР	Цели
Общемировой уровень	Разработка правил, норм, нормативно-правовых актов, направленных на защиту запасов ВБР от истощения, сохранение биологического разнообразия, минимизацию выбросов и отходов, загрязняющих природную среду в рамках мирового океана, и контроль за их соблюдением
Общенациональный уровень	Изучение и защита запасов ВБР от истощения, сохранение биологического разнообразия, снижение выбросов и отходов, загрязняющих природную среду в зонах национальной юрисдикции
Локальный уровень	Соблюдение общемировых и национальных правил лова, рациональное использование ВБР, соблюдение норм и снижение выбросов и отходов, загрязняющих природную среду

Каждая из перечисленных подсистем является, с одной стороны, системой с её интересами (целями, задачами), а с другой стороны, подсистемой системы более высокого уровня (надсистемы), которая имеет системный интерес «общественную целесообразность». Поэтому очень важно сохранить приоритеты общественной целесообразности, если интерес подсистемы возобладает над интересами системы «общественной целесообразности», то погибнет не только система, но и подсистема со всеми реализованными и нереализованными целями и интересами [7].

Основополагающим процессом формирования социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства является разработка принципов её функционирования, которые будут рассматриваться как основа её устройства и как основополагающие правила, которые должны действовать всегда, всюду и при любых обстоятельствах в процессе её функционирования на определенном уровне развития.

Так как социо-эколого-экономическая система промышленного рыболовства рассматривается как система и подсистема систем более высокого уровня, то основой её формирования должны стать общие принципы, характерные для построения любого уровня СЭЭС, которые обеспечат взаимодействие и взаимосвязь элементов системы [4].

К общим принципам могут быть отнесены:

– принцип интеграции миссии устойчивого развития и глобализации построения цели СЭЭС ПР, позволяющий обеспечить справедливое распределение мировых запасов продовольствия [6];

– принцип интеграции институционального фактора и ответственности государств за выполнение резолюций ООН в части обеспечения устойчивого развития промышленного рыболовства. «В экономической зоне прибрежные государства приобретают обширную и практически ранее не известную международному праву морскую правоспособность» [1];

– принцип взаимодействия трех составляющих СЭЭС ПР и встраивания социальных и экологических заказов общества в экономическую составляющую на основе эффективного управления ВБР;

– принцип единства общих показателей СЭЭС, её подсистем и разносторонности частных.

Применение вышеуказанных общих принципов при формировании СЭЭС ПР позволяет определить «правило связи трех её составляющих»: как на основе экономического инновационного роста промышленного рыболовства и социального развития не разорвать экологическую составляющую замкнутого кольца, которое опоясывает две выше указанные составляющие, как гурт монеты.

Так как любой вид деятельности имеет свои особенности функционирования и развития, то в основе формирования СЭЭС ПР кроме общих принципов должны лежать частные принципы, которые отражают особенности функционирования самой системы, а также её подсистем и характерны только для неё на определенном уровне развития.

Особенности функционирования промышленного рыболовства на современном этапе дают основание выделить следующие частные принципы формирования социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства как системы устойчивого развития, объектом управления которой являются водные биологические ресурсы [4]:

– принцип «мягкой» добычи» или «осторожного подхода», позволяющий полностью восстанавливать запасы ВБР и сохранять морские экосистемы на основе научно-обоснованных ОДУ, соблюдение их при установлении квот на вылов ВБР национальными государствами;

– принцип правового закрепления ответственности за субъектами управления мировой и национальных СЭЭС ПР за точность научно-обоснованных ОДУ и полное соответствие выделяемых квот ОДУ;

– принцип платности и полного восстановления возобновляемых природных ресурсов на основе финансового механизма «Целевых экологических инвестиций» (ЦЭИ) даст возможность повысить ответственность субъектов хозяйствования и других институтов за соблюдение правил эксплуатации природных ресурсов;

– принцип соответствия мощности добывающего флота научно-обоснованным ОДУ;

– принцип полной утилизации отходов и контроля над соблюдением нормативов выбросов с отражением этого процесса в документации строгой отчетности.

Частные принципы формирования социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства могут дополняться на уровне национальных, и локальных СЭЭС ПР, однако их содержание не должно противоречить миссии, стратегическим целям и установленным общим принципам устойчивого развития СЭЭС мирового промышленного рыболовства.

Главным свойством социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства является то, что в её основе лежат интересы всего человечества (цивилизации), народов, групп людей, являющихся пользователями ВБР. Совокупность этих интересов влияет на состояние всей системы и процесса её развития. Целесообразность формирования социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства должна отражаться в критериях эффективности её функционирования, на основе которых разрабатываются индикаторы устойчивого развития каждой подсистемы и в целом всей системы. Для оценки эффективности функционирования СЭЭС ПР устанавливаются критерии, которые отражают уровень реализации стратегической цели самой системы и стратегических целей ее подсистем на определенном временном интервале.

Таким образом, устойчивое развитие социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства должно формироваться путем взаимодействия подсистем в процессе достижения её стратегической цели и создания благоприятных условий для их эффективного функционирования.

Список литературы

1. Лазарев М.И. Теоретические вопросы современного международного морского права. – М.: Наука, 1983. – 301 с.

2. Матошко И.В. Жизненные ресурсы Земли. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Ураджай, 1989. – 255 с.

3. Мураткина В.В. Экологически устойчивое развитие экономики региона, принципы и механизмы: дис. … канд. экон. наук: спец. 08.00.04; Волжс. гуманит. ун-т. – Ростов н/Д, 2000. – 180 с.

4. Реус Н.И. Объективные предпосылки формирования и функционирования социо-эколого-экономической системы промышленного рыболовства // Рыб. хоз-во. – 2011. – № 6. – С. 32–35.

5. Сборник документов Международной конференции по устойчивому вкладу рыболовства в продовольственную безопасность, г. Киото, Япония, 4–9 декабря 1995 г. / под ред. В.Ф. Корельского. – М.: ВНИРО, 1996. – 92 с.

6. Социологический энциклопедический словарь: на рус., англ., нем., фр. и чеш. яз. / Ин-т социол-полит. исслед РАН, Ин-т социологии РАН ; ред.-координатор Г.В. Осипов; ред. сост.: З.Т. Голенкова [и др.]. – М.: ИНФРА М – НОРМА, 1998. – 480 с.

7. Экономическая система: кибернетическая природа развития, рыночные методы управления, координация хозяйственной деятельности корпорации / под общ. ред. Н.Я. Петракова, Г.П. Журавлевой. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 384 с.

References

1. Lazarev M.I. Teoreticheskie voprosy sovremennogo mezhdunarodnogo morskogo prava [Theoretical issues of the modern international law of the sea]. Moscow, Nauka, 1983. 301 p.

2. Matoshko I.V. Zhiznennye resursy Zemli [Life resources of the Earth]. Minsk, Uradzhai, 1989. 255 p.

3. Muratkina V.V. Ecologicheski ustoichivoe razvitie economiki regiona, printsipy I mehanizmy [Ecologically sustainable development of regional economy, principles and mechanisms: economic science candidate dissertation: spec. 08.00.04]. Rostov-na-Donu, 2000. 180 p.

4. Reus N.I. Ob'ektivnye predposylki formirovaniya i funktsyonirovaniya sotsio-ecologo-economicheskoi sistemy promyshlennogo rybolovstva [Necessary prerequisites of elaboration and functioning of social-ecological-economic system of fishery]. Rybnoe hozaistvo – Fishing industry, 2011, no.6, pp. 32–35.

5. Sbornik dokumentov mezhdunarodnoi konferentsii po ustoichivomu vkladu rybolovstva v prodovol'stvennuiu bezopasnost', g. Kioto, Yaponiya, 4–9 dekabrya 1995 g. /pod red. V.F. Korel'skogo [Issued documents of International conference on the sustainable contribution of fisheries to food security, Kyoto, Japan, 4–9 December 1995 / Ed. by Korelskiy V.F]. Moscow, 1996. 92 p.

6. Sotsiologicheskiy entsiklopedicheskiy slovar' [Sociological encyclopedic dictionary / Ed. by Osipop G.V.]. Moscow, INFRA M – NORMA, 1998. 480 p.

7. Ekonomicheskaya sistema: kiberneticheskaya priroda razvitiya, rynochnye metody upravleniya, koordinatsiya hoziaystvennoi deyatel'nosti korporatsii [Economic system: cybernetic background of development, market methods of management, coordination of corporate economic activity / Ed. by Petrakov N.Y., Zhuravliova G.P.]. Moscow, INFRA M, 2008. 384 p.

Рецензенты:

Кибиткин А.И., д.э.н., профессор, зав. кафедрой финансов, бухгалтерского учета и управления экономическими системами Мурманского государственного технического университета, г. Мурманск;

Лоскутов В.И., д.э.н, профессор Мурманской академии экономики и управления, г. Мурманск.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 338:331

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ

[1]Симоненко В.Н., [1]Симоненко Н.Н., [2]Старкова Е.Ю.

[1]ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Комсомольск-на-Амуре, e-mail: simonenko@knastu.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Хабаровск

Современный этап развития предприятий (и предпринимательства) в нашей стране характерен особой ролью двух факторов в конкуренции: организацией производства и мотивацией наемных работников, падение которой характерно не только для персонала предприятий России. В современной России заработная плата в связи с ее низким уровнем утратила мотивирующую роль, что требует ее реформирования. Также возрастает и значение качества управления организацией, в связи с этим в статье рассмотрен ряд функций в управлении предприятием. Рассмотрен опыт стран с развитыми рыночными отношениями, уже переживших замедление экономического развития и решивших подобную проблему за счет кардинального реформирования заработной платы и, соответственно, повышения мотивации персонала – расширенная классификация работ; оплата на основе квалификации и профессиональных качеств; расширенное применение множества подходов с переменной оплатой труда; переход от управления заработной платой к управлению суммарным вознаграждением; разработка эффективной программы вознаграждения труда.

Ключевые слова: реформирование оплаты труда, контроль нормирования труда, индивидуализация вознаграждения труда, расширенная классификация работ, оплата по квалификации и профессиональным качествам, управление суммарным вознаграждением, эффективная программа вознаграждения

ARRANGEMENTS TO IMPROVE BUSINESS STAFF MOTIVATION

[1]SymonenkoV.N., [1]Simonenko N.N., [2]Starkova E.U.

[1]Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: simonenko@knastu.ru;

[2]Eastern State Transport University, Khabarovsk

The current stage of development of the enterprises (and businesses) in the country is characterized by a special role in the competition of two factors: the organization of production, and the motivation of employees, a fall which is not specific to the staff of Russian enterprises. In modern Russia the wages due to its low level of lost motivating role that requires reform. Also increases and the importance of quality control organization in this regard, in the article the number of functions in enterprise management. The experience of countries with developed markets, have already experienced a slowdown and have decided a similar problem due to a fundamental reform of wages and, therefore, increase staff motivation – extended classification of works, payment based on qualifications and professional development, expanding the use of multiple approaches to variable pay labor shift from payroll management to the management of the total remuneration, development of an effective remuneration of labor.

Keywords: reform wages, control of work measurement, individualization of labor remuneration, enhanced classification of works, the payment on the basis of qualifications and competencies, management of total compensation, effective compensation

В отечественной экономике наблюдаются значительные диспропорции между изменениями отношений собственности и производственных отношений и организацией производства и менеджмента персонала. Переход к свободному рынку на основе механизмов спроса и предложения и конкуренции совершался без учета требований новой экономики к организации производства и менеджменту персонала. В результате выявилась ситуация, при которой большинство предприятий применяют прежние системы организации и оплаты труда, уже переставшие выполнять роль стимулов. Поэтому для нашей экономики актуально реформирование оплаты труда путем сочетания традиционных и новых методов стимулирования. Для реформирования оплаты труда персонала необходимо решить две задачи: гарантировать каждому работнику оплату по результатам деятельности и исходя из рыночной стоимости рабочей силы; обеспечить организации наличие прибыли после реализации своей продукции по ценам рынка.

Для обеспечения интересов и работника, и работодателя необходим рост оплаты при снижении ее затрат на единицу продукции и гарантии повышения вознаграждения за труд каждому работнику при обеспечении роста эффективности деятельности предприятия. В этом и состоит принцип стимулирования работников, когда увеличение оплаты труда возможно только при повышении эффективности производства и, напротив, повышение эффективности производства ведет к увеличению оплаты работников. В результате у работодателя возрастает прибыль, а у работника улучшается материальное положение. Достичь решения этих задач, на наш взгляд, можно. Государство должно обратить внимание на условия

реформирования оплаты труда наемных работников:

1) соответствие вознаграждения труда его реальному уровню;

2) зависимость между средствами, направляемыми на оплату, и конкретными результатами хозяйственной деятельности организации;

3) совершенствование социального партнерства по вознаграждению труда.

В выборе форм и систем вознаграждения за труд предприятия получили полную самостоятельность, а государство устанавливает минимум заработной платы, периодически его пересматривает и обеспечивает в сфере труда социальную защищенность работников. Такой минимум можно рассматривать в качестве социальной гарантии в оплате труда при выполнении наемным работником установленных функций простого труда на всех предприятиях, независимо от форм собственности, защищаемой государством. По нашему мнению, вопросы мотивации работников нельзя рассматривать в отрыве от других функций менеджмента персонала и организации производства, поэтому реформирование вознаграждения труда следует осуществлять параллельно и в комплексе с реформированием других важных функций предпринимательской организации.

В современных условиях возрастает и значение качества управления организацией, в связи с этим в управлении предприятием выделяют ряд функций, отражающих направление управленческих действий, порядок и преимущество их осуществления [НИИ труда, 1991].

Первая группа функций – маркетинговая стратегия, т. е. действия по изучению рынка и разработке стратегии продвижения продукции предприятия на рынок в соответствии со складывающейся конъюнктурой. Вторая группа – планирование деятельности коллектива, а третья группа – финансирование организации. Следующие четыре группы вытекают из того, что работа предприятия возможна только при наличии необходимых средств производства и работников, имеющих определенную квалификацию и уровень образования, которые как объекты управления взаимодействуют в системе управления предприятием.

Четвертая группа функций – организация средств производства и стимулирование персонала на более эффективное их использование. На этой стадии проводятся работы по совершенствованию техники и технологии, техническому перевооружению предприятия, обеспечению необходимыми оборудованием и материалами, эффективному использованию основных фондов. Это предшествует организации системы мотивации персонала. Пятая группа функций – управление персоналом, включающая организацию мотивации наемных работников. Здесь основные задачи – подбор и расстановка необходимых кадров; разработка программ их подготовки и переподготовки; разработка направлений материального и нематериального стимулирования. Эта группа функций и является стержневой в организации стимулирования эффективности и качества выполняемой работы. Шестая группа функций – информационное обеспечение и учет. Сюда относятся: обеспечение сотрудников необходимой информацией; автоматизация информационных систем, бухгалтерского учета и статистической отчетности. На первый взгляд, информационное обеспечение не является непосредственно методом стимулирования эффективности и качества. Тем не менее, обеспечить эффективную работу невозможно без предоставления всем работникам, нуждающимся в этом, необходимой информации. Седьмая группа функций – контроль, регулирование и оценка деятельности. Эта группа включает: создание системы контроля деятельности работников; корректировку принятых решений в процессе их осуществления по результатам контроля и обработки полученных данных; оценку деятельности всех подразделений предприятия и каждого сотрудника в отдельности.

Особенно важна последняя функция – оценка деятельности подразделений предприятия и каждого сотрудника в отдельности. Это учитывается при стимулировании, так как именно по конечным результатам устанавливается размер переменной части в доходе наемного работника, причем этот размер определяется для каждого сотрудника персонально в соответствии с его личным вкладом и конечными результатами работы.

Таким образом, составить комплекс мер, направленных на эффективное управление персоналом, где завершающей мерой станет создание системы стимулирования, можно. Для этого, во-первых, необходимо провести разделение труда работников с целью разграничения их должностных обязанностей и функций структурных подразделений, чтобы исключить дублирование функций, приводящее к нежелательным экономическим потерям. Далее, следует осуществить расстановку работников в соответствии с их деловыми и личными качествами и внедрить систематическое повышение квалификации. В-третьих, нужно отработать

и внедрить рациональные системы и методы выполнения работ (функций) в целях оптимизации трудового и технологического процессов. В-четвертых, провести рационализацию организации и оснащения рабочих мест как в целом по организации, так и по отдельным элементам применительно к каждой должности или группе должностей, поскольку известно, что даже самая эффективная системы стимулирования без этого не может обеспечить достижение эффективности и качества выполняемой работы. Здесь основным требованием выступает комплексное обеспечение рабочего места всем необходимым для выполнения профессиональных или должностных обязанностей. В-пятых, наряду с общими мероприятиями следует обеспечить благоприятные условия труда (учесть санитарно-гигиенические, физиологические и социально-психологические требования и нормы). Шестое – внедрить организацию нормирования труда с целью определения потребной численности работников и обоснованных затрат времени на выполняемые ими работы. Здесь Р. Яковлев выделил две разновидности нормирования труда [1]:

1) тарифное нормирование, определяющее трудовую деятельность с позиций сложности условий труда, профессиональных и должностных обязанностей;

2) организационно-техническое нормирование, определяющее трудовую деятельность с позиций технической оснащенности труда, распределения работ и организации рабочих мест, технологии выполнения работ и др.

Седьмое и восьмое – непосредственные вопросы стимулирования и мотивации: оценка результатов деятельности работников и конкретные методы материального и нематериального вознаграждения.

Оценка индивидуального труда включает в себя разработку показателей по определению конкретного сотрудника с учетом выполнения им своих должностных обязанностей, эффективности и качества выполняемых работ, что необходимо для исчисления материального вознаграждения. Как итог сложного комплекса работ, решаются появляющиеся вопросы по материальному и нематериальному стимулирования персонала.

Отметим, что понятие стимулирования – более широкое, чем его часто понимают. Ведь при одинаковом размере вознаграждения труда сотрудник будет работать эффективнее там, где для этого созданы необходимые условия. То есть можно сказать, что все перечисленные выше меры по управлению персоналом также можно отнести к методам косвенного стимулирования наемных работников, и понятие стимулирования не ограничивается мерами поощрения, а рассматривает более широкий круг вопросов.

Поэтому необходимо и на государственном уровне разработать рекомендации по управлению персоналом на предприятиях различных организационно-правовых норм, в том числе рекомендации по нормированию труда и организации стимулирования наемных работников. Конечно, в нынешних экономических условиях эти рекомендации не могут быть обязательными для исполнения, но они могут существенно облегчить решение задач работодателям в управлении персоналом и стимулировании работников.

Основным принципом организации системы мотивации в реальном секторе экономики в современных условиях должен быть метод индивидуализации материального вознаграждения сотрудников, исходя из конечных результатов работы. Но индивидуализация материального вознаграждения работников должна осуществляться не на основе случайных решений руководства и отсутствия каких-либо регламентаций в этой области, а в системе, при четком обосновании и продуманной оценки персонала, их должностных обязанностей и результатов деятельности. Поэтому, *во-первых*, следует для каждого работника составить четкое описание его функций. Соответственно, это позволит обозначить справедливые требования руководства к тому или иному сотруднику, а работник, в свою очередь, будет знать, что от него требуется при выполнении его функций и что включают данные функциональные обязанности. На основе должностных обязанностей устанавливается соответствующая группа оплаты, а в дальнейшем принимаются решения о повышении заработной платы, участии в прибылях, профессиональном росте.

Во-вторых, при решении вопросов мотивации наемных работников работодатель должен учитывать ситуацию на рынке, так как во многих случаях уровень оплаты работников устанавливается в том числе с поправкой на дефицитность данной специальности на рынке труда или, напротив, с учетом переизбытка рабочей силы по данной специальности. Кроме того, с целью удержания высококвалифицированных специалистов необходимо учитывать оплату на конкурирующих фирмах по данной специальности.

Целью стимулирования управленческих кадров предприятия является:

1) желание удержать у себя квалифицированных менеджеров во избежание их перехода в конкурирующие фирмы;

2) в целом стимулирование направлено на мотивацию менеджеров в достижении личных успехов в работе и в достижении успеха всех подразделений и фирмы в целом;

3) система участия в прибылях ставит в зависимость величину дохода менеджера от результатов его деятельности, деловой активности и профессионализма при выполнении управленческих функций.

С должностным ростом менеджера увеличивается его доля участия в прибылях, что делает доход менеджера прогрессивным, а с повышением в должности возрастает и базовый уровень оплаты менеджера, увеличивается и выплата из прибыли и др. Все это делает достаточно привлекательным кадровый рост у руководящих работников, который, в свою очередь, возможен только при постоянном увеличении эффективности управления в данной должности. Как отметил М. Бубнов [1993], стимулирующая роль заработной платы на предприятиях усиливается при соблюдении ряда принципов:

1) зависимости заработной платы от эффективности и качества выполнения работы с целью обеспечения заинтересованности работников в результатах своей работы;

2) внедрении гибких систем оплаты труда, основанных на учете конечных результатов работы организации и индивидуального вклада работника;

3) исключении уравнительности в оплате наемных работников;

4) если при создании системы оплаты труда предусмотрено усиление ее объединяющей роли, исключающей противостояние между работниками.

Как отметил Ланс Бергер [2008], генеральный директор компании Lance A. Berger & Associates Ltd, премиальное вознаграждение как отдельного сотрудника, так и их группы зависит от их эффективности работы, вклада в дальнейшее развитие организации, от принадлежности к категории талантливых специалистов или от наличия других черт, свидетельствующих о повышенной ценности указанных сотрудников. Для обеспечения эффективности и жизнеспособности системы вознаграждения труда необходимо выявлять сотрудников с выдающимися дарованиями, а для этого следует регулярно осуществлять оценку трудовых ресурсов. Оценка способствует идентификации «горячих» вакансий, чрезвычайно востребованных на рынке труда, и четкому выделению сотрудников, имеющих высокий потенциал и результативность.

Помимо отмеченного за рубежом применяется много совершенно новых методов в управлении вознаграждением труда, которые следует адаптировать к применению на отечественных предприятиях, например, расширенная классификация работ; оплата на основе квалификации и профессиональных качеств; расширенное применение множества подходов с переменной оплатой труда; переход от управления заработной платой к управлению суммарным вознаграждением; разработка эффективной программы вознаграждения труда.

Первое. Под *расширенной квалификацией работ в нашей экономике следует* понимать большое число должностей, покрываемых ограниченными, но многочисленными интервалами заработной платы, объединенных в единое целое и образующих относительно небольшое единство довольно широких категорий должностей (диапазонов). Здесь можно стирать различия между сходными функциями с целью как упрощения администрирования, так и усиления общности цели и создания атмосферы единой команды.

Второе. О*плата на основе квалификации и профессиональных качеств* – часто распространенный подход, когда платят конкретным людям, а не оплачивают должности. По словам Д. Рабар-Дэниелса, если ранее организации платили за должности, развивали навыки для конкретной должности, оценивали исполнение этих обязанностей и планировали карьеру персонала, то альтернативный вариант сосредотачивает человеческие ресурсы на структурах, организующихся вокруг профессиональных качеств, а не штатных должностей [4, p. 27].

Таким образом, расширенная классификация работ и оплата *на основе квалификации и профессиональных качеств* – это практически два подхода к решению проблемы *платить за профессиональные качества*, а не за должность. Главным фактором становится значимость конкретного человека. Такая система организации работы делает должности более гибкими, хотя и подрывает традиционную функцию штатного расписания.

Если за последние 40–50 лет многие нововведения в сфере вознаграждения труда являются лишь модификациями приемов и методов с сохранением в них базовых принципов, то *расширенная классификация идет дальше, сокращая множество традиционных тарифных разрядов с соответствующими уровнями заработной платы до нескольких расширенных диапазонов*. Такая система позволяет облегчить ведение процессов управления профессиональным ростом и регулирования заработной платы, но под угрозу ставится использование «статуса» должности, обращается внимание в оплате труда на человека, а не за долж-

ность [2, p. 28]. Руководители отделов из 73 компаний, исследованных Эйбошем, расценили расширенную квалификацию работ как метод, рекомендуемый к применению в целях повышения квалификации и (или) профессиональных качеств, сочли его эффективным при акценте на организации в планировании карьеры.

Третье. *Оплата по эффективности труда.* Роберт Грин в 1998 г. [3, p. 26] обработал сообщения деловой прессы и констатировал, что *надбавка за результаты труда*, за его *эффективность* утратила свое значение, и рекомендовал организациям перестроить систему заработной платы, чтобы персонал получал по-новому. Предложено ввести плату за знания, квалификацию, умение и поведение (в целом – за *личные профессиональные качества*, проявляемые работником на своем рабочем месте). Здесь следует применять разнообразные подходы: многообразные схемы переменой оплаты, ежегодные вознаграждения взамен текущих надбавок, традиционного повышения оплаты труда в виде надбавок за эффективные результаты труда. Весомые результаты будут получены там, где отмеченные проблемы решались в комплексе и достаточно квалифицированно.

Четвертое. *Переход от управления заработной платой к управлению суммарным вознаграждением.* Считается, что так называемые успешные компании должны применять новые подходы к вознаграждению труда, чтобы получать и лучшие результаты. Фирма *Hay Group* подробно изучила и применила методы оплаты труда, применяемые группой успешных компаний [5, p. 21–23]. Эти компании *устанавливают общую оплату труда гораздо выше средней* в сравнении с другими в данном секторе экономики, но размер базовой оплаты – не всегда конкурентоспособный. Выше ценятся премии, долгосрочное стимулирование, компенсирующие различия в прямом заработке. Предложенная новация приемлема для отечественных успешных организаций практически в чистом виде.

Пятое. Применительно для отечественной экономики *разработка эффективной программы вознаграждения труда* должна обеспечивать:

1) проведение изменений трудового поведения работников;

2) учет действующих главных принципов оплаты труда;

3) максимальное использование переменной части оплаты труда, сочетание применения индивидуальных и групповых критериев;

4) возможность максимального упрощения и сокращения количества индивидуальных критериев эффективности;

5) необходима информированность о действующей системе оплаты труда, применяемых критериях, их выбору, необходимости и результатах применения.

Вывод

Иностранные компании в свое время прошли путь, который начали проходить отечественные предприятия в рыночных условиях хозяйствования. Это: создание и поддержание конкурентоспособных программ вознаграждения труда, связанных с отсутствием государственного регулирования, наличием стратегических слияний и реструктуризаций*; обращение большего внимание на отдельные функции бизнеса, требующие этого; использование человеческих ресурсов, подверженных значительным перемещениям ввиду резких колебаний на глобальных рынках*. В результате за счет значительного роста уровня вознаграждения труда для специалистов с дефицитной квалификацией открылось много возможностей, и высокое число вариантов делает людей более независимыми в формировании их трудовой мотивации.

Список литературы

1. Яковлев Р. Реформирование заработной платы – процесс длительный // Человек и труд. – 1998. – № 11.

2. Abosh K.S. Confronting Six Myths of Broadbanding // ASA Journal. – 1998. – vol. 7, № 3, Autumn. – P. 28–35.

3. Green R.J. Improving Merit Pay Plan Effectiveness // ASA News. – 1998. – vol. 41, № 4, P. 26–29.

4. Rahbar-Daniels D. Aligning Total Human Resource Processes Through Competency-Based Broadbanding // ASA News. – 1998. – vol. 41, № 10, November – Desember. – P. 36–40.

5. Write V. Remuneration Strategies in the World's Most Admired Companies // ASA New. – 1998. – vol. 41, № 8, September. – P. 20–23.

References

1. Jakovlev R. Reformirovaniezarabotnojj platy – process dlitel'nyjj // Chelovekitrud. 1998. no. 11.

2. Abosh K.S., 1998. Confronting Six Myths of Broadbanding. ASA Journal, vol. 7, no. 3, Autumn, pp. 28–35.

3. Green R.J., 1998. Improving Merit Pay Plan Effectiveness. ASA News, vol. 41, no 4, pp. 26–29.

4. Rahbar-Daniels D., 1998. Aligning Total Human Resource Processes Through Competency- Based Broadbanding ASA News, vol. 41, no 10, November – Desember, pp. 36–40.

5. Write V. 1998. Remuneration Strategies in the World's Most Admired Companies ASA New, vol. 41, no. 8, September, pp. 20–23.

Рецензенты:

Уваров В.А., д.э.н., профессор, Дальневосточный институт – филиал ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Хабаровск;

Литовченко В.В., д.э.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» г. Комсомольск-на-Амуре.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

УДК 338.24.01

РОССИЙСКАЯ АРКТИКА: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ПОЗИЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Скуфьина Т.П.

ФГБУН «Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина» Кольского научного центра РАН, Апатиты, e-mail: skufina@iep.kolasc.net.ru

Представлена задача формирования новых стратегических приоритетов развития российской Арктики, увязанных с глобальными процессами и долгосрочными целями развития Российской Федерации. Сформулированы основные положения, направленные на решение этой задачи. Кроме того, приводится научный задел по каждому из обозначенных направлений решения этой задачи. Приведено четыре фундаментальных противоречия социально-экономического развития российской Арктики. Первое противоречие – в сфере геополитики. Второе противоречие – в сфере экономической политики. Третье противоречие – в сфере инновационной политики. Четвертое противоречие – в научной сфере. Представлены существующие направления научных исследований социально-экономических проблем Севера и Арктики. Показано, что одна из причин усиления указанных противоречий заключается слабой обоснованности политических и практических мер по регулированию социально-экономических процессов на арктических территориях России. Это актуализирует исследования по проблематике социально-экономического развития российского Севера и его арктической составляющей.

Ключевые слова: Арктика, фундаментальные проблемы, социально-экономическое развитие

RUSSIAN ARCTIC: FUNDAMENTAL PROBLEMS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT AND RESEARCH POSITIONS

Skufina T.P.

The Institute of Economic Problems, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences, Apatity, e-mail: skufina@iep.kolasc.net.ru

The paper presents the fundamental problem of forming new strategic priorities of Russian Arctic development taking into the account the global trends and long-term goals of Russian Federation progress. We provided the basic approaches directed to solve this problem and preliminary results for the each approach as well. We formulated four critical contradictions of socio-economic development of Russian Arctic. First of them is in geopolitics. The second one is due to the current economic policy. The third contradiction arose in innovation policy. Last but not least is in the field of science. It is presented existing direction of scientific research in socio-economic problems of North and Arctic. One of the reason of intensification of the four contradictions has arisen due to the lack of validity of political and practical activities aimed at regulating socio-economic processes in Russian Arctic. This makes research of subject matter of socio-economic development of Russian North and Arctic to be important.

Keywords: Russian Arctic, fundamental problems, socio-economic development

Представленные в настоящем исследовании фундаментальные проблемы социально-экономического развития российской Арктики являются базовым предметом изучения в рамках проекта, поддержанного грантом Минобрнауки по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, № 2012-1.2.1-12-000-3002-007, по теме «Формирование стратегических приоритетов развития российской Арктики». Кроме того, касаются вопросов оценки долгосрочных тенденций развития арктического региона России – Мурманской области – при решении задач научного проекта «Экономика и социальная сфера Мурманской области: потери и достижения советского и постсоветского периода (на основе статистических оценок)», выполняемого при финансовой поддержке РГНФ и Правительства Мурманской области, № 1212-51002 а/С. Исследования проводятся на базе Института экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского НЦ РАН (ИЭП КНЦ РАН) – ведущего научного учреждения страны по проблематике социально-экономического развития Севера и его арктической составляющей.

Фундаментальная цель, на которую в конечном итоге направлен каждый из обозначенных проектов – выявление системных проблем и формирование новых стратегических приоритетов развития российской Арктики с учетом существенных изменений в глобальной расстановке сил последнего двадцатилетия, национальных интересов арктических стран, глобальных изменений природной среды, роста значения ресурсов Арктики, экологических требований и культурно-цивилизационных задач развития.

Основные направления исследований для продуктивного формирования новых стратегических приоритетов развития российской Арктики

Достижение фундаментальной цели проекта, направленной на формирование новых стратегических приоритетов разви-

тия российской Арктики, предполагает решение 3-х подзадач.

Во-первых, развитие теоретико-методологических оснований исследования, позволяющих установить опосредованные связи и зависимости развития российской Арктики с глобальными процессами, объяснять динамику процессов периодическими колебаниями мирохозяйственной и макроэкономической систем, выяснять динамику и направленность процессов посредством экономико-математических моделей. В этой части важны авторские разработки в сфере циклически-волновых представлений о динамике региональных движений, согласовании циклов и ритмов развития регионов РФ и ее северных территорий с глобальными тенденциями [1; 2]. Важными являются выводы грантозаявителей о сопряженности мирохозяйственных социально-экономических процессов и социально-экономического движения регионов России и ее северных территорий. А также об опасности «выпадения» из тенденций активной среды мирэкономики (по Броделю) [3; 4].

Во-вторых, идентификация социальных, экономических, ресурсно-инфраструктурных проблем развития Севера как через призму концептуального моделирования, так и систему количественной оценки параметров математических моделей, применения методов агрегирования статистической информации. В этой части особенно ценны разработки в сфере выявления тенденций, закономерностей, специфики регионов Севера и Арктики статистическими и эконометрическими методами [5, С. 152–159; 6; 7]. Важными являются выводы о слабой согласуемости экономических и социальных результатов функционирования арктических регионов [5, С. 61–73; 8].

В-третьих, формирование стратегических приоритетов развития российской Арктики, отличительной чертой которых является системная проработка влияния глобальных и макроэкономических процессов, вариантов геоэкономического позиционирования. По этому направлению важное значение имеют построенные вероятные альтернативы социально-экономического развития арктических территорий России [9, 10].

Базовые противоречия развития и управления российской Арктики

Авторские разработки, основанные на огромном массиве информационно-аналитического материала по проблематике развития российского Севера и Арктики, указывают, что сущность научной проблемы сбалансированного развития российской Арктики заключается в 4-х иерархически соподчиненных базовых противоречиях присутствия, развития и управления.

I противоречие – между усилением геополитического значения российской Арктики в условиях современной однополярности мира, мирового обострения борьбы за ресурсы, в том числе за ресурсы Арктики, и одновременным снижением протекционизма и компенсационности в управлении процессами освоения и «обживания» этой территории.

II противоречие – между ростом значения ресурсов Арктики для национальной экономики (как безальтернативного средства достижения инновационных целей развития, создания конкурентных преимуществ при производстве продукции и т.д.) и одновременным развитием деструктивных процессов в экономике и социальной сфере на этих территориях.

III противоречие – между зонами возникновения предполагаемых российских инноваций и добывающими отраслями, составляющими основу национальной экономики в настоящее время и в обозримой перспективе развития.

IV противоречие – между насущной необходимостью обеспечения социально-экономического восстановления и развития российской Арктики на основе долговременных, стратегически определенных приоритетов, целей, задач и отсутствием единства взглядов управленцев, ученых, населения РФ на перспективы развития и специфику позиционирования этого региона.

В период СССР Север и его арктическая составляющая определяли развитие страны, обеспечивали рост ее экономики, генерировали спрос на инновации, требовали научного присутствия, создавали условия устойчивого развития коренных народов Севера как неразрывной части увеличивающегося социума этих территорий. Наши исследования показывают, что сейчас российская Арктика – зона потерь. Это следствие фундаментальных противоречий, обозначенных выше. Насущная необходимость разрешения этих противоречий диктует несомненную значимость исследований социального и экономического развития Арктики. В этой связи представляет интерес рассмотрение состояния исследований в России и в мире по указанной проблематике.

Основные направления исследований социально-экономического развития Арктики

Зарубежной наукой традиционно много внимания уделяется задачам развития, соответственно исследований, Арктики. Это связано с тремя факторами.

Во-первых, зона Арктики – зона политики наиболее развитых стран мира и России. Во-вторых, Арктика – кладовая энергетических ресурсов, значение которых неоспоримо возрастает. В-третьих, Арктика – зона возрастающих социальных интересов и проблем.

Третий фактор обусловлен не только и не сколько проблемами достаточно малочисленных коренных народов, сколько первыми факторами. Заселение и закрепление населения на северных территориях считается одной из основных задач территориальной политики зарубежных стран, имеющих в своем составе северные территории. Задача заселения многократно научно обоснована с позиций национальной безопасности. Поэтому в исследованиях США, Канады, Норвегии, Финляндии в качестве методологического основания принимается тезис – обезлюженные территории или процессы обезлюживания – это «плохая новость» для управления. Предполагается, что эти процессы являются источником потенциальных проблем для национальной безопасности. В связи с этим закономерно, что базовые принципы – протекционизма и компенсационности в экономике и социальной сфере – получили научное обоснование и полномасштабно реализуются в политике и практике регулирования северными территориями.

Учитывая относительную устойчивость концептуальных положений развития, непосредственно учитываемых в практике регулирования социально-экономических процессов на Севере и Арктике, большинство современных исследований зарубежной науки касаются частных, скорее, прикладных задач. Как правило, решаются задачи в рамках следующих основных направлений: обеспечение равного доступа к товарам и услугам населения Арктики по сравнению с жителями несеверных территорий; экологизация функционирования экономики и социальной сферы; адаптация социальной и экономической жизни народов Севера к современным тенденциям и нормативно-правовым требованиям, рассмотрение Севера и Арктики как плацдарма науки.

Современные российские исследования в области североведения, в частности, в сфере решения проблемы формирования модели устойчивого развития Арктики, обеспечения эффективного использования ресурсного потенциала, инновационного обновления хозяйства, социальной сферы и т.д., отличаются от общемировых. Это объясняется объективными и субъективными факторами.

Объективные факторы во многом обусловлены принципиально иным значением Арктики для национальной экономики. Если в развитых странах мира арктические территории – это высокодотационные территории, то в России это основа национального дохода. Другой объективный фактор – уровень социально-экономического развития и темпы освоения Арктики в советский период превышали практику зарубежных стран. Однако сейчас зарубежный Север – это постоянный процесс развития экономики и социальной сферы, человеческого капитала, опередивший позиции СССР. В России же специфика современности – преимущественно эксплуатация результатов инфраструктурного обустройства периода СССР и сокращение социально-экономической активности по целому спектру позиций. Третий объективный фактор – если у развитых зарубежных стран имеются ресурсы для дальнейшего планомерного развития северных территорий, то у России в случае дальнейших потерь инфраструктуры, человеческого капитала и т.п. ресурсов на инфраструктурное восстановление Севера и Арктики не будет даже в долгосрочной перспективе развития.

Многочисленные субъективные факторы непосредственно связаны с единой базовой причиной. В отличие от развитых стран в России заселение и закрепление населения в Арктике не считается одной из основных задач территориальной политики. В основе российской территориальной политики лежат тезисы об избыточности населении Севера и его арктических территорий (отметим, что по факту на площадь Севера, составляющую около 70% территории РФ, приходится всего 7,4% населения РФ); тезис о необходимости сокращения непрофильных отраслей экономики; целесообразности точечного освоения Арктики и т.д. В результате практика регулирования приводит к феномену «колониальной» эксплуатации арктических территорий [подробнее см.: 10, С. 113–135].

Эти идеологические установки закономерно порождают два типа работ по проблематике развития Севера и Арктики. Во-первых, с сожалением следует отметить возникновение небольшой группы работ, разделяющих позиции текущей практики управления. Назовем эти работы «прозападными». Лейтмотивом являются утверждения о «дороговизне» Арктики для страны, о целесообразности «вахтового» освоения, о том, что населению, в том числе и северянам, целесообразно концентрироваться в так называемых «точках роста» и т.п. Эта позиция противоречит научно обо-

снованным теоретико-методологическим основаниям политики зарубежных стран, успешному отечественному опыту освоения и «обживания» Арктики. Почему мы называем их «прозападные» – «холодная война» в Арктике уже началась. Факторы – тенденции «интернационализации» Российской Арктики и возможности дальнейшего международного передела. Исторический опыт указывает, что единственный способ представления Арктики как зоны инновационных международных и межрегиональных инициатив – это баланс геополитических сил в этом регионе. Смещение баланса, избыточное усиление позиций какой-либо страны – неизбежный военный конфликт. Другого сценария история не знает.

Очевидная опасность для экономики и национальной безопасности такой политики продуцирует второй тип работ в области отечественного североведения. В этих исследованиях акцентируется внимание на теоретико-методологических основаниях развития Арктики, аргументирующих недостаточность современной политики и предлагающих возможные варианты устойчивого развития северных территорий.

Выводы

Обозначенные противоречия и позиции мировой науки диктуют несомненную актуальность рассмотрения системных проблем и формирования новых стратегических приоритетов развития российской Арктики. При этом следует учитывать не только определяющее значение ресурсного потенциала арктических территорий для национальной экономики, но и геополитические факторы, требующие закрепления населения и активизации хозяйственной деятельности в этой зоне.

Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, №2012-1.2.1-12-000-3002-007, по теме «Формирование стратегических приоритетов развития российской Арктики», гранта РГНФ и Правительства Мурманской области № 1212-51002а «Экономика и социальная сфера Мурманской области: потери и достижения советского и постсоветского периода (на основе статистических оценок).

Список литературы

1. Баранов С.В. Статистическая оценка асимметричности экономического развития регионов Севера и несеверной части РФ // Вопросы статистики. – 2010. – № 4. – С. 44–48.

2. Баранов С.В. Уровень жизни и эффективность региональной экономики // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2011. – Т. 1. – № 27. – С. 141–145.

3. Баранов С.В. Этапы регулирования регионального развития в России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2011. –Т.18. – № 6. С. 34–45.

4. Особенности и сценарии социально-экономического развития современного Севера России. – М.: Экономика, 2010.

5. Самарина В.П. Основные методологические подходы к оценке неравномерности регионального социально-экономического развития и выявлению проблемных регионов России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2009. – № 12. – С. 65–72.

6. Север и Арктика в пространственном развитии России: научно-аналитический доклад. Научный совет РАН по вопросам регионального развития, СОПС при Министерстве экономического развития РФ и Президиуме РАН, ИЭП Кольского НЦ РАН, ИСЭиЭПС Коми НЦ УрО РАН. Москва-Апатиты-Сыктывкар: – Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2010.

7. Скуфьина Т.П. Региональное развитие России в контексте глобальных процессов // Пространственная экономика. – № 4. – 2007. – С. 26–39.

8. Скуфьина Т., Баранов С. Региональное развитие России в свете циклически-волновых представлений // Федерализм. – 2007. – № 1 (45). – С. 29–48.

9. Скуфьина Т.П. Проблема длинных волн экономической динамики и колебание темпов роста СССР послевоенного периода // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2011. – Т. 1. – № 27. – С. 74–80.

10. Скуфьина Т. Перспективы развития Севера России // Вопросы экономики. – 2010. – № 8. – С. 148–151.

References

1. Baranov S.V. Statisticheskaja ocenka asimmetrichnosti jekonomicheskogo razvitija regionov Severa i nesevernoj chasti RF // Voprosy statistiki. 2010. no. 4. pp. 44–48.

2. Baranov S.V. Uroven' zhizni i jeffektivnost' regional'noj jekonomiki // Sever i rynok: formirovanie jekonomicheskogo porjadka. 2011. T.1. no. 27. pp. 141–145.

3. Baranov S.V. Jetapy regulirovanija regional'nogo razvitija v Rossii // Jekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz. 2011. T.18. no. 6. pp. 34–45.

4. Osobennosti i scenarii social'no-jekonomicheskogo razvitija sovremennogo Severa Rossii. M.: Jekonomika, 2010.

5. Samarina V.P. Osnovnye metodologicheskie podhody k ocenke neravnomernosti regional'nogo social'no-jekonomicheskogo razvitija i vyjavleniju problemnyh regionov Rossii // Nacional'nye interesy: prioritety i bezopasnost'. 2009. no. 12. pp. 65–72.

6. Sever i Arktika v prostranstvennom razvitii Rossii: nauchno-analiticheskij doklad. Nauchnyj sovet RAN po voprosam regional'nogo razvitija, SOPS pri Ministerstve jekonomicheskogo razvitija RF i Prezidiume RAN, IJeP Kol'skogo NC RAN, ISJeiJePS Komi NC UrO RAN. Moskva-Apatity-Syktyvkar: Apatity: Izd-vo Kol'skogo NC RAN. 2010.

7. Skufina T.P. Regional'noe razvitie Rossii v kontekste global'nyh processov // Prostranstvennaja jekonomika. no. 4. 2007. pp. 26–39.

8. Skufina T., Baranov S. Regional'noe razvitie Rossii v svete ciklicheski-volnovyh predstavlenij // Federalizm. 2007. no. 1 (45). pp. 29–48.

9. Skufina T.P. Problema dlinnyh voln jekonomicheskoj dinamiki i kolebanie tempov rosta SSSR poslevoennogo perioda // Sever i rynok: formirovanie jekonomicheskogo porjadka. 2011. T.1. no. 27. pp. 74–80.

10. Skufina T. Perspektivy razvitija Severa Rossii // Voprosy jekonomiki. 2010. no. 8. pp. 148–151.

Рецензенты:

Селин В.С., д.э.н., профессор, зав. отделом ФГБУН ИЭП КНЦ РАН, г. Апатиты;

Ларичкин Ф.Д., д.э.н., профессор, директор ФГБУН ИЭП КНЦ РАН, г. Апатиты.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.

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

В журнале «Фундаментальные исследования» в соответствующих разделах публикуются научные обзоры, статьи проблемного и фундаментального характера по следующим направлениям.

1. Архитектура
2. Биологические науки
3. Ветеринарные науки
4. Географические науки
5. Геолого-минералогические науки
6. Искусствоведение
7. Исторические науки
8. Культурология
9. Медицинские науки
10. Педагогические науки
11. Политические науки
12. Психологические науки
13. Сельскохозяйственные науки
14. Социологические науки
15. Технические науки
16. Фармацевтические науки
17. Физико-математические науки
18. Филологические науки
19. Философские науки
20. Химические науки
21. Экономические науки
22. Юридические науки

При написании и оформлении статей для печати редакция журнала просит придерживаться следующих правил.

1. Заглавие статей должны соответствовать следующим требованиям:

– заглавия научных статей должны быть информативными (Web of Science это требование рассматривает в экспертной системе как одно из основных);

– в заглавиях статей можно использовать только общепринятые сокращения;

– в переводе заглавий статей на английский язык не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия; также не используется непереводимый сленг, известный только русскоговорящим специалистам.

Это также касается авторских резюме (аннотаций) и ключевых слов.

2. Фамилии авторов статей на английском языке представляются в одной из принятых международных систем транслитерации (см. далее раздел «Правила транслитерации»)

Буква	Транслит	Буква	Транслит	Буква	Транслит	Буква	Транслит
А	A	**З**	Z	**П**	P	**Ч**	CH
Б	B	**И**	I	**Р**	R	**Ш**	SH
В	V	**й**	Y	**С**	S	**Щ**	SCH
Г	G	**К**	K	**Т**	T	**Ъ, Ь**	опускается
Д	D	**Л**	L	**У**	U	**Ы**	Y
Е	E	**М**	M	**Ф**	F	**Э**	E
Ё	E	**Н**	N	**Х**	KH	**Ю**	YU
Ж	ZH	**О**	O	**Ц**	TS	**Я**	YA

На сайте http://www.translit.ru/ можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу.

3. В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы, сведения о рецензентах. Не допускаются обозначения в названиях статей: сообщение 1, 2 и т.д., часть 1, 2 и т.д.

4. Таблицы должны содержать только необходимые данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы. Каждая таблица снабжается заголовком и вставляется в текст после абзаца с первой ссылкой на нее.

5. Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Каждый рисунок должен иметь подпись (под рисунком), в которой дается объяснение всех его элементов. Для построения графиков и диаграмм следует использовать программу Microsoft Office Excel. Каждый рисунок вставляется в текст как объект Microsoft Office Excel.

6. Библиографические ссылки в тексте статьи следует давать в квадратных скобках в соответствии с нумерацией в списке литературы. Список литературы для оригинальной

статьи – не менее 5 и не более 15 источников. Для научного обзора – не более 50 источников. Список литературы составляется в алфавитном порядке – сначала отечественные, затем зарубежные авторы и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008.

Списки литературы представляются в двух вариантах:

1. В соответствии с с ГОСТ Р 7.0.5 2008 (русскоязычный вариант вместе с зарубежными источниками).

2. Вариант на латинице, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники

Новые требования к оформлению списка литературы на английском языке (см. далее раздел «ПРИСТАТЕЙНЫЕ СПИСКИ ЛИТЕРАТУРЫ» – ПРАВИЛ ДЛЯ АВТОРОВ).

7. Объем статьи не должен превышать 8 страниц формата А4 (1 страница – 2000 знаков, шрифт 12 Times New Roman, интервал – 1,5, поля: слева, справа, верх, низ – 2 см), включая таблицы, схемы, рисунки и список литературы. Публикация статьи, превышающей объем в 8 страниц, возможна при условии доплаты.

8. При предъявлении рукописи необходимо сообщать индексы статьи (УДК) по таблицам Универсальной десятичной классификации, имеющимся в библиотеках.

9. К рукописи должен быть приложен краткий реферат (резюме) статьи на русском и английском языках. Новые требования к резюме (см. далее раздел «АВТОРСКИЕ РЕЗЮМЕ (АННОТАЦИИ) НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ» – ПРАВИЛ ДЛЯ АВТОРОВ).

Объем реферата должен включать минимум 100-250 слов (по ГОСТ 7.9-95 – 850 знаков, не менее 10 строк). Реферат объемом не менее 10 строк должен кратко излагать предмет статьи и основные содержащиеся в ней результаты. Реферат подготавливается на русском и английском языках.

Используемый шрифт – полужирный, размер шрифта – 10 пт. **Реферат на английском языке должен в начале текста содержать заголовок (название) статьи, инициалы и фамилии авторов также на английском языке.**

10. Обязательное указание места работы всех авторов (новые требования к англоязычному варианту – см. раздел «НАЗВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ» – ПРАВИЛ ДЛЯ АВТОРОВ), их должностей и контактной информации.

11. Наличие ключевых слов для каждой публикации.

12. Указывается шифр основной специальности, по которой выполнена данная работа.

13. Редакция оставляет за собой право на сокращение и редактирование статей.

14. Статья должна быть набрана на компьютере в программе Microsoft Office Word в одном файле.

15. Статьи могут быть представлены в редакцию двумя способами:

- **Через «личный портфель» автора.**
- **По электронной почте edition@rae.ru.**

Работы, поступившие через «Личный ПОРТФЕЛЬ автора», публикуются в первую очередь.

Взаимодействие с редакцией посредством «Личного портфеля» позволяет в режиме on-line представлять статьи в редакцию, добавлять, редактировать и исправлять материалы, оперативно получать запросы из редакции и отвечать на них, отслеживать в режиме реального времени этапы прохождения статьи в редакции. Обо всех произошедших изменениях в «Личном портфеле» автор дополнительно получает автоматическое сообщение по электронной почте.

Работы, поступившие по электронной почте, публикуются в порядке очереди по мере рассмотрения редакцией поступившей корреспонденции и осуществления переписки с автором.

Через «Личный портфель» или по электронной почте в редакцию одномоментно направляется полный пакет документов:

- материалы статьи;
- *сведения об авторах;*
- *копии двух рецензий докторов наук (по специальности работы);*
- *сканированная копия сопроводительного письма (подписанная руководителем учреждения) – содержит информацию о тех документах, которые автор высылает, куда и с какой целью.*

Правила оформления сопроводительного письма

Сопроводительное письмо к научной статье оформляется на бланке учреждения, где выполнялась работа, за подписью руководителя учреждения.

Если сопроводительное письмо оформляется не на бланке учреждения и не подписывается руководителем учреждения, оно должно быть **обязательно** подписано всеми авторами научной статьи.

Сопроводительное письмо обязательно (!) должно содержать следующий текст.

Настоящим письмом гарантируем, что опубликование научной статьи в журнале «Фундаментальные исследования» не нарушает ничьих авторских прав. Автор (авторы) передает на неограниченный срок учредителю журнала неисключительные права на использование научной статьи путем размещения полнотекстовых сетевых версий номеров на Интернет-сайте журнала.

Автор (авторы) несет ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права в полном объеме в соответствии с действующим законодательством РФ.

Автор (авторы) подтверждает, что направляемая статья нигде ранее не была опубликована, не направлялась и не будет направляться для опубликования в другие научные издания.

Также удостоверяем, что автор (авторы) согласен с правилами подготовки рукописи к изданию, утвержденными редакцией журнала «Фундаментальные исследования», опубликованными и размещенными на официальном сайте журнала.

Сопроводительное письмо сканируется и файл загружается в «Личный портфель» автора (или пересылается по электронной почте – если для отправки статьи не используется «Личный портфель»).

• копия экспертного заключения – содержит информацию о том, что работа автора может быть опубликована в открытой печати и не содержит секретной информации (подпись руководителя учреждения). Для нерезидентов РФ экспертное заключение не требуется;

• копия документа об оплате.

Оригиналы запрашиваются редакцией при необходимости.

Редакция убедительно просит статьи, размещенные через «Личный портфель», не отправлять дополнительно по электронной почте. В этом случае сроки рассмотрения работы удлиняются (требуется время для идентификации и удаления копий).

16. В одном номере журнала может быть напечатана только одна статья автора (первого автора).

17. В конце каждой статьи указываются сведения о рецензентах: ФИО, ученая степень, звание, должность, место работы, город, рабочий телефон.

18. Журнал издается на средства авторов и подписчиков. **Плата с аспирантов (единственный автор) за публикацию статьи не взимается.** Обязательное представление справки об обучении в аспирантуре, заверенной руководителем учреждения. Оригинал справки с печатью учреждения высылается по почте по адресу: 105037, Москва, а/я 47, Академия естествознания. Сканированные копии справок не принимаются.

19. Представляя текст работы для публикации в журнале, автор гарантирует правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправоверного заимствования в рукописи произведения, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений.

Редакция не несет ответственность за достоверность информации, приводимой авторами. Автор, направляя рукопись в Редакцию, принимает личную ответственность за оригинальность исследования, поручает Редакции обнародовать произведение посредством его опубликования в печати.

Плагиатом считается умышленное присвоение авторства чужого произведения науки, мыслей, искусства или изобретения. Плагиат может быть нарушением авторско-правового законодательства и патентного законодательства и в качестве таковых может повлечь за собой юридическую ответственность Автора.

Автор гарантирует наличие у него исключительных прав на использование переданного Редакции материала. В случае нарушения данной гарантии и предъявления в связи с этим претензий к Редакции Автор самостоятельно и за свой счет обязуется урегулировать все претензии. Редакция не несет ответственности перед третьими лицами за нарушение данных Автором гарантий.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное рецензирование. В этом случае сроки публикации продлеваются. Материалы дополнительной экспертизы предъявляются автору.

20. Направление материалов в редакцию для публикации означает согласие автора с приведенными выше требованиями.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 615.035.4

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРИОДА ТИТРАЦИИ ДОЗЫ ВАРФАРИНА У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ. ВЗАИМОСВЯЗЬ С КЛИНИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

[1]Шварц Ю.Г., [1]Артанова Е.Л., [1]Салеева Е.В., [1]Соколов И.М.

[1]ГОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И.Разумовского Минздравсоцразвития России», Саратов, Россия (410012, Саратов, ГСП, ул. Большая Казачья, 112), e-mail: kateha007@bk.ru

Проведен анализ взаимосвязи особенностей индивидуального подбора терапевтической дозы варфарина и клинических характеристик у больных фибрилляцией предсердий. Учитывались следующие характеристики периода подбора дозы: окончательная терапевтическая доза варфарина в мг, длительность подбора дозы в днях и максимальное значение международного нормализованного отношения (МНО), зарегистрированная в процессе титрования. При назначении варфарина больным с фибрилляцией предсердий его терапевтическая доза, длительность ее подбора и колебания при этом МНО зависят от следующих клинических факторов: инсульты в анамнезе, наличие ожирения, поражения щитовидной железы, курения, и сопутствующей терапии, в частности, применение амиодарона. Однако у пациентов с сочетанием ишемической болезни сердца и фибрилляции предсердий не установлено существенной зависимости особенностей подбора дозы варфарина от таких характеристик, как пол, возраст, количество сопутствующих заболеваний, наличие желчнокаменной болезни, сахарного диабета II типа, продолжительность аритмии, стойкость фибрилляции предсердий, функциональный класс сердечной недостаточности и наличие стенокардии напряжения. По данным непараметрического корреляционного анализа изучаемые нами характеристики периода подбора терапевтической дозы варфарина не были значимо связаны между собой.

Ключевые слова: варфарин, фибрилляция предсердий, международное нормализованное отношение (МНО)

CHARACTERISTICS OF THE PERIOD DOSE TITRATION WARFARIN IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION. RELATIONSHIP WITH CLINICAL FACTORS

[1]Shvarts Y.G., [1]Artanova E.L., [1]Saleeva E.V., [1]Sokolov I.M.

[1]Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, Russia (410012, Saratov, street B. Kazachya, 112), e-mail: kateha007@bk.ru

We have done the analysis of the relationship characteristics of the individual selection of therapeutic doses of warfarin and clinical characteristics in patients with atrial fibrillation. Following characteristics of the period of selection of a dose were considered: a definitive therapeutic dose of warfarin in mg, duration of selection of a dose in days and the maximum value of the international normalised relation (INR), registered in the course of titration. Therapeutic dose of warfarin, duration of its selection and fluctuations in thus INR depend on the following clinical factors – a history of stroke, obesity, thyroid lesions, smoking, and concomitant therapy, specifically, the use of amiodarone, in cases of appointment of warfarin in patients with atrial fibrillation. However at patients with combination Ischemic heart trouble and atrial fibrillation it is not established essential dependence of features of selection of a dose of warfarin from such characteristics, as a sex, age, quantity of accompanying diseases, presence of cholelithic illness, a diabetes of II type, duration of an arrhythmia, firmness of fibrillation of auricles, a functional class of warm insufficiency and presence of a stenocardia of pressure. According to the nonparametric correlation analysis characteristics of the period of selection of a therapeutic dose of warfarin haven't been significantly connected among themselves.

Keywords: warfarin, atrial fibrillation, an international normalized ratio (INR)

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее встречаемый вид аритмии в практике врача [7]. Инвалидизация и смертность больных с ФП остается высокой, особенно от ишемического инсульта и системные эмболии [4]…

Список литературы
1….
References
1…
Рецензенты: ФИО, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, город.

Единый формат оформления пристатейных библиографических ссылок в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008 «Библиографическая ссылка»
(Примеры оформления ссылок и пристатейных списков литературы на русском языке)

Статьи из журналов и сборников:

Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопр. философии. – 1992. – № 10. – С. 76–86.

Crawford P.J. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works / P.J. Crawford, T.P. Barrett // Ref. Libr. – 1997. – Vol. 3, № 58. – P. 75–85.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, могут не повторяться в сведениях об ответственности.

Crawford P.J., Barrett T.P. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works // Ref. Libr. – 1997. – Vol. 3, № 58. – P. 75–85.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000).

Корнилов В.И. Турбулентный пограничный слой на теле вращения при периодическом вдуве/отсосе // Теплофизика и аэромеханика. – 2006. – Т. 13, № . 3. – С. 369–385.

Кузнецов А.Ю. Консорциум – механизм организации подписки на электронные ресурсы // Российский фонд фундаментальных исследований: десять лет служения российской науке. – М.: Науч. мир, 2003. – С. 340–342.

Монографии:

Тарасова В.И. Политическая история Латинской Америки: монография. – 2-е изд. – М.: Проспект, 2006. – С. 305–412

Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой.

Философия культуры и философия науки: проблемы и гипотезы: межвуз. сб. науч. тр. / Сарат. гос. ун-т; [под ред. С. Ф. Мартыновича]. – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1999. – 199 с.

Допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованных не из предписанного источника информации.

Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 494 с.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, не повторяются в сведениях об ответственности. Поэтому:

Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 494 с.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000).

Авторефераты

Глухов В.А. Исследование, разработка и построение системы электронной доставки документов в библиотеке: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2000. –18 с.

Диссертации

Фенухин В.И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северокавказского региона : дис. ... канд. полит. наук. – М., 2002. – С. 54–55.

Аналитические обзоры:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья : аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. – М. : ИМЭМО, 2007. – 39 с.

Патенты:

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.

Еськов Д.Н., Бонштедт Б.Э., Корешев С.Н., Лебедева Г.И., Серегин А.Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745.1998. Бюл. № 33.

Материалы конференций

Археология: история и перспективы: сб. ст. Первой межрегион. конф. – Ярославль, 2003. – 350 с.

Марьинских Д.М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11-12 сент. 2000 г.). – Новосибирск, 2000. – С. 125–128.

Интернет-документы:

Официальные периодические издания : электронный путеводитель / Рос. нац. б-ка, Центр правовой информации. [СПб.], 20052007. URL:

http://www.nlr.ru/lawcenter/izd/index.html (дата обращения: 18.01.2007).

Логинова Л. Г. Сущность результата дополнительного образования детей // Образование: исследовано в мире: междунар. науч. пед. интернет-журн. 21.10.03. URL:

http://www.oim.ru/reader.asp7nomers 366 (дата обращения: 17.04.07).

http://www.nlr.ru/index.html (дата обращения: 20.02.2007).

Рынок тренингов Новосибирска: своя игра [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://nsk.adme.ru/news/2006/07/03/2121 .html (дата обращения: 17.10.08).

Литчфорд Е.У. С Белой Армией по Сибири [Электронный ресурс] // Восточный фронт Армии генерала А.В. Колчака: сайт. – URL: http://east-front.narod.ru/memo/latchford.htm (дата обращения 23.08.2007).

Примеры оформления ссылок и пристатейных списков литературы на латинице.

На библиографические записи на латинице не используются разделительные знаки, применяемые в российском ГОСТе («//» и «–»).

Составляющими в библиографических ссылках являются фамилии всех авторов и названия журналов.

Статьи из журналов:

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2008, no. 11, pp. 54–57.

Dyachenko, V.D., Krivokolysko, S.G., Nesterov, V.N., and Litvinov, V.P., *Khim. Geterotsikl. Soedin*., 1996, no. 9, p. 1243.

Статьи из электронных журналов описываются аналогично печатным изданиям с дополнением данных об адресе доступа.

Пример описания статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P., *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, Vol. 5, No. 2, available at: www. ascusc.org/ jcmc/vol5/ issue2.

Материалы конференций:

Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma «ovye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi*» (Proc. 6th Int. Technol. Symp. «New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact»). Moscow, 2007, pp. 267–272.

Главное в описаниях конференций – название конференции на языке оригинала (в транслитерации, если нет ее английского названия), выделенное курсивом. В скобках дается перевод названия на английский язык. Выходные данные (место проведения конференции, место издания, страницы) должны быть представлены на английском языке.

Книги (монографии, сборники, материалы конференций в целом):

Belaya kniga po nanotekhnologiyam: issledovaniya v oblasti nanochastits, nanostruktur i nanokompozitov v Rossiiskoi Federatsii (po materialam Pervogo Vserossiiskogo soveshchaniya uchenykh, inzhenerov i proizvoditelei v oblasti nanotekhnologii [White Book in Nanotechnologies: Studies in the Field of Nanoparticles, Nanostructures and Nanocomposites in the Russian Federation: Proceedings of the First All-Russian Conference of Scientists, Engineers and Manufacturers in the Field of Nanotechnology]. Moscow, LKI, 2007.

Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'tvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p.

From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union [*Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstvija razrushenija SSSR*]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Kanevskaya R.D. *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov* (Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development). Izhevsk, 2002. 140 p.

Latyshev, V.N., *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friktsionnye protsessy pri rezanie metallov* (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting), Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009.

Ссылка на Интернет-ресурс:

APA Style (2011), Available at: http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (accessed 5 February 2011).

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: http://www.scribd.com/doc/1034528/ (accessed 7 February 2011)

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ РЕЦЕНЗИИ

РЕЦЕНЗИЯ

на статью (Фамилии, инициалы авторов, полное название статьи)

Научное направление работы. Для мультидисциплинарных исследований указываются не более 3 научных направлений.

Класс статьи: оригинальное научное исследование, новые технологии, методы, фундаментальные исследования, научный обзор, дискуссия, обмен опытом, наблюдения из практики, практические рекомендации, рецензия, лекция, краткое сообщение, юбилей, информационное сообщение, решения съездов, конференций, пленумов.

Научная новизна: 1) Постановка новой проблемы, обоснование оригинальной теории, концепции, доказательства, закономерности. 2) Фактическое подтверждение собственной концепции, теории. 3) Подтверждение новой оригинальной заимствованной концепции. 4) Решение частной научной задачи. 5) Констатация известных фактов.

Оценка достоверности представленных результатов.

Практическая значимость. Предложены: 1) Новые методы. 2) Новая классификация, алгоритм. 3) Новые препараты, вещества, механизмы, технологии, результаты их апробации. 4) Даны частные или слишком общие, неконкретные рекомендации. 5) Практических целей не ставится.

Формальная характеристика статьи.

Стиль изложения − хороший, (не) требует правки, сокращения.

Таблицы − (не) информативны, избыточны.

Рисунки − приемлемы, перегружены информацией, (не) повторяют содержание таблиц.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Статья актуальна, обладает научной и практической новизной, рекомендуется для печати.

Рецензент Фамилия, инициалы

Полные сведения о рецензенте: Фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень и ученое звание, должность, сведения об учреждении (название с указанием ведомственной принадлежности), адрес с почтовым индексом, номер телефона и факса с кодом города).

Дата Подпись

Подлинность подписи рецензента подтверждаю: Секретарь

Печать учреждения

ПРАВИЛА ТРАНСЛИТЕРАЦИИ

Произвольный выбор транслитерации неизбежно приводит к многообразию вариантов представления фамилии одного автора и в результате затрудняет его идентификацию и объединение данных о его публикациях и цитировании под одним профилем (идентификатором – ID автора)

Представление русскоязычного текста (кириллицы) по различным правилам транслитерации (или вообще без правил) ведет к потере необходимой информации в аналитической системе SCOPUS.

НАЗВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ

Использование общепринятого переводного варианта названия организации является наиболее предпочтительным. Употребление в статье официального, без сокращений, названия организации на английском языке позволит наиболее точно идентифицировать принадлежность авторов, предотвратит потери статей в системе анализа организаций и авторов. Прежде всего, это касается названий университетов и других учебных заведений, академических и отраслевых институтов. Это позволит также избежать расхождений между вариантами названий организаций в переводных, зарубежных и русскоязычных журналах. Исключение составляют не переводимые на английский язык наименования фирм. Такие названия, безусловно, даются в транслитерированном варианте.

Употребление сокращений или аббревиатур способствует потере статей при учете публикаций организации, особенно если аббревиатуры не относятся к общепринятым.

Излишним является использование перед основным названием принятых в последние годы составных частей названий организаций, обозначающих принадлежность ведомству, форму собственности, статус организации («Учреждение Российской академии наук…», «Федеральное государственное унитарное предприятие…», «ФГОУ ВПО…», «Национальный исследовательский…» и т.п.), что затрудняет идентификацию организации.

В свете постоянных изменений статусов, форм собственности и названий российских организаций (в т.ч. с образованием федеральных и национальных университетов, в которые в настоящее время вливаются большое количество активно публикующихся государственных университетов и институтов) существуют определенные опасения, что еще более усложнится идентификация и установление связей между авторами и организациями. В этой ситуации **желательно в статьях указывать полное название организации**, включенной, например, в федеральный университет, **если она сохранила свое прежнее название.** В таком случае она будет учтена и в своем профиле, и в профиле федерального университета.

Например, варианты Таганрогский технологический институт Южного федерального университета:

Taganrogskij Tekhnologicheskij Institut Yuzhnogo Federal’nogo Universiteta;

Taganrog Technological Institute, South Federal University

В этот же профиль должны войти и прежние названия этого университета.

Для национальных исследовательских университетов важно сохранить свое основное название.

(В соответствии с рекомендациями О.В. Кирилловой, к.т.н., заведующей отделением ВИНИТИ РАН, члена Экспертного совета (CSAB) БД SCOPUS)

АВТОРСКИЕ РЕЗЮМЕ (АННОТАЦИИ) НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Необходимо иметь в виду, что аннотации (рефераты, авторские резюме) на английском языке в русскоязычном издании являются для иностранных ученых и специалистов основным и, как правило, единственным источником информации о содержании статьи и изложенных в ней результатах исследований. Зарубежные специалисты по аннотации оценивают публикацию, определяют свой интерес к работе российского ученого, могут использовать ее в своей публикации и сделать на неё ссылку, открыть дискуссию с автором,

запросить полный текст и т.д. Аннотация на английском языке на русскоязычную статью по объему может быть больше аннотации на русском языке, так как за русскоязычной аннотацией идет полный текст на этом же языке.

Аналогично можно сказать и об аннотациях к статьям, опубликованным на английском языке. Но даже в требованиях зарубежных издательств к статьям на английском языке указывается на объем аннотации в размере 100–250 слов.

Перечислим обязательные качества аннотаций на английском языке к русскоязычным статьям. Аннотации должны быть:

– информативными (не содержать общих слов);
– оригинальными (не быть калькой русскоязычной аннотации);
– содержательными (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
– структурированными (следовать логике описания результатов в статье);
– «англоязычными» (написаны качественным английским языком);
– компактными (укладываться в объем от 100 до 250 слов).

В аннотациях, которые пишут наши авторы, допускаются самые элементарные ошибки. Чаще всего аннотации представляют прямой перевод русскоязычного варианта, изобилуют общими, ничего не значащими словами, увеличивающими объем, но не способствующими раскрытию содержания и сути статьи. А еще чаще объем аннотации составляет всего несколько строк (3-5). При переводе аннотаций не используется англоязычная специальная терминология, что затрудняет понимание текста зарубежными специалистами. В зарубежной БД такое представление содержания статьи совершенно неприемлемо.

Опыт показывает, что самое сложное для российского автора при подготовке аннотации – представить кратко результаты своей работы. Поэтому одним из проверенных вариантов аннотации является краткое повторение в ней структуры статьи, включающей введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение. Такой способ составления аннотаций получил распространение и в зарубежных журналах.

В качестве помощи для написания аннотаций (рефератов) можно рекомендовать, по крайней мере, два варианта правил. Один из вариантов – российский ГОСТ 7.9-95 «Реферат и аннотация. Общие требования», разработанный специалистами ВИНИТИ.

Второй – рекомендации к написанию аннотаций для англоязычных статей, подаваемых в журналы издательства Emerald (Великобритания). При рассмотрении первого варианта необходимо учитывать, что он был разработан, в основном, как руководство для референтов, готовящих рефераты для информационных изданий. Второй вариант – требования к аннотациям англоязычных статей. Поэтому требуемый объем в 100 слов в нашем случае, скорее всего, нельзя назвать достаточным. Ниже приводятся выдержки из указанных двух вариантов. Они в значительной степени повторяют друг друга, что еще раз подчеркивает важность предлагаемых в них положений. Текст ГОСТа незначительно изменен с учетом специфики рефератов на английском языке.

КРАТКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПИСАНИЮ АВТОРСКИХ РЕЗЮМЕ (АННОТАЦИЙ, РЕФЕРАТОВ К СТАТЬЯМ)
(подготовлены на основе ГОСТ 7.9-95)

Авторское резюме ближе по своему содержанию, структуре, целям и задачам к реферату. Это – краткое, точное изложение содержания документа, включающее основные фактические сведения и выводы описываемой работы.

Текст авторского резюме (в дальнейшем – реферата) должен быть лаконичен и четок, свободен от второстепенной информации, отличаться убедительностью формулировок.

Объем реферата должен включать минимум 100–250 слов (по ГОСТу – 850 знаков, не менее 10 строк).

Реферат включает следующие аспекты содержания статьи:

– предмет, тему, цель работы;
– метод или методологию проведения работы;
– результаты работы;
– область применения результатов;
– выводы.

Последовательность изложения содержания статьи можно изменить, начав с изложения результатов работы и выводов.

Предмет, тема, цель работы указываются в том случае, если они не ясны из заглавия статьи.

Метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы. В рефератах документов, описывающих экспериментальные работы, указывают источники данных и характер их обработки.

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте реферата. Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения, в реферате не приводятся.

В тексте реферата следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций (не применимых в научном английском языке).

В тексте реферата на английском языке следует применять терминологию, характерную для иностранных специальных текстов. Следует избегать употребления терминов, являющихся прямой калькой русскоязычных терминов. Необходимо соблюдать единство терминологии в пределах реферата.

В тексте реферата следует применять значимые слова из текста статьи.

Сокращения и условные обозначения, кроме общеупотребительных (в том числе в англоязычных специальных текстах), применяют в исключительных случаях или дают их определения при первом употреблении.

Единицы физических величин следует приводить в международной системе СИ.

Допускается приводить в круглых скобках рядом с величиной в системе СИ значение величины в системе единиц, использованной в исходном документе.

Таблицы, формулы, чертежи, рисунки, схемы, диаграммы включаются только в случае необходимости, если они раскрывают основное содержание документа и позволяют сократить объем реферата.

Формулы, приводимые неоднократно, могут иметь порядковую нумерацию, причем нумерация формул в реферате может не совпадать с нумерацией формул в оригинале.

В реферате не делаются ссылки на номер публикации в списке литературы к статье.

Объем текста реферата в рамках общего положения определяется содержанием документа (объемом сведений, их научной ценностью и/или практическим значением).

ВЫДЕРЖКА ИЗ РЕКОМЕНДАЦИЙ АВТОРАМ ЖУРНАЛОВ ИЗДАТЕЛЬСТВА EMERALD

(http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/abstracts.htm)

Авторское резюме (реферат, abstract) является кратким резюме большей по объему работы, имеющей научный характер, которое публикуется в отрыве от основного текста и, следовательно, само по себе должно быть понятным без ссылки на саму публикацию. Оно должно излагать существенные факты работы и не должно преувеличивать или содержать материал, который отсутствует в основной части публикации.

Авторское резюме выполняет функцию справочного инструмента (для библиотеки, реферативной службы), позволяющего читателю понять, следует ли ему читать или не читать полный текст.

Авторское резюме включает:

1. Цель работы в сжатой форме. Предыстория (история вопроса) может быть приведена только в том случае, если она связана контекстом с целью.

2. Кратко излагая основные факты работы, необходимо помнить следующие моменты:

– необходимо следовать хронологии статьи и использовать ее заголовки в качестве руководства;

– не включать несущественные детали (см. пример «Как не надо писать реферат»);

– вы пишете для компетентной аудитории, поэтому вы можете использовать техническую (специальную) терминологию вашей дисциплины, четко излагая свое мнение и имея также в виду, что вы пишете для международной аудитории;

– текст должен быть связным с использованием слов «следовательно», «более того», «например», «в результате» и т.д. («consequently», «moreover», «for example»,» the benefits of this study», «as a result» etc.), либо разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать одно из другого;

– необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т.е. «The study tested», но не «It was tested in this study» (частая ошибка российских аннотаций);

– стиль письма должен быть компактным (плотным), поэтому предложения, вероятнее всего, будут длиннее, чем обычно.

П р и м е р ы , как не надо писать реферат, приведены на сайте издательства (**http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/abstracts.htm?part=3&**). Как видно из примеров, не всегда большой объем означает хороший реферат.

На сайте издательства также приведены примеры хороших рефератов для различных типов статей (обзоры, научные статьи, концептуальные статьи, практические статьи) **http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/abstracts.htm?part=2&PHPSESSID=hdac5rtkb73ae013ofk4g8nrv1.**

(В соответствии с рекомендациями О.В. Кирилловой, к.т.н., заведующей отделением ВИНИТИ РАН, члена Экспертного совета (CSAB) БД SCOPUS)

ПРИСТАТЕЙНЫЕ СПИСКИ ЛИТЕРАТУРЫ

Списки литературы представляются в двух вариантах:

1. В соответствии с с ГОСТ Р 7.0.5 2008 (русскоязычный вариант вместе с зарубежными источниками).

2. Вариант на латинице, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники.

Правильное описание используемых источников в списках литературы является залогом того, что цитируемая публикация будет учтена при оценке научной деятельности ее авторов, следовательно (по цепочке) – организации, региона, страны. По цитированию журнала определяется его научный уровень, авторитетность, эффективность деятельности его редакционного совета и т.д. Из чего следует, что наиболее значимыми составляющими в библиографических ссылках являются фамилии авторов и названия журналов. Причем для того, чтобы все авторы публикации были учтены в системе, необходимо в описание статьи вносить всех авторов, не сокращая их тремя, четырьмя и т.п. Заглавия статей в этом случае дают дополнительную информацию об их содержании и в аналитической системе не используются, поэтому они могут опускаться.

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry,* 2008, no. 11, pp. 54–57.

Такая ссылка позволяет проводить анализ по авторам и названию журнала, что и является ее главной целью.

Ни в одном из зарубежных стандартов на библиографические записи не используются разделительные знаки, применяемые в российском ГОСТе («//» и «–»).

В Интернете существует достаточно много бесплатных программ для создания общепринятых в мировой практике библиографических описаний на латинице.

Ниже приведены несколько ссылок на такие сайты:

http://www.easybib.com/
http://www.bibme.org/

http://www.sourceaid.com/

При составлении списков литературы для зарубежных БД важно понимать, что чем больше будут ссылки на российские источники соответствовать требованиям, предъявляемым к иностранным источникам, тем легче они будут восприниматься системой. И чем лучше в ссылках будут представлены авторы и названия журналов (и других источников), тем точнее будут статистические и аналитические данные о них в системе SCOPUS.

Ниже приведены примеры ссылок на российские публикации в соответствии с вариантами, описанными выше.

Статьи из журналов:

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2008, no. 11, pp. 54–57.

Dyachenko, V.D., Krivokolysko, S.G., Nesterov, V.N., and Litvinov, V.P., *Khim. Geterotsikl. Soedin*., 1996, no. 9, p. 1243.

Статьи из электронных журналов описываются аналогично печатным изданиям с дополнением данных об адресе доступа.

П р и м е р описания статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P., *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, Vol. 5, No. 2, available at: www. ascusc.org/ jcmc/vol5/ issue2.

Материалы конференций:

Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma «ovye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi*» (Proc. 6th Int. Technol. Symp. «New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact»). Moscow, 2007, pp. 267–272.

Главное в описаниях конференций – название конференции на языке оригинала (в транслитерации, если нет ее английского названия), выделенное курсивом. В скобках дается перевод названия на английский язык. Выходные данные (место проведения конференции, место издания, страницы) должны быть представлены на английском языке.

Книги (монографии, сборники, материалы конференций в целом):

Belaya kniga po nanotekhnologiyam: issledovaniya v oblasti nanochastits, nanostruktur i nanokompozitov v Rossiiskoi Federatsii (po materialam Pervogo Vserossiiskogo soveshchaniya uchenykh, inzhenerov i proizvoditelei v oblasti nanotekhnologii [White Book in Nanotechnologies: Studies in the Field of Nanoparticles, Nanostructures and Nanocomposites in the Russian Federation: Proceedings of the First All-Russian Conference of Scientists, Engineers and Manufacturers in the Field of Nanotechnology]. Moscow, LKI, 2007.

Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'tvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p.

From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union [*Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstvija razrushenija SSSR*]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Kanevskaya R.D. *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov* (Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development). Izhevsk, 2002. 140 p.

Latyshev, V.N., *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friktsionnye protsessy pri rezanie metallov* (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting), Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009.

Ссылка на Интернет-ресурс:

APA Style (2011), Available at: http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (accessed 5 February 2011).

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: http://www.scribd.com/doc/1034528/ (accessed 7 February 2011)

Как видно из приведенных примеров, чаще всего, название источника, независимо от того, журнал это, монография, сборник статей или название конференции, выделяется курсивом. Дополнительная информация – перевод на английский язык названия источника приводится в квадратных или круглых скобках шрифтом, используемым для всех остальных составляющих описания.

Из всего вышесказанного можно сформулировать следующее краткое резюме в качестве рекомендаций по составлению ссылок в романском алфавите в англоязычной части статьи и пристатейной библиографии, предназначенной для зарубежных БД:

1. Отказаться от использования ГОСТ 5.0.7. Библиографическая ссылка.

2. Следовать правилам, позволяющим легко идентифицировать 2 основных элемента описаний – авторов и источник.

3. Не перегружать ссылки транслитерацией заглавий статей, либо давать их совместно с переводом.

4. Придерживаться одной из распространенных систем транслитерации фамилий авторов, заглавий статей (если их включать) и названий источников.

5. При ссылке на статьи из российских журналов, имеющих переводную версию, лучше давать ссылку на переводную версию статьи.

(В соответствии с рекомендациями О.В. Кирилловой, к.т.н., заведующей отделением ВИНИТИ РАН, члена Экспертного совета (CSAB) БД SCOPUS)

Оплата издательских расходов составляет:

3500 руб. – для физических лиц;
4200 руб. – для юридических лиц.

Для оформления финансовых документов на юридические лица просим предоставлять ФИО директора или иного лица, уполномоченного подписывать договор, телефон (обязательно), реквизиты организации.

Банковские реквизиты:
Получатель: ООО «Организационно-методический отдел Академии Естествознания» или ООО «Оргметодотдел АЕ»*

*** Просим указывать только одно из предоставленных названий организации. Иное сокращение наименования организации получателя не допускается. При ином сокращении наименования организации денежные средства не будут получены на расчетный счет организации!!!**

ИНН 6453117343

КПП 645301001

р/с 40702810300540002324

Банк получателя: Саратовский филиал ОАО «Банк Москвы»

к/с 30101810300000000836

БИК 046311836

Назначение платежа*: Издательские услуги. Без НДС. ФИО автора.
*В случае иной формулировки назначения платежа будет осуществлен возврат денежных средств!

Копия платежного поручения высылается через «Личный портфель автора», по e-mail: edition@rae.ru или по факсу +7 (8412) 56-17-69.

Библиотеки, научные и информационные организации, получающие обязательный бесплатный экземпляр печатных изданий

№ п/п	Наименование получателя	Адрес получателя
1.	Российская книжная палата	121019, г. Москва, Кремлевская наб., 1/9
2.	Российская государственная библиотека	101000, г. Москва, ул.Воздвиженка, 3/5
3.	Российская национальная библиотека	191069, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, 18
4.	Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук	630200, г. Новосибирск, ул. Восход, 15
5.	Дальневосточная государственная научная библиотека	680000, г. Хабаровск, ул. Муравьева-Амурского, 1/72
6.	Библиотека Российской академии наук	199034, г. Санкт-Петербург, Биржевая линия, 1
7.	Парламентская библиотека аппарата Государственной Думы и Федерального собрания	103009, г. Москва, ул.Охотный ряд, 1
8.	Администрация Президента Российской Федерации. Библиотека	103132, г. Москва, Старая пл., 8/5
9.	Библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова	119899, г. Москва, Воробьевы горы
10.	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	103919, г. Москва, ул.Кузнецкий мост, 12
11.	Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы	109189, г. Москва, ул. Николоямская, 1
12.	Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук	117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, 51/21
13.	Библиотека по естественным наукам Российской академии наук	119890, г. Москва, ул. Знаменка, 11/11
14.	Государственная публичная историческая библиотека Российской Федерации	101000, г. Москва, Центр, Старосадский пер., 9
15.	Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук	125315, г. Москва, ул.Усиевича, 20
16.	Государственная общественно-политическая библиотека	129256, г. Москва, ул.Вильгельма Пика, 4, корп. 2
17.	Центральная научная сельскохозяйственная библиотека	107139, г. Москва, Орликов пер., 3, корп. В
18.	Политехнический музей. Центральная политехническая библиотека	101000, г. Москва, Политехнический пр-д, 2, п.10
19.	Московская медицинская академия имени И.М. Сеченова, Центральная научная медицинская библиотека	117418, г. Москва, Нахимовский пр-кт, 49
20.	ВИНИТИ РАН (отдел комплектования)	125190, г. Москва, ул. Усиевича, 20, комн. 401.

ЗАКАЗ ЖУРНАЛА «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

Для приобретения журнала необходимо:
1. Оплатить заказ.
2. Заполнить форму заказа журнала.
3. Выслать форму заказа журнала и сканкопию платежного документа в редакцию журнала по **e-mail: edition@rae.ru.**

Стоимость одного экземпляра журнала (с учетом почтовых расходов):

Для физических лиц – 1150 рублей.
Для юридических лиц – 1850 рублей.
Для иностранных ученых – 1850 рублей.

ФОРМА ЗАКАЗА ЖУРНАЛА

Информация об оплате способ оплаты, номер платежного документа, дата оплаты, сумма	
Сканкопия платежного документа об оплате	
ФИО получателя полностью	
Адрес для высылки заказной корреспонденции индекс обязательно	
ФИО полностью первого автора запрашиваемой работы	
Название публикации	
Название журнала, номер и год	
Место работы	
Должность	
Ученая степень, звание	
Телефон указать код города	
E-mail	

Образец заполнения платежного поручения:

Получатель ИНН 6453117343 КПП 645301001 ООО «Организационно-методический отдел Академии Естествознания»	Сч. №	40702810300540002324
Банк получателя	БИК	046311836
Саратовский филиал ОАО «Банк Москвы»	к/с	30101810300000000836

НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАТЕЖА: «ИЗДАТЕЛЬСКИЕ УСЛУГИ. БЕЗ НДС. ФИО»

Особое внимание обратите на точность почтового адреса с индексом, по которому вы хотите получать издания. На все вопросы, связанные с подпиской, Вам ответят по телефону: 841-2-56-17-69.

По запросу (факс 841-2-56-17-69, E-mail: stukova@rae.ru) высылается счет для оплаты подписки и счет-фактура.

ОБРАЗЕЦ КВИТАНЦИИ

Извещение

СБЕРБАНК РОССИИ *Форма № ПД-4*

ООО «Организационно-методический отдел»
Академии Естествознания

(наименование получателя платежа)

ИНН 6453117343	40702810300540002324
(ИНН получателя платежа)	(номер счёта получателя платежа)

Саратовский филиал ОАО «Банк Москвы»

(наименование банка получателя платежа)

БИК 046311836	30101810300000000836
КПП 645301001	(№ кор./сч. банка получателя платежа)

Ф.И.О. плательщика _____

Адрес плательщика _____

Подписка на журнал «_____»

(наименование платежа)

Сумма платежа _____ руб. ____ коп. Сумма оплаты за услуги _____ руб. ____ коп.

Итого _____ руб. ____ коп. «____»_____ 201_ г.

Кассир

С условиями приёма указанной в платёжном документе суммы, в т.ч. суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

Подпись плательщика_____

Квитанция

СБЕРБАНК РОССИИ *Форма № ПД 4*

ООО «Организационно-методический отдел» -
Академии Естествознания

(наименование получателя платежа)

ИНН 6453117343	40702810300540002324
(ИНН получателя платежа)	(номер счёта получателя платежа)

Саратовский филиал ОАО «Банк Москвы»

(наименование банка получателя платежа)

БИК 046311836	30101810300000000836
КПП 645301001	(№ кор./сч. банка получателя платежа)

Ф.И.О. плательщика _____

Адрес плательщика _____

Подписка на журнал «_____»

(наименование платежа)

Сумма платежа _____ руб. ____ коп. Сумма оплаты за услуги _____ руб. ____ коп.

Итого _____ руб. ____ коп. «____»_____ 201_ г.

С условиями приёма указанной в платёжном документе суммы, в т.ч. суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

Кассир

Подпись плательщика_____