ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
«АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 11 2012
Часть 2

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 25.10.2012

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

Технический редактор
Кулакова Г.А.
Корректор
Сватковская С.В,

Усл. печ. л. 31,88.
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 2
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

Биологические науки

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
Евдокимова О.Ю. 277

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГЛИАЛЬНО-СИНАПТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ТРАНСПЛАНТИРОВАННОЙ НЕРВНОЙ ТКАНИ
Журавлева З.Н., Журавлев Г.И., Муганцева Е.А. 283

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ГЕНОМА БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ I ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОЯДЕРНОГО ТЕСТА В БУККАЛЬНОМ ЭПИТЕЛИИ
Калаев В.Н., Красножон К.Б., Игнатова И.В. 288

ФАКТОРЫ ПЕРСИСТЕНЦИИ STAPHYLOCOCCUS AUREUS ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРЕПАРАТОВ ИНДУКТОРОВ ЭНДОГЕННОГО ИНТЕРФЕРОНА
Киргизова С.Б. 296

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МЕМБРАННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ В НОРМЕ И ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПАТОЛОГИИ ОРГАНИЗМА
Кочарли Н.К., Гумматова С.Т., Абдуллаев Х.Д., Зейналова Н.М. 299

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ CSN3, BPRL И BGH У КОРОВ КОСТРОМСКОЙ ПОРОДЫ В СВЯЗИ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ
Перчун А.В., Лазебная И.В., Белокуров С.Г., Рузина М.Н., Сулимова Г.Е. 304

АДАПТАЦИЯ ВИДОВ РОДА ROSA L. В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
Резанова Т.А., Сорокопудов В.Н., Свинарев Е.Н., Евтухова М.В., Сорокопудова О.А., Нетребенко Н.Н. 309

ДИНАМИКА ИЗБИРАЕМЫХ И ЛЕТАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР МОЛОДИ РЕЧНОГО ОКУНЯ PERCA FLUVIATILIS L. В ТЕЧЕНИЕ ПЕРВОГО МЕСЯЦА ЖИЗНИ
Смирнов А.К., Смирнова Е.С. 313

РОЛЬ IP_3-ЗАВИСИМОЙ МОБИЛИЗАЦИИ КАЛЬЦИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ПОСТГИПОКСИЧЕСКОЙ ГИПЕРВОЗБУДИМОСТИ НЕЙРОНОВ ГИППОКАМПА
Туровская М.В., Туровский Е.А., Зинченко В.П. 317

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ МЕТАБОЛИЗМА ЭНДОКАННАБИНОИДОВ НА ЭПИЛЕПТИЧЕСКИЙ СТАТУС У МОРСКИХ СВИНОК
Шубина Л.В., Кичигина В.Ф. 321

Педагогические науки

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ САМОРАЗВИТИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Вековцева Т.А. 326

УЧИТЕЛЬ – ПОЗНАЮЩИЙ И ОРГАНИЗУЮЩИЙ СУБЪЕКТ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО ПРОЦЕССА: УРОВНИ ОБЩЕГО ПРОФЕССИОНАЛИЗМА
Едуш И.В., Молодцова Т.Д. 331

РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КУРСОВ ФИЗИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Клещёва Н.А., Шилова Е.С. 336

Сельскохозяйственные науки

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ШПИНАТА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Авдеенко С.С. 341

Социологические науки

ФАКТОРЫ АКТИВНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ РОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖИ
Авакян А.А. *345*

ОБ ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ
Гринкруг Л.С., Мердеева Б.С., Фишман Б.Е. *349*

СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЗОВАНИЯ КАК ФАКТОРА ФОРМИРОВАНИЯ «СРЕДНЕГО КЛАССА»
Замогильный С.И., Горемыко М.В. *354*

ИНТЕГРАЦИЯ ПОСТСОВЕТСКОГО ПРОСТРАНСТВА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
Логашенко Ю.А., Гайдукова Г.Н. *358*

Технические науки

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ОЛИГОПЕПТИДОВ НА АГРЕГАТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СУСПЕНЗИЙ АЛЮМОСИЛИКАТОВ
Баталин Б.С., Южаков К.Н., Нечаева А.Е., Хорошавина А.И. *362*

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛИ МАРКИ 13ХФА И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ИНИЦИИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПИТТИНГООБРАЗОВАНИЯ
Беликов С.В., Сергеева К.И., Карабаналов М.С., Россина Н.Г., Попов А.А. *367*

ПОЛУЧЕНИЕ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ОСАЖДЕНИЯ
Вакулов Д.Е., Вакулов З.Е., Замбург Е.Г., Ивонин М.Н., Шумов А.В. *373*

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ПОВЫШЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ
Ветров В.В., Дунаев В.А., Костяной Е.М., Морозов В.В. *377*

ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНОВЫХ БЕЛКОВ: ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ТЕПЛО-МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
Глотова И.А., Ряжских В.И., Галочкина Н.А., Макаркина Е.Н., Галочкин М.Н. *383*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ
Гусев Е.Ю., Гамалеев В.А., Михно А.С., Мироненко О.О. *389*

СКОРОСТЬ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0 ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В СРЕДЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ
Замараев Л.М., Смирнов С.В., Матафонов П.П. *392*

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СВЕРХПЛОТНОЙ ТОПОЛОГИИ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОЙ ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ МЕМРИСТОРНЫХ МАССИВОВ
Калашников Г.В., Ковалев А.В., Бирюков М.И. *397*

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЛОКИ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ ПЛИС НА ОСНОВЕ МЕМРИСТОРНЫХ ЯЧЕЕК ПАМЯТИ
Кальсков А.В., Ковалев А.В., Коробкова А.И. *402*

ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫЕ АСИНХРОННЫЕ РЕГИСТРЫ НА ОСНОВЕ МЕМРИСТОРОВ ДЛЯ НИЗКОПОТРЕБЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
Ковалев А.В., Малюков С.П., Пермяков Н.В. 406

СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕМРИСТОРА В САПР CADENCE
Коноплев Б.Г., Ковалев А.В., Кальсков В.В., Лукьяненко Е.Б., Кальсков А.В., Комаров И.А. 412

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МЕМРИСТОРОВ
Кравченко Е.И., Петров В.В., Рыжук Р.В. 416

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ САПР СФ-БЛОКОВ СБИС НА ОСНОВЕ МЕМРИСТОРОВ
Кулаков А.А., Ковалев А.В., Затылкин А.В. 420

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТКАНИ
Куликова И.В., Малюков С.П., Бростилов С.А. 425

ПРЯМОЛИНЕЙНЫЙ СТЕРЖНЕВОЙ КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ РАСЧЕТА КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПУТЕЙ
Лоскутов Ю.В., Гизатуллин Р.Г. 430

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ МЕМРИСТОРОВ
Малюков С.П.,Клунникова Ю.В., Ковалев А.В., Лашков А.В. 435

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ВНУТРИ КАНАЛОВ ВЫСОКОПОРИСТОГО ЯЧЕИСТОГО МАТЕРИАЛА
Митричев И.И., Кольцова Э.М., Женса А.В. 440

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР
Мясоедова Т.Н., Моисеева Т.А., Петров В.В., Кошелева Н.Н. 447

МЕТРИКА ПРИ СВЕРТОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ
Никитин О.Р., Полушин П.А., Ульянова Е.В., Синицын Д.В. 450

3D-ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, КАК СОВРЕМЕННЫЙ ДИДАКТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Новгородова Н.Г. 454

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВА НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ «ТЭН-ПЕСОК-ВОЗДУХ»
Телков М.Г., Тимошенко П.О., Суханов И.А., Наимов А.Н., Синицын А.А. 458

К ПРОБЛЕМЕ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОВ
Чернов В.В. 463

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ ВСАСЫВАЮЩЕГО ЗАБОРНОГО УСТРОЙСТВА ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ
Шиманова А.А. 466

Фармацевтические науки

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕПАРАТИВНЫХ СВОЙСТВ ФИТОГЕЛЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ЭКСТРАКТЫ ЧАБРЕЦА И СОЛОДКИ
Володина Т.А., Пеньевская Н.А., Викторов С.И., Огай М.А., Майорова А.В. 472

Философские науки

ОБРАЗОВАНИЕ КАК СТАНОВЛЕНИЕ ДУХОВНОГО ЧЕЛОВЕКА
Кузнецова А.Я. 478

Химические науки

ПОЛУЧЕНИЕ ВОЛОКОН ИЗ ВТОРИЧНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ ЦЕНТРОБЕЖНО-ФИЛЬЕРНЫМ СПОСОБОМ
Кулага И.Г., Маланова Н.В., Бордунов С.В., Жиганов А.Н., Косинцев В.И. 483

Экономические науки

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Батаева Я.Д., Исраилов М.В. 488

МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ТРАНСФЕРА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Карташов Е.Ф. 493

ФИНАНСОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ
Коокуева В.В. 498

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 503

CONTENTS

Biological sciences

FACTOR ANALYSIS OF THE HYDROCHEMICAL INDICES DYNAMICS
Evdokimova O.Y. 277

EXPERIMENTAL STUDY OF GLIAL-SYNAPTIC INTERACTIONS
IN TRANSPLANTED NERVOUS TISSUE
Zhuravleva Z.N., Zhuravlev G.I., Mugantseva E.A. 283

EVALUATION OF PATIENTS WITH GENOME STABILITY OF TYPE I DIABETES
USING MICRONUCLEUS TEST NUCLEI OF BUCCAL EPITHELIUM
Kalaev V.N., Krasnozhon K.B., Ignatova I.V. 288

THE PERSISTENCE FACTORS OF STAPHYLOCOCCUS AUREUS UNDER
THE INFLUENCE DRUGS INDUCTORS OF ENDOGENOUS INTERFERON
Kirgizova C.B. 296

THE INFLUENCE OF IONS IN HEAVY METALS ON MEMBRANE STABILITY
OF ERYTHROCYTES IN NORMAL AND DIFFERENT
PATHOLOGIES OF ORGANISMS
Kocharli N.K., Hummatova S.T., Abdullayev K.D., Zeynalova N.M. 299

POLYMORPHISM OF CSN3, BGH AND BPRL GENES IN CONNECTION
WITH MILK QUALITY TRAITS IN KOSTROMA CATTLE BREED
Perchun A.V., Lazebnaya I.V., Belokurov S.G., Ruzina M.N., Sulimova G.E. 304

ADAPTATION OF KINDS OF SORT ROSA L. IN THE CONDITIONS
OF THE BELGOROD REGION
Rezanova T.A., Sorokopudov V.N., Svinarev E.N., Evtukhova M.V.,
Sorokopudova O.A., Netrebenko N.N. 309

DYNAMICS OF SELECTED AND LETHAL TEMPERATURE IN JUVENILE
PERCH PERCA FLUVIATILIS L. DURING THE FIRST MONTH OF LIFE
Smirnov A.K., Smirnova E.S. 313

ROLE IP_3-DEPENDENT CALCIUM MOBILIZATION IN THE GENERATION
OF POSTHYPOXICAL HYPEREXCITABILITY HIPPOCAMPAL NEURONS
Turovskaya M.V., Turovsky E.A., Zinchenko V.P. 317

INFLUENSE OF THE EDOCANNABINOIDS METABOLISM INHIBITORS
ON THE STATUS EPILEPTICUS IN GUINEA PIGS
Shubina L.V., Kitchigina V.F. 321

Pedagogical sciences

THE MAIN DIRECTIONS OF SELF-DEVELOPMENT OF A UNIVER-SITY
TEACHER IN THE PROFESSIONAL ACTIVITY
Vekovtseva T.A. 326

THE TEACHER IS A THINKING SUBJECT OF EXAMINATIONS
WHO ORGANIZES IT. THE STANDARDS OF COMMON PROFESSIONALISM
Edush I.V., Molodtsova T.D. 331

THE DEVELOPMENT OF SUPPLEMENTARY COURSES OF PHYSICAL
CONTENT IN THE SYSTEM OF ENGINEERING EDUCATION
Klescheva N.A., Shilova E.S. 336

Agricultural sciences

EXPERIENCE OF CULTIVATION OF SPINACH IN THE ROSTOV REGION
Avdeenko S.S. 341

Sociological sciences

FACTORS OF ACTIVE ECONOMIC BEHAVIOR OF MODERN RUSSIAN YOUTH
Avakyan A.A. 345

ABOUT INFORMATION SUPPORT OF RESEARCH OF SOCIAL REALITY'S OBJECTS
Grinkrug L.S., Merdeeva B.S., Fishman B.E. 349

SOCIOLOGICAL ASPECTS OF EDUCATION AS A FACTOR
IN THE FORMATION OF «MIDDLE CLASS»
Zamogilnyy S.I., Goremyko M.V. 354

INTEGRATION OF POST-SOVIET AREA:
PROBLEMS AND PERSPECTIVES
Logashenko Y.A., Gaidukova G.N. 358

Technical sciences

INFLUENCE ON COLLOIDAL SOLUTION OLIGOPEPTIDES AGGREGATE
STABILITY SUSPENSIONS ALUMINOSILICATE
Batalin B.S., Yuzhakov K.N., Nechayeva A.E., Khoroshavina A.I. 362

STUDY OF NONMETALLIC INCLUSIONS STRUCTURE IN 13CRV STEEL
AND THEIR EFFECTS ON INITIATION THE PROCESSES OF PITTING FORMATION
Belikov S.V., Sergeeva K.I., Karabanalov M.S., Rossina N.G., Popov A.A. 367

FORMING TRANSPARENT CONDUCTIVE NANOCRYSTALLINE
ZNO FILMS BY PULSED LASER DEPOSITION
Vakulov D.E., Vakulov Z.E., Zamburg E.G., Ivonin M.N., Shumov A.V. 373

REALIZATION OF THE CONCEPT INCREASING THE BALLISTIC
EFFICIENCY OF SHORT RANGE MISSILES
Vetrov V.V., Dunaev V.A., Kostyanoy E.M., Morozov V.V. 377

RECEIVING FUNCTIONAL DISPERSE SYSTEMS ON THE BASIS
OF COLLAGENIC PROTEINS: THE FORMALIZED APPROACH
TO THE DESCRIPTION WARM МАССООБМЕННЫХ PROCESSES
Glotova I.A., Ryazhskih V.I., Galochkina N.A., Makarkina E.N., Galochkin M.N. 383

ANALYSIS OF NANOCRYSTALLINE ZINC OXIDE FILM DEPOSITION
BY RF REACTIVE MAGNETRON SPUTTERING
Gusev E.Y., Gamaleev V.A., Mikhno A.S., Mironenko O.O. 389

SPEED OF SHORT-TERM CREEP OF TITANIC ALLOY BT1-0 AT HIGH
TEMPERATURES IN THE ENVIRONMENT OF INERT GASES
Zamaraev L.M., Smirnov S.V., Matafonov P.P. 392

METHOD OF LAYOUT SUPERDENSE NON-VOLATILE MEMORY
DESIGNING BASED ON MULTILAYER MEMRISTORS' ARRAYS
Kalashnikov G.V., Kovalev A.V., Birukov M.I. 397

FUNCTIONAL BLOCKS OF NON-VOLATILE FPGA BASED
ON MEMRISTORS' MEMORY CELLS
Kalskov A.V., Kovalev A.V., Korobkova A.I. 402

NONVOLATILE ASYNCHRONOUS REGISTERS BASED ON MEMRISTORS FOR LOW-POWER COMPUTING SYSTEMS
Kovalev A.V., Malukov S.P., Permyakov N.V. 406

SCHEMATIC MODEL OF MEMRISTOR FOR CADENCE SYSTEM
Konoplev B.G., Kovalev A.V., Kalskov V.V., Lukyanenko E.B., Kalskov A.V., Komarov I.A. 412

DEVICE FOR RESEARCH OF OPERATING AND ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS FOR CREATING OF MEMRISTORS
Kravchenko E.I., Petrov V.V., Ryzhuk R.V. 416

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MEMRISTOR BASED VLSI IP-CORES CAD
Kulakov A.A., Kovalev A.V., Zatylkin A.V. 420

MODELLING OF THERMAL EFFECT OF LASER RADIATION ON BIOLOGICAL TISSUE
Kulikova I.V., Malukov S.P., Brostilov S.A. 425

THE STRAIGHT ONE-DIMENSIONAL FINITE ELEMENT FOR CALCULATING OF COMPOSITE PIPELINES FOR WORKS BY HYDROMECHANIZATION FOR BETTERMENT OF FLOATING ROUTES
Loskutov Y.V., Gizatullin R.G. 430

DEVELOPMENT AND EXPLORATION OF MATHEMATICAL MODELS AND OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR MEMRISTOR'S SUBSTRATES PRODUCTION TECHNOLOGY
Malyukov S.P., Klunnikova Y.V., Kovalev A.V., Lashkov A.V. 435

COMPUTER SIMULATION OF GASODYNAMIC CONDITIONS IN CHANNELS OF OPEN-CELL FOAM
Mitrichev I.I., Koltsova E.M., Zhensa A.V. 440

DEVELOPMENT OF OXIDE MATERIALS FORMATION TECHNOLOGY FOR MEMRISTORS APPLICATION
Myasoedova T.N., Moiseeva T.A., Petrov V.V., Kosheleva N.N. 447

CONVOLUTIONAL METRIC FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING
Nikitin O.R., Polushin P.A., Ulyanova E.V., Sinitsyn D.V. 450

3D-VIZUALIZATSIYA, AS MODERN DIDACTIC TOOL OF THE HIGHEST PROFESSIONAL PEDAGOGICAL EDUCATION
Novgorodova N.G. 454

RESEARCH OF THE TEMPERATURE RATE IN THE HEATING PROCESS OF THE INHOMOGENEOUS MEDIUM «TURBULAR ELECTRIC HEATING ELEMENT – SAND – AIR»
Telkov M.G., Timoshenko P.O., Sukhanov I.A., Naimov A.N., Sinitsyn A.A. 458

ABOUT PROBLEMS WITH DEVELOPMENT OF WEB INTERFACES
Chernov V.V. 463

THEORETICAL BASIS OF WORK SUCTION FENCE DEVICE OF PNEUMATIC PLANTS
Shimanova A.A. 466

Pharmaceutical sciences

STUDY OF REPARATIVE PROPERTIES OF PHYTOGEL CONTAINING EXTRACTS OF THYME, GLYCYRRHIZA
Volodina T.A., Penevskaya N.A., Viktorov S.I., Ogay M.A., Majorova A.V. 472

Philosophical sciences

EDUCATION AS THE FORMATION OF THE SPIRITUAL MAN
Kuznetsova A.Y. *478*

Chemical sciences

PRODUCTION FIBRES FROM RECYCLABLE THERMOPLASTIC BY A CENTRIFUGAL DIE METHOD
Kulaga I.G., Malanova N.V., Bordunov S.V., Zhiganov A.N., Kocintsev V.I. *483*

Economic sciences

TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF THE INDUSTRIAL SECTOR OF THE ECONOMY OF THE CHECHEN REPUBLIC
Bataeva Y.D., Israilov M.V. *488*

MODERNIZATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION ON THE BASIS OF THE TRANSFER OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES
Kartashov E.F. *493*

FINANCIAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF EDUCATION IN RUSSIA
Kookueva V.V. *498*

RULES FOR AUTHORS *503*

УДК 556.531

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Евдокимова О.Ю.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, e-mail: engineer_87_87@mail.ru

Для снижения количества показателей и упрощения контроля предложена методика выбора приоритетных параметров качества речной воды. Приведены полная и частные корреляционные матрицы гидрохимических и микробиологических показателей проб речной воды из водозабора города Йошкар-Олы. Данные лабораторного анализа были получены из Аналитического центра контроля качества вод МУП «Водоканал». Показаны краткие методики факторного анализа и оценки адекватности выявленных закономерностей. Методика факторного анализа позволяет получить модели взаимного влияния факторов в виде показателей загрязнения речной воды. Оценка достоверности моделей проводится по критерию Фишера. Математическим моделированием выявлена общая биотехническая закономерность бинарных отношений между показателями загрязнения. По рейтингу определены сильные и слабые факторные связи и найдены шесть сильнейших связей, которые возникают при взаимодействии гидрохимических показателей.

Ключевые слова: проба воды, гидрохимический анализ, корреляционная матрица, модели

FACTOR ANALYSIS OF THE HYDROCHEMICAL INDICES DYNAMICS

Evdokimova O.Y.

Volga State Technological University, Yoshcar-Ola, e-mail: engineer_87_87@mail.ru

The paper under discussion covers the area of chemical engineering and deals with a problem of river water contaminating. Selection methods for quantity reduction of indicators and control simplification which are based on the factor analysis method of priority parameters of river water quality are recommended. Its key idea is to introduce methods of the cross-impact analysis of pollution indices as individual factors. Complete and partial correlation matrices of hydrochemical and microbiological indices of river water samples from water abstraction of Yoshcar-Ola are presented. Laboratory analysis data are obtained from the Analytical Center of Water Quality Control of MUP «Water canal». Factor analysis methods and adequacy estimation revealed patterns are shown in brief. General biotechnical pattern of binary relation between pollution index are revealed by mathematical modeling. Strong and weak factor connecting links by ranking and six strongest bonds arising from the interaction between hydrochemical indicators are determined.

Keywords: water sample, hydrochemical analysis, correlation matrix, models

Известно, что источником загрязнения водных объектов является сброс сточных вод с территории промышленных предприятий с химическими производствами. Поэтому проводится контроль ее качества, прежде всего, в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Методы определения показателей гидрохимического анализа, с помощью которых можно оценить качество воды, подробно рассматриваются в работе [8].

Гидрохимический анализ устанавливает состав загрязнения [1] и позволяет принять меры по снижению загрязненности. Для определения соотношений между показателями загрязнения речной воды применяется факторный анализ [3, 7].

Цель статьи – показать методику факторного анализа для изучения взаимосвязей между гидрохимическими показателями на примере результатов испытаний речной воды на загрязнение в месте водозабора реки Малая Кокшага города Йошкар-Олы.

Материалы и методы исследования

В табл. 1 приведен фрагмент данных гидрохимического и микробиологического анализа, полученных из Аналитического центра контроля качества вод МУП «Водоканал» г. Йошкар-Олы на загрязнение реки Малая Кокшага за 15 месяцев.

За период с июня 2009 по август 2010 года нами проведен поисковый анализ для выявления взаимного влияния факторов в виде показателей загрязнения речной воды. В дальнейшем с увеличением количества наблюдений можно выявить сезонные изменения параметров речной воды.

Программой наблюдений за качеством поверхностного водоисточника реки Малая Кокшага предусмотрено определение 46 параметров по физическим, бактериологическим и химическим показателям. Для факторного анализа нами отобрано 28 из-за неопределенности числовых значений показателей (напр., значения для ртути составляют < 0,00004 мг/л за весь период наблюдений).

Периодичность проведения лабораторного анализа – ежемесячно, поэтому каждая строка соответствует одной дате измерений.

Из известных методов факторного анализа (метод главных компонент, корреляционный анализ и метод максимального правдоподобия) нами применяется корреляционный анализ. При этом мы переходим на методологию эвристической, структурной и параметрической идентификации устойчивых законов [5].

Расчет описательной статистики [4] позволил установить, что по гидрохимическим показателям речной воды придется отказаться от вычисления средних арифметических значений и выявлять биотехнические закономерности [2, 3, 6, 7] по динамике загрязнения. Например, нельзя разрешать замену

15 членов ряда цветности речной воды средним арифметическим значением $\overline{x} = 23{,}27$ градуса, так как не соблюдается условие допустимости коэффициента вариации $V_\sigma = 355{,}80 >> [V_\sigma] = 30\,\%$.

Таблица 1

Результаты гидрохимического анализа (фрагмент) проб речной воды

Дата отбора проб речной воды	Органолептические показатели:		Обобщенные показатели:									
	Цветность, градус	Мутность, мг/л	РН	Сухой остаток, мг/л	Жесткость общ, градус	Щелочность, мг/л	Окисляемость, мгО/л	БПК-полное, мгО/л	Взвешенные вещества, мг/л	АПАВ, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	Фенольный индекс, мг/л
24.06.09	26	3,5	8,1	221	4,0	115,9	7,3	4,1	3,2	0,067	0,015	0,0006
08.07.09	17	2,4	8,2	214	3,6	109,8	5,5	2,6	2,1	0,060	0,015	0,0016
04.08.09	19	2,2	7,9	215	3,7	106,8	6,1	2,3	2,1	0,054	0,019	0,0020
02.09.09	18	1,2	8,0	229	4,2	103,7	6,4	1,3	1,0	0,052	0,007	0,0005
05.10.09	19	0,76	8,1	207	3,9	112,9	6,6	1,0	0,7	0,052	0,009	0,0005
11.11.09	15	2,2	7,9	220	4,0	106,8	5,1	2,3	2,5	0,015	0,010	0,0013
02.12.09	11	1,2	8,0	252	4,5	115,9	4,0	1,1	1,0	0,030	0,009	0,0005
20.01.10	10	2,0	7,6	280	4,9	137,3	4,0	2,1	3,0	0,024	0,019	0,0016
03.02.10	10	3,5	7,3	286	4,9	137,3	3,3	3,3	3,4	0,016	0,017	0,0007
29.03.10	8	2,2	7,6	259	4,6	131,2	2,9	2,2	3,0	0,031	0,017	0,0010
05.04.10	100	19,5	7,7	138	2,1	54,9	13,6	18,0	19,3	0,071	0,025	0,0011
05.05.10	27	5,9	8,3	192	3,5	94,6	5,7	5,9	5,8	0,060	0,021	0,0013
02.06.10	18	3,9	7,9	215	3,9	112,9	6,1	4,0	3,7	0,039	0,018	0,0008
14.07.10	25	1,2	7,9	226	3,7	112,9	5,6	1,2	1,2	0,041	0,013	0,0021
10.08.10	26	1,3	7,9	217	4,0	119,0	6,5	1,2	1,1	0,041	0,023	0,0015

Результаты исследования и их обсуждение

Из 28 факторов (цветности, мутности, pH, концентрации железа, меди) составлена полная корреляционная матрица монарных (ранговых) и бинарных связей и получено $28^2 = 784$ биотехнических закономерностей, адекватность которых показана значениями коэффициента корреляции (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционная матрица полного факторного анализа (фрагмент)

Влияющие факторы *x*	Зависимые факторы									
	Цветность, градус	Мутность, мг/л	РН	Сухой остаток, мг/л	Жесткость общ, градус	Щелочность, мг/л	Окисляемость, мгО/л	БПК-полное, мгО/л	Взвешенные вещ-ва, мг/л	АПАВ, мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Цветность, градус	0,9564	0,9593	0,7414	0,9120	0,9282	0,8923	0,9645	0,9506	0,9556	0,7680
Мутность, мг/л	0,9629	0,9428	0,2009	0,6712	0,7766	0,8133	0,8571	0,9988	0,9964	0,4572
РН	0,0246	0,1600	0,9977	0,5054	0,3706	0,3524	0,1685	0,1410	0,2063	0,5890
Сухой остаток, мг/л	0,9810	0,9574	0,8604	0,9482	0,9660	0,9299	0,9411	0,9500	0,9464	0,7205
Жесткость общ, град	0,9827	0,9572	0,6824	0,9766	0,9807	0,9416	0,9257	0,9491	0,9479	0,7618
Щелочность, мг/л	0,9702	0,9605	0,3349	0,9441	0,9414	0,9788	0,9107	0,9519	0,9526	0,7618
Окисляемость,мгО/л	0,9868	0,9560	0,7597	0,9005	0,8937	0,8810	0,8641	0,9467	0,9335	0,7883
БПК-полное, мгО/л	0,9641	0,9993	0,1382	0,6799	0,7819	0,8169	0,8592	0,9147	0,9953	0,4803
Взв-ые вещ-ва, мг/л	0,9608	0,9966	0,2690	0,6780	0,7666	0,8047	0,8563	0,9942	0,9155	0,4314
АПАВ, мг/л	0,7558	0,8430	0,6219	0,7743	0,7737	0,6523	0,7592	0,8295	0,8260	0,9922
Нефтепродукты, мг/л	0,7740	0,8268	0,2778	0,5395	0,6851	0,6178	0,4441	0,7948	0,9113	0,4017
Фенол. индекс, мг/л	0,0461	0,0243	0,0420	0,1310	0,2503	0,0392	0,0124	0,0309	0,0088	0,0141
Аммоний сол., мг/л	0,9541	0,9588	0,5834	0,0092	0,1266	0,0973	0,3467	0,9477	0,9568	0,0377

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нитрит-ион, мг/л	0,9593	0,9565	0,2074	0,6941	0,8097	0,8068	0,8576	0,9461	0,9549	0,5741
Нитрат-ион, мг/л	0,0334	0,2168	0,5611	0,2251	0,0871	0,1020	0,1195	0,2047	0,2547	0,2461
Сульфат-ион, мг/л	0,2648	0,4582	0,5398	0,2536	0,1371	0,0792	0,0788	0,4043	0,4401	0,3239
Фосфат-ион, мг/л	0,4924	0,3039	0,2920	0,4421	0,4617	0,3356	0,4725	0,2923	0,2830	0,4949
Хлорид-ион, мг/л	0,8304	0,8586	0,1095	0,6671	0,6559	0,6653	0,6272	0,8507	0,8531	0,2448
Железо, мг/л	0,9596	0,9770	0,2370	0,6682	0,7594	0,7960	0,8563	0,9679	0,9747	0,4245
Калий+Натрий, мг/л	0,6962	0,9762	0,0381	0,1565	0,0381	0,1555	0,2577	0,9715	0,9730	0,0172
Кальций, моль/л	0,9899	0,9306	0,8545	0,9416	0,9342	0,8978	0,9662	0,9186	0,9193	0,7939
Магний, мг/л	0,8341	0,9532	0,1997	0,8134	0,8857	0,8793	0,6806	0,9275	0,9279	0,4839
Марганец, мг/л	0,0978	0,2673	0,8916	0,6073	0,4927	0,4705	0,3563	0,2525	0,3132	0,5362
Медь, мг/л	0,0334	0,0874	0,4789	0,2757	0,2621	0,2200	0,2158	0,0147	0,1168	0,6113
Цинк, мг/л	0,2466	0,2099	0,2206	0,1937	0,1866	0,1646	0,3738	0,2435	0,1966	0,4826
ОМЧ в 1 мл	0,6622	0,4963	0,5116	0,6095	0,6550	0,5138	0,6784	0,4778	0,4480	0,7199
ОКБ в 100 мл	0,7928	0,8101	0,3212	0,3641	0,7502	0,7013	0,5920	0,0000	0,7990	0,2223
ТКБ в 100 мл	0,8505	0,8987	0,4094	0,6429	0,6921	0,7197	0,6475	0,8754	0,9008	0,1380
Сумма	19,0629	19,9427	12,3821	16,2248	17,049	16,3249	16,6898	18,7474	19,9075	13,5176
Рейтинговое место	4	1	18	11	7	9	8	5	2	14

Все эколого-химические реакции, происходящие с различными видами загрязнения в речной воде, дают по показателю концентрации одну и ту же общую математическую закономерность

$$y = a_1 x^{a_2} \exp(-a_3 x^{a_4}), \qquad (1)$$

где y – зависимый фактор; x – влияющий фактор; $a_1 \ldots a_4$ – параметры биотехнической закономерности (1).

Например, на мутность речной воды цветность оказывает влияние по закону экспоненциального роста (рис. 1)

$$\text{Мутность} = 1{,}73351 \exp(0{,}0099632 \cdot \text{Цветность})^{1{,}19276}. \qquad (2)$$

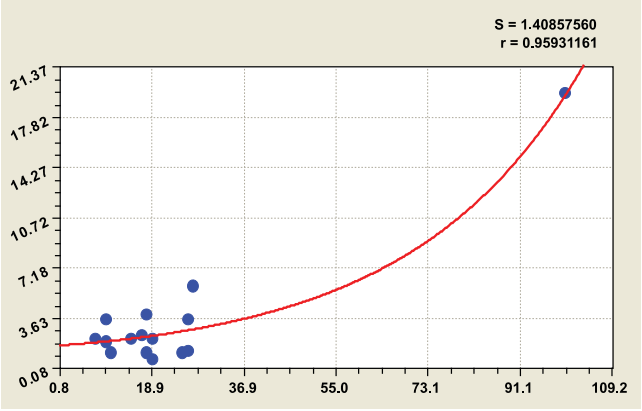


Рис. 1. Влияние цветности (абсцисса) на мутность (ордината) в речной воде

По формуле (2) минимальное содержание мутности в речной воде составляет 1,73 мг/л.

Анализ адекватности моделей выполняется сравнением фактического $F_ф$ и табличного (критического) F значений критерия Фишера [4]. Чем больше фактическое значение F-критерия, тем выше адекватность и достоверность модели.

Так, концентрация взвешенных веществ влияет на концентрацию сухого остатка в речной воде по модели (3)

$$\text{Сухой остаток} = 232{,}90014 \cdot \exp(-0{,}00086352 \cdot \text{взв. вещества}). \qquad (3)$$

Табличное критическое значение критерия Фишера равно 4,67 для полученной однофакторной модели при степенях свободы для расчета фактического критерия Фишера $k_1 = n - m - 1 = 15 - 1 - 1 - 13$ и $k_2 = m = 1$.

Фактическое значение критерия Фишера равно 11,12 по формулам [4]. Так как $F_ф = 11{,}12 > F = 4{,}67$, то готовая модель (3) считается статистически достоверной.

Для определения наиболее сильных факторных связей, которые возникают при взаимодействии гидрохимических показателей, по связности показателей получили рейтинговые места (табл. 2).

Среди влияющих факторов по рейтингу первое место занимает кальций. На втором месте находится окисляемость и на третьем – жесткость воды. Фенольный индекс получил последнее 28-е место.

Уравнение рейтинга влияющих параметров (рис. 2) следующее:

$$\Sigma R_x = 17,64006 \exp(-0,00015014 I_x^{2,66827}). \quad (4)$$

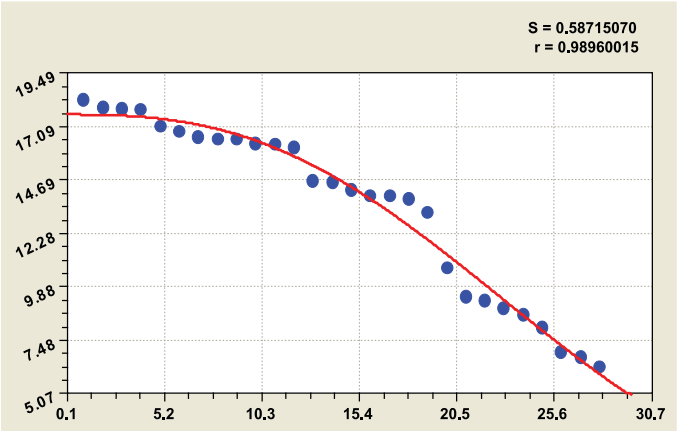


Рис. 2. Влияющие факторы по сумме коэффициентов корреляции из табл. 2

Среди зависимых показателей сильные факторные связи дают мутность, взвешенные вещества и железо. Фенольный индекс также получил 28-е место.

Для оценки параметрической связности получено три критерия: количество формул, строк и столбцов, так как закономерности динамики требований к адекватности 756 формул дают снижение числа закономерностей, а также строк и столбцов корреляционной матрицы (см. табл. 2).

Влияние принимаемого уровня адекватности на количество формул:

$$N_f = 775,58242 \exp(-1,46362[R]) - 8,55266 \exp(3,02963[R]). \quad (5)$$

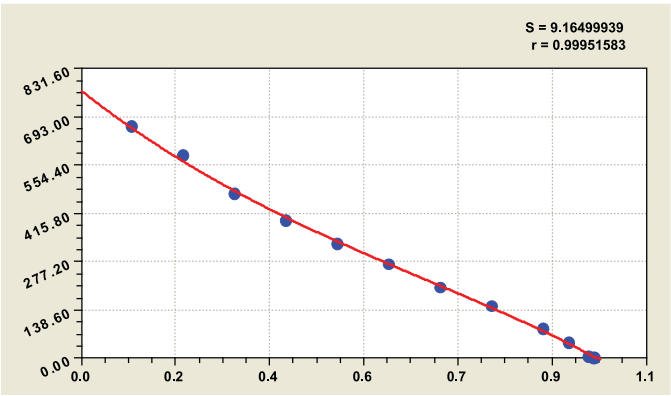


Рис. 3. Влияние принимаемого уровня адекватности на количество уравнений

С повышением требований к адекватности по росту значений допустимого уровня коэффициента корреляции [R] число оставляемых уравнений сокращается (рис. 3). При этом количество слабых факторных связей при коэффициентах [R] = 0,1...0,3 равно 284 шт.

Влияние уровня адекватности на количество строк корреляционной матрицы следующее (рис. 4):

$$N_{\leftrightarrow} = 27,43459 \exp(-2,43801[R]^{17,10667}). \quad (6)$$

Влияние уровня адекватности на количество столбцов такое (рис. 5):

$$N_{\updownarrow} = 28,00812 \exp(-2,39309[R]^{7,75985}). \quad (7)$$

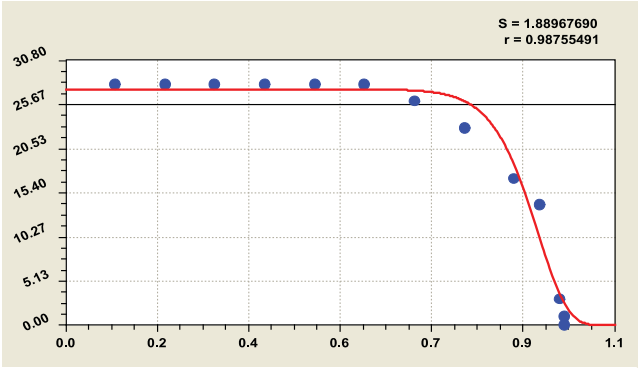


Рис. 4. Влияние уровня адекватности [R] на количество строк N↔

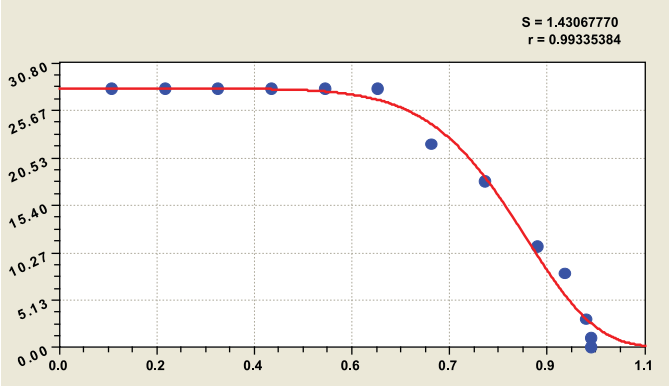


Рис. 5. Влияние уровня адекватности [R] на количество столбцов $N_{\updownarrow}$

Для анализа бинарных закономерностей убрали монарные отношения между учтенными факторами по ранговым распределениям. На иерархии ранговых распределений выполняется оценка добротности исходных данных. На первом месте по добротности измерений находятся водородный показатель и магний, а на последнем – окисляемость и хлорид-ион.

Последовательно исключив клетки с малыми коэффициентами корреляции, получили бинарные закономерности, которые в наибольшей степени удовлетворяют точности гидрохимического анализа речной воды (табл. 3).

Таблица 3

Матрица параметров биотехнической закономерности (1) по сильнейшим бинарным факторным отношениям при $R \geq 0{,}00$

Структура влияния	Модель составляющая модели				Коэффициент корреляции R
	a_1	a_2	a_3	a_4	
1. БПК*n* → мутность	7,42235e-7	0	14,10434	0,066314	0,9993
2. Мутность → БПК*n*	1,15036e-8	0	18,43843	0,046555	0,9988
3. Взв. вещ-ва → мутность	8,59608e-5	0	9,45363	0,089816	0,9966
4. Мутность → взв. вещ-ва	2,7928044e-5	0	10,61310	0,079639	0,9964
5. БПК*n* → взв. вещ-ва	0,0005549	0	7,56858	0,11182	0,9953
6. Взв. вещ-ва → БПК*n*	1,0092391e-5	0	11,66172	0,071147	0,9942

Для компактной записи выявленных биотехнических закономерностей применяется матричная форма представления (см. табл. 3). Значения расположены по убыванию коэффициента корреляции.

Приведенных шести закономерностей достаточно, чтобы составить математическую модель для расчетного обоснования. Для расширения математической модели к табл. 3 добавляются другие из моделей при $R \geq 0{,}95$, а при необходимости – с уровня $R \geq 0{,}9$ (сильные факторные связи).

Слабейшие факторные связи (интервал коэффициента корреляции 0,000…0,100)

в частности возникают при взаимодействии с фенольным индексом, концентрациями меди, фосфат-иона, калия и натрия.

Заключение

Предложенная методика факторного анализа позволяет получить модели взаимного влияния факторов в виде показателей загрязнения речной воды. Оценка достоверности моделей проводится по критерию Фишера.

В дальнейшем при увеличении количества наблюдений факторный анализ позволит определить не только наиболее значимые факторные связи в виде биотехнических закономерностей, но и проводить мониторинг качества воды с учетом сезонной динамики гидрохимических показателей.

Список литературы

1. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы [Электронный ресурс] / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика и др. // Эколайн. – 2000. – URL: http://www.ecoline.ru/mc/refbooks/hydrochem/index.html (дата обращения 09.11.2011).

2. Евдокимова О.Ю. Способ испытания загрязнения речной воды по показателю времени роста корней растения // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 1. – С. 27–35. – URL: www.rae.ru/use/?section = content&op = show_article&article_id = 7785737 (дата обращения: 09.11.2011).

3. Лебедева М.И. Факторный анализ загрязняющих веществ пруда-накопителя ОАО «ТГК-5» // Охр. и защита, обустр., индикация и тестир. природной среды: сб. статей. – М.: Академия Естествознания, 2010. – С. 327–332.

4. Мазуркин П.М. Биотехнический закон и адекватность готовой модели // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 9. – С. 130–137. – URL: www.rae.ru/use/?section = content&op = show_article&article_id = 7784076 (дата обращения 29.11.2011).

5. Мазуркин П.М. Биотехнический принцип и устойчивые законы распределения // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 9. – С. 93–97. – URL: www.rae.ru/use/?section = content&op = show_article&article_id = 7784060 (дата обращения 29.11.2011).

6. Мазуркин П.М., Евдокимова О.Ю. Способ испытания загрязнения воды по времени роста корней растения: патент России №2402765. 2010. Бюл. №30.

7. Мазуркин П.М., Тойшева Н.П. Факторный анализ химических веществ почвы // Охр. и защита, обустр., индикация и тестир. природной среды: сб. статей. – М.: Академия Естествознания, 2010. – С. 153–157.

8. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: энциклопедический справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Протектор», 2000. – 848 с.

References

1. Guseva T.V., Molchanova Ja.P., Zaika E.A., Vinichenko V.N., Averochkin E.M., Ecoline, 2000, available at: www.ecoline.ru/mc/refbooks/hydrochem/index.html (accessed 9 November 2011)

2. Evdokimova O.Ju., Advances in current natural sciences, 2011, no. 1, pp. 27–35, available at: www.rae.ru/use/?section = content&op = show_article&article_id = 7785737 (accessed 09 November 2011)

3. Lebedeva M.I. Faktornyjj analiz zagrjaznjajushhikh veshhestv pruda-nakopitelja OAO «TGK- 5» // Okhr. i zashhita, obustr., indikacija i testir. prirodnojj sredy. Sb. statejj. – M.: Akademija Estestvoznanija, 2010. pp. 327–332.

4. Mazurkin P.M., Advances in current natural sciences, 2009, no. 9, pp. 130-137, available at: www.rae.ru/use/?section = content&op = show_article&article_id = 7784076 (accessed 29 November 2011)

5. Mazurkin P.M., Advances in current natural sciences, 2009, no. 9, pp. 93–97. available at: www.rae.ru/use/?section = content&op = show_article&article_id = 7784060 (accessed 29 November 2011)

6. Ohrana i zawita, obustrojstvo, indikacija i testi-rovanie prirodnoj sredy. Sbornik statej studentov, aspirantov i prepodavatelej [Environment conservation and protection, construction, indication and testing]. Moscow, Academy of Natural History, 2010, 357 p.

7. Mazurkin P.M., Tojjsheva N.P. Faktornyjj analiz khimicheskikh veshhestv pochvy // Okhr. i zashhita, obustr., indikacija i testir. prirodnojj sredy. Sb. statejj. M.: Akademija Estestvoznanija, 2010. pp. 153–157.

8. Fomin G.S. Voda. Kontrol' himicheskoj, bakterial'noj i radiacionnoj bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam. Jenciklopedicheskij spravochnik [Water. Chemical, bacterial and radiation safety control on the international standards]. Moscow, Protektor, 2000, 848 p.

Рецензенты:

Воскресенская О.Л., д.б.н., профессор, зав. кафедрой экологии ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола;

Ившин В.П., д.х.н., профессор, зав. кафедрой органической химии ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 616.089.843:611.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГЛИАЛЬНО-СИНАПТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ТРАНСПЛАНТИРОВАННОЙ НЕРВНОЙ ТКАНИ

[1]Журавлева З.Н., [2]Журавлев Г.И., [1]Муганцева Е.А.

[1]ФГБУН «Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН», Пущино, e-mail: zhuravleva@iteb.ru;

[2]ФГБУН «Институт биофизики клетки РАН», Пущино, e-mail:genzhur1@rambler.ru

С помощью световой и электронной микроскопии проведено исследование роли астроцитарных глиальных клеток в развитии и функционировании интраокулярных нейротрансплантатов, характеризующихся нормальной или эпилептиформной активностью. Для трансплантации в переднюю камеру глаза использовали эмбриональные закладки септума, выделенные из мозга 17-дневных плодов крыс Вистар; реципиентами служили взрослые самцы той же породы. Электрофизиологическое тестирование типа активности и микроскопическое изучение трансплантатов проводили через 3 месяца после операции. При визуальной микроскопической оценке не обнаружено различий между двумя экспериментальными группами в количестве синаптических контактов и соотношении нейронов и глиальных клеток. Морфометрический анализ показал, что размеры активных зон синапсов также не различаются. Вместе с тем, в трансплантатах с патологической активностью было обнаружено значительное уменьшение степени окружения синаптических окончаний астроцитарными отростками. Таким образом, при развитии трансплантированной нервной ткани в условиях изоляции от мозга происходит нарушение глиально-синаптических взаимодействий, что приводит к генерации эпилептиформной активности.

Ключевые слова: интраокулярная нейротрансплантация, септум, эпилептиформная активность, ультраструктура, трехчастный синапс, перисинаптические астроцитарные отростки

EXPERIMENTAL STUDY OF GLIAL-SYNAPTIC INTERACTIONS IN TRANSPLANTED NERVOUS TISSUE

[1]Zhuravleva Z.N., [2]Zhuravlev G.I., [1]Mugantseva E.A.

[1]Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian Academy of Sciences, Pushchino, e-mail: zhuravleva@iteb.ru;

[2]Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences, Pushchino

Using light and electron microscopy, we studied the role of astrocytic glial cells in the development and function of intraocular grafts possessing the normal or epileptiform activity. For transplantation into the anterior eye chamber, the septal anlage from the brain of 17-day-old Wistar rat fetuses was used, and recipients were adult rat males of the same strain. The electrophysiological testing of the pattern of activity and a microscopic investigation of the grafts were performed three months after surgery. A visual microscopic examination revealed no differences between two groups of the grafts in the number of synaptic contacts, as well as the ratio of neurons and glial cells. A morphometric analysis showed that the average sizes of synaptic active zones do not differ also. However, a significant decrease in the envelopment of excitatory synaptic endings by perisynaptic astrocytic processes was observed in grafts with the pathological activity. Thus, upon the development of a transplanted nervous tissue in isolation from the brain tissue, glial–synaptic interactions are impaired, which promotes the generation of the epileptiform activity.

Keywords: intraocular transplantation, septum, epileptiform activity, ultrastructure, tripartite synapse, perisynaptic astrocytic processes

Нейротрансплантация фетальной и эмбриональной ткани используется в медицине и экспериментальной нейробиологии для восстановления поврежденных нейронов и нарушенных функций мозга [6]. В трансплантированной ткани дифференцируются типичные для донорской структуры нервные и глиальные клетки, отростки которых формируют сложный нейропиль внутри трансплантата и простираются в мозг реципиента. В организацию синаптических связей между нейронами вовлекаются отростки астроцитарных глиальных клеток. Они окружают синаптические комплексы и участвуют в физиологических процессах. На этом основании предложена концепция трехчастного синапса, в состав которого включают не только пре- и постсинаптические компоненты, но и окружающие их астроцитарные отростки [5]. Вместе с тем, вокруг трансплантированного материала может формироваться глиомезодермальный рубец, препятствующий реципрокным взаимодействиям между трансплантатом и мозгом. В этих условиях трансплантированные нейроны образуют функциональные синаптические связи друг с другом и представляют собой источник патологической активности. Удобной экспериментальной моделью для изучения особенностей развития и функционирования изолированной нервной ткани являются интраокулярные трансплантаты. Передняя камера глаза (ПКГ), как и мозг, обладает иммунной привилегированностью, а химический состав ее содержимого аналогичен

цереброспинальной жидкости. Питание и иннервацию имплантированная ткань получает из радужной оболочки. Несмотря на дефицит нормальных афферентных источников, в трансплантатах формируется нейропиль, по плотности синаптических контактов не уступающий мозгу in situ [1, 2]. Большинство этих синапсов принадлежит собственным нервным элементам, что приводит к формированию в части трансплантатов замкнутых морфофункциональных сетей, в которых группы нейронов отвечают на импульсы синхронно [7]. Целью настоящей работы было сравнительное морфометрическое изучение ультраструктурных параметров синаптических окончаний в комплексе с перисинаптическими астроцитарными отростками в трансплантатах септум, характеризующихся нормальной или эпилептиформной активностью.

Материал и методы исследования

Работа выполнена на крысах породы Вистар с соблюдением рекомендаций по гуманному обращению. Все процедуры с животными проводили под нембуталовым или эфирным наркозом. В качестве донорской структуры для трансплантации использовали септальную область мозга, выделенную из плодов крыс 17 дней гестации. Имплантацию в ПКГ производили крысам-самцам путем введения донорской эмбриональной ткани специальным шприцем через разрез в роговице. Через 3 мес. после операции на основании электрофизиологического тестирования трансплантаты разделили на 2 группы: с нормальной активностью ($n = 3$) и с эпилептиформной активностью ($n = 3$). В контрольной группе на одиночный электрический стимул нейроны отвечали одиночными разрядами, а в экспериментальной группе – множественными популяционными спайками. Затем трансплантаты фиксировали для гистологического и ультраструктурного анализа. Фиксацию производили 2,5%-м раствором глутарового альдегида и дофиксацией 1%-м раствором четырехокиси осмия. Детально процедура трансплантации и подготовки материала описана ранее [1, 2]. Ультраструктурное исследование проводили на электронном микроскопе JEOL JEM-100B. Для морфометрического анализа использовали по 100 микроизображений возбуждающих синаптических окончаний из обеих экспериментальных групп. Изображения отцифровывали, сохраняли в виде компьютерных файлов и анализировали с помощью программы UTHSCSA Image Tool. Сравнение производили по следующим параметрам: размер активной зоны синапсов (по длине постсинаптического уплотнения), периметр пресинаптической терминали (Т), длина астроцитарного отростка, находящегося в контакте с терминалью (А). Степень развития глиального окружения синапса (перисинаптическая глия) вычисляли как отношение параметров А и Т. Схематическое изображение возбуждающего синапса приведено на рис. 1. Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента. Статистически значимыми считались различия при $p \leq 0{,}05$.

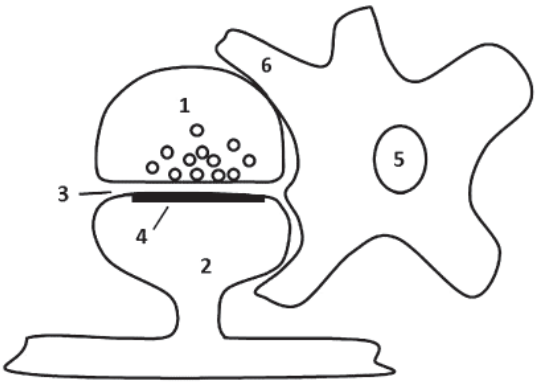


Рис. 1. Схема возбуждающего синаптического окончания в комплексе с перисинаптическим астроцитом (трехчастный синапс): 1 – пресинаптическая терминаль с синаптическими везикулами; 2 – постсинаптический дендритный шипик; 3 – синаптическая щель; 4 – постсинаптическое уплотнение; 5 – ядро астроцита; 6 – перисинаптический астроцитарный отросток

Результаты исследования и их обсуждение

Трансплантаты септума, развивающиеся в ПКГ в течение 3-х месяцев, представляли собой сферические или овальные образования размером 1–2 мм, располагающиеся между роговицей и радужной оболочкой. Поверхность трансплантатов была покрыта сплошной глиальной оболочкой, которая в некоторых участках была многорядной. В то же время соотношение нервных и глиальных клеток внутри трансплантатов визуально соответствовало нативной цитоархитектонике септальной области мозга. Нейроны располагались диффузно, и большинство из них имело типичную для септума мультиполярную форму (рис. 2).

Электронно-микроскопическое изучение трансплантированной ткани показало, что нейроны представляют собой зрелые дифференцированные элементы, а их дендриты и аксоны активно формируют синаптические взаимодействия. Принципиальных структурных различий как между самими нейронами, так и их многочисленными синаптическими связями в трансплантатах с нормальным или патологическим типом функциональной активности микроскопически не было обнаружено. Возбуждающие синаптические контакты, имеющие асимметричные активные зоны, преимущественно локализовались на дендритных шипиках, а тормозные контакты – на телах нейронов и стволах дендритов. Нейропильные области трансплантатов

представляли собой сложное переплетение нейрональных и глиальных отростков. Астроцитарные отростки, которые располагались вблизи синаптических окончаний, так называемые перисинаптические глиальные отростки, имели нерегулярную форму и окружали синаптические профили по периметру в разной степени. В некоторых синапсах тонкие астроцитарные отростки находились в непосредственной близости от синаптической щели. Главной функцией астроцитарных отростков, окружающих синаптические окончания, является поддержание метаболического, ионного и трансмиттерного гомеостаза вблизи синаптического контакта. Между синапсами и перисинаптической глией существуют двунаправленные взаимодействия [9, 12].

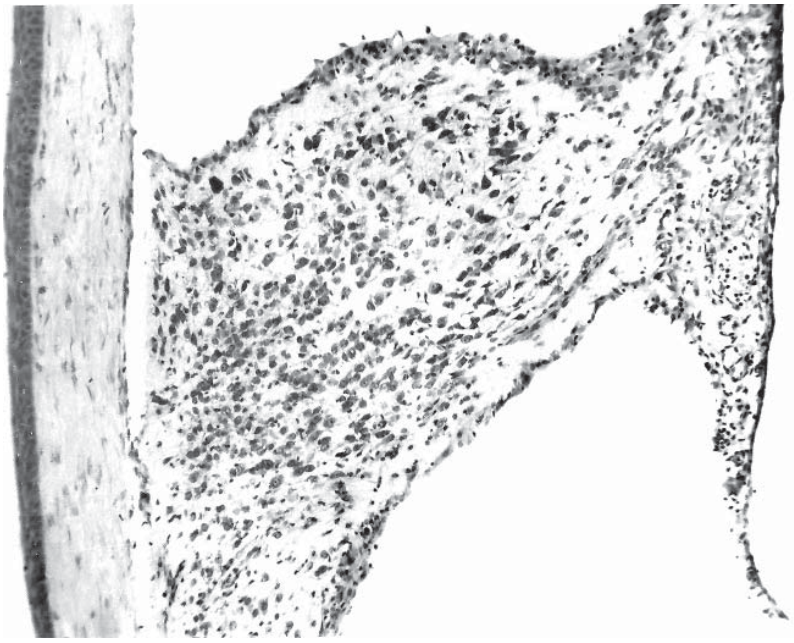


Рис. 2. Общий вид интраокулярного трансплантата септальной области мозга, развивающегося в течение 3-х месяцев:
1 – роговица; 2 – трансплантат; 3 – радужная оболочка. Масштаб – 100 мкм

Для морфометрического исследования были отобраны синаптические контакты, отвечающие структурным характеристикам возбуждающих синапсов и имеющие выраженные постсинаптические уплотнения (ПСУ). Известно, что размер постсинаптической специализации положительно коррелирует с количеством в них рецепторов и отражает силу синаптической связи [11]. В нашем материале в обеих экспериментальных группах размеры ПСУ сильно варьировались (от 0,1 до 1,28 мкм), что свидетельствует о значительной разнице функциональной силы индивидуальных синапсов. При этом в каждом из них длина ПСУ коррелировала с размером (периметр и площадь) пресинаптического бутона, содержащего синаптические везикулы с нейромедиатором. Однако при сравнении средних значений в трансплантатах с эпилептиформной и нормальной активностью эти параметры достоверно не различались. Не наблюдалось разницы также и по средним значениям площади постсинаптических дендритных шипиков (таблица). Это является показателем того, что каждый синаптический контакт работает в своем индивидуальном режиме и его сила не определяет общую гипервозбудимость нейронов в эпилептическом фокусе. Аналогичные результаты были получены при изучении морфофункциональной корреляции в синапсах неокортекса мышей. Так, в поле бареллов при сенсорной стимуляции вибрисс общая протяженность возбуждающих активных зон не изменялась, хотя происходило значительное увеличение экспрессии транспортеров глутамата [8].

Вместе с тем, наши морфометрические данные показали, что степень астроцитарного окружения пресинаптических бутонов в трансплантатах с эпилептиформной активностью в 2 раза ниже, чем в трансплантатах с нормальной активностью (см. таблицу). Известно, что терминальные разветвления отростков астроцитов очень пластичны и быстро реагируют на изменение нейрональной активности. Контролируя ионный баланс, они очищают перисинаптические пространства от ионов калия, кото-

рые в большом количестве освобождаются во время синаптической активности [12]. С помощью мембранных транспортеров они захватывают излишки нейромедиатора из синаптической щели, ограничивая его дальнейшее распространение. Возбуждающий нейромедиатор глутамат в астроцитах деактивируется в глутамин и доставляется обратно в нейроны [9, 12]. Обнаруженное нами ослабление астроцитарного барьера вокруг синапсов в трансплантатах с эпилептиформной активностью позволяет нейромедиаторам более свободно диффундировать из синаптической щели в межклеточные пространства и активировать экстрасинаптические рецепторы и соседние активные зоны. По современным представлениям межклеточные коммуникации в мозге происходят не только при взаимодействии нервных элементов посредством аксональных волокон и синаптических контактов (wiring transmission, проводная нейропередача), но и в результате передачи нейроактивных метаболитов по экстраклеточным пространствам (volum transmission, объемная нейропередача) [4]. Более того, предполагается, что при организации нейрональных ансамблей в мозге беспозвоночных животных преобладает беспроводной, несинаптический способ трансдукции сигналов [3]. Наши результаты показывают, что в эпилептизированной ткани, развивающейся в передней камере глаза, также возрастает роль объемной передачи нейроактивных веществ, что способствует синхронизации нейрональной активности.

Данные морфометрического анализа возбуждающих синапсов в трансплантатах септума с нормальной и эпилептиформной активностью, (M ± m)

Структурные параметры синапсов	Нормальная активность	Эпилептиформная активность
Длина ПСУ (мкм)	0,40 ± 0,02	0,39 ± 0,01
Площадь пресинаптического бутона (мкм²)	0,48 ± 0,04	0,39 ± 0,04
Периметр пресинаптического бутона (мкм)	2,09 ± 0,12	1,98 ± 0,1
Степень глиального окружения	0,44 ± 0,04	0,21 ± 0,03 *
Площадь постсинаптического шипика (мкм²)	0,14 ± 0,2	0,15 ± 0,02

Примечание. * – Достоверность различий ($p \leq 0,05$) между параметрами синапсов в трансплантатах с разной функциональной активностью.

Структурные и функциональные нарушения астроцитов в эпилептическом мозге отмечают и другие исследователи. Обычно гиперактивность и синхронизацию связывают с реактивным астроглиозом, исчезновением доменной организации астроцитов и распространением возбуждающих кальциевых волн по астроцитарным сетям [10; 12]. Однако молекулярные и клеточные основы эпилептизации чаще изучают на образцах ткани, полученных от животных с экспериментально вызванными судорогами или от больных с резистентной формой болезни после нейрохирургических операций. Морфологические изменения в такой ткани являются результатом регулярных судорожных событий и долговременной антиконвульсантной терапии. При этом нарушения в эпилептическом очаге на уровне синаптических контактов практически не исследованы. Существуют единичные данные о том, что в случаях тяжелой формы височной эпилепсии у людей параллельно с исчезновением нейронов, дендритных шипиков и синапсов разрушается и перисинаптическая глия [13]. В отличие от большинства исследований, констатирующих значительные постсудорожные дегенерационные изменения в мозге, экспериментальная модель, предложенная нами, позволяет изучать начальные эпилептогенные нарушения, происходящие на субмикроскопическом уровне.

Заключение

Микроскопическое и ультраструктурное исследование интраокулярных нейротрансплантатов септума с нормальной и эпилептиформной активностью при визуальной оценке не выявило между ними различий по нейрально-глиальному соотношению и количеству синаптических контактов. Данные морфометрического анализа показали, что размеры активных зон, являющиеся показателем функциональной силы синапсов, в двух экспериментальных группах также не различаются. Вместе с тем, в трансплантатах с патологической активностью было обнаружено значительное уменьшение степени окружения синаптических окончаний астроцитарными отростками. В свете современных представлений о синапсе как трехчастном комплексе, включающем в свой состав также и перисинаптические отростки [5], такая аномалия в организации функциональных контактов

в трансплантатах с эпилептиформной активностью приводит к ухудшению обратного захвата возбуждающих нейромедиаторов, их более широкому распространению по экстраклеточным пространствам и гиперсинхронизации нейрональных ответов. Таким образом, нарушение глиально-синаптических взаимодействий, которые возникают при дифференцировке трансплантированной нервной ткани в изоляции от естественных мозговых влияний, является важным эпилептогенным фактором.

Авторы выражают благодарность А.Г. Брагину за выполнение электрофизиологического тестирования нейротрансплантатов. Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 12-04-00812).

Список литературы

1. Журавлева З.Н. Гиппокамп и нейротрансплантация // Журн. высш. нервн. деят. – 2004. – Т. 54, № 2. – С. 149–162.

2. Журавлева З.Н., Косицын Н.С. Морфофункциональные взаимодействия периферических нервных волокон радужки с нейронами, развивающимися в передней камере глаза крысы // Морфология. – 2009. – Т. 135, № 3. – С. 41–46.

3. Сахаров Д.А. Множественность нейротрансмиттеров: функциональное значение // Ж. эвол. биохим. физиол. – 1990. – Т. 26, №. 5. – С. 733–740.

4. Agnati L.F., Guidolin D., Guescini M., Genedani S., Fuxe K. Understanding wiring and volume transmission // Brain Res. Rev. – 2010. – Vol. 64. – P. 137–159.

5. Araque A., Parpura V., Sanzgiri R.P., Haydon P.G. Tripartite synapses: glia, the unacknowledged partner // Trends Neurosci. – 1999. – Vol. 22. – P. 208–215.

6. Bjorklund A., Lindvall O. Cell replacement therapies for central nervous system disorders // Nature Neurosci. – 2000. – Vol. 3. – P. 537–544.

7. Bragin A.G., Vinogradova O.S. Comparison of neuronal activity in septal and hippocampal grafts developing in the anterior eye chamber of the rat // Brain Res. – 1983. – Vol. 312, № 2. – P. 279–286.

8. Genoud C., Quairiaux C., Steiner P., Hirling H., Welker E., Knott G. Plasticity of astrocytic coverage and glutamate transporter expression in adult mouse cortex // Plos Biology. – 2006. – Vol. 4, № 11. – P. 2057–2064.

9. Eulenburg V., Gomeza J. Neurotransmitter transporters expressed in glial cells as regulators of synapse function // Brain Res Rev. – 2010. – Vol. 63, № 1–2. – P. 103–112.

10. Oberheim N.A., Tian G-F., Han X., Peng W., Takano T., Ransom B., Nedergaard M. Loss of astrocytic domain organization in the epileptic brain // J. Neurosci. – 2008. – Vol. 28, №13. – P. 3264–3276.

11. Racca C., Stephenson F. A., Streit P., Roberts J.D.B., Somogyi P. NMDA receptor content of synapses in stratum radiatum of the hippocampal CA1 area // J. Neurosci. – 2000. – Vol. 20, № 7. – P. 2512–2522.

12. Seifert G., Carmignoto G., Steinhauser C. Astrocyte dysfunction in epilepsy // Brain Res. Rev. – 2010. – Vol. 63. – P. 212–221.

13. Witcher M.R., Park Y.D., Lee M.R., Sharma S., Harris K.M., Kirov S.A. Three-dimensional relationships between perisynaptic astroglia and human hippocampal synapses // Glia. – 2010. – Vol. 58, № 5. – P. 572–587.

References

1. Zhuravleva Z.N. *Neurosci. Behav. Physiol.*, 2005, vol. 35, no. 4, pp. 343–354.

2. Zhuravleva Z.N., Kositsyn N.S. *Neurosci. Behav. Physiol.*, 2010, vol. 40, no. 6, pp. 615–619.

3. Sakharov D.A. *Zh. Evol. Biokhim. Fiziol.*, 1990, vol. 26, no.5, pp. 733–741;

4. Agnati L.F., Guidolin D., Guescini M., Genedani S., Fuxe K., *Brain Res. Rev.*, 2010, vol. 64, pp. 137–159.

5. Araque A., Parpura V., Sanzgiri R.P., Haydon P.G. *Trends Neurosci.*, 1999, vol. 22, pp. 208–215.

6. Bjorklund A., Lindvall O. *Nature Neurosci.*, 2000, vol. 3, pp. 537–544.

7. Bragin A.G., Vinogradova O.S. *Brain Res.*, 1983, vol. 312, no. 2, pp. 279–286.

8. Genoud C., Quairiaux C., Steiner P., Hirling H., Welker E., Knott G. *Plos Biology*, 2006, vol. 4, no. 11, pp. 2057–2064.

9. Eulenburg V., Gomeza J. *Brain Res. Rev.*, 2010, vol. 63, no. 1–2, pp. 103–112.

10. Oberheim N.A., Tian G-F., Han X., Peng W., Takano T., Ransom B., Nedergaard M. *J. Neurosci.*, 2008, vol. 28, no. 13, pp. 3264–3276.

11. Racca C., Stephenson F. A., Streit P., Roberts J.D.B., Somogyi P. *J. Neurosci.*, 2000, vol. 20, no. 7, pp. 2512–2522.

12. Seifert G., Carmignoto G., Steinhauser C. B*rain Res. Rev.*, 2010, vol. 63, pp. 212–221.

13. Witcher M.R., Park Y.D., Lee M.R., Sharma S., Harris K.M., Kirov S.A. *Glia*, 2010, vol. 58, no. 5, pp. 572–587.

Рецензенты:

Куликов А.В., д.б.н., зав. сектором ФГБУН «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» РАН, г. Пущино;

Архипов В.И., д.б.н., ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» РАН, г. Пущино.

Работа поступила в редакцию 10.09.2012.

УДК 576.08;616.43

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ГЕНОМА БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ I ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОЯДЕРНОГО ТЕСТА В БУККАЛЬНОМ ЭПИТЕЛИИ

Калаев В.Н., Красножон К.Б., Игнатова И.В.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», Воронеж, e-mail: Dr_Huixs@mail.ru

Проведена оценка уровня генетического гомеостаза организма подростков, больных сахарным диабетом I типа, с использованием микроядерного теста в буккальном эпителии ротовой полости. Установлено влияние пола и лечения на концентрацию глюкозы в крови подростков с сахарным диабетом I типа. Отмечаются половые различия в уровне нарушений: у мальчиков частота встречаемости почти всех типов аберраций ниже, чем у девочек; отсутствуют насечки, после лечения инсулином отмечается увеличение клеток с протрузиями типа «разбитое яйцо» и снижение клеток с перинуклеарными вакуолями. У девочек после лечения происходит снижение клеток с протрузиями типа «язык» и насечками. Выявлена положительная связь концентрации глюкозы в крови с протрузией типа «язык» при сахарном диабете I типа. У девочек до лечения отмечаются связи между показателями уровня глюкозы в крови с общим количеством аберрантных клеток и перинуклеарными вакуолями, после лечения отсутствуют зависимости между изученными показателями уровня глюкозы и цитологическими нарушениями. У мальчиков до и после лечения присутствует корреляция уровня глюкозы в крови с общим количеством нарушений в буккальном эпителии, насечками и протрузией типа «язык», также после лечения добавляется связь концентрации глюкозы в крови с протрузией типа «разбитое яйцо». При проведении микроядерного теста в буккальном эпителии необходимо учитывать концентрацию глюкозы в крови, так как это может отразиться на его результатах.

Ключевые слова: микроядерный тест, буккальный эпителий, сахарный диабет I типа

EVALUATION OF PATIENTS WITH GENOME STABILITY OF TYPE I DIABETES USING MICRONUCLEUS TEST NUCLEI OF BUCCAL EPITHELIUM

Kalaev V.N., Krasnozhon K.B., Ignatova I.V.

FGBOU VPO «Voronezh State University», Voronezh, e-mail: Dr_Huixs@mail.ru

The estimation of the level of genetic homeostasis in adolescents with type I diabetes using the micronucleus test in buccal epithelium of the oral cavity. The influence of sex and treatment on the concentration of glucose in the blood of adolescents with type I diabetes. Observed sex differences in the level of violations: frequency of occurrence in males of almost all types of aberrations are lower than in girls, there are no incisions, after treatment with insulin, there is an increase of cells with protrusions of the «broken egg» and the reduction of cells with perinuclear vacuoles. In girls, there is a decrease after treatment of cells with protrusions such as «language» and notches. The positive relationship of blood glucose concentration with protrusion of the «language» in diabetes mellitus type-I. In girls, pre-treatment rate observed between blood glucose levels with the total number of aberrant cells and perinuclear vacuoles, after treatment, no relationship between the studied parameters of glucose and cytological disturbances. In boys, before and after treatment are present correlation of blood sugar levels with the total number of violations in the buccal epithelium, incisions, and protrusion of the «language», and after the treatment is added to link the concentration of glucose in the blood to the protrusion of the «broken egg». In carrying out micronucleus test in buccal epithelium is necessary to consider the concentration of sugar in the blood, as this may affect the results.

Keywords: micronucleus test, buccal epithelium, type I diabetes

Микроядерный тест с успехом используется при проведении клинических исследований. Регистрация структурно-функциональных изменений, при которых в клетках выявляется наличие микроядер, представляет собой высокоинформативный и вместе с тем простой в техническом отношении метод оценки влияния на организм различного рода факторов [7]. Некоторые исследователи рекомендуют применение метода учета клеток с микроядрами для массового скрининга лиц, предрасположенных к нестабильности генома, с целью их последующей диспансеризации [8].

В настоящий момент широко распространен микроядерный тест в эпителиоцитах слизистой оболочки ротовой полости человека в связи с отсутствием необходимости в специальном лабораторном оборудовании, сравнительной простотой, быстротой и дешевизной этого анализа. Следует также отметить, что буккальный эпителий является своеобразным «зеркалом», отражающим состояние всего организма в целом [3]. Поэтому результаты микроядерного теста в клетках данного типа могут служить показателем действия на организм эндо- и экзогенных факторов, вызывающих численные и структурные аберрации хромосом и приводящие к образованию микроядер [19, 20]. Повышенный уровень микроядер в клетках слизистого эпителия полости рта может служить своеобразным сигналом различных патологических состояний организма (аллергозы, паразитарные инвазии, некоторые генетические болезни), косвенно указывая на нарушения в работе иммунной системы организма [18].

Выполнены работы по определению частоты буккальных клеток с микроядра-

ми у пациентов с пигментной ксеродермой [29], у опухолевых больных [10], у больных оральной и фарингиальной карциномой, алкоголиков [28], у детей, страдающих хроническим тонзиллитом [30], и больных гастродуоденитом [15], при различных инфекционных заболеваниях (брюшной тиф, дизентерия и др.) [8], у больных клещевым энцефалитом [9], у больных шизофренией с непрерывным типом течения [12], при пародонтите [12], у больных системной красной волчанкой [26], при аллергических состояниях [1], у часто болеющих (более 4 раз в год) острыми респираторными заболеваниями детей [27]. Однако не изучено влияние патологических состояний, обусловленных сахарным диабетом I типа, на уровень клеток с цитологическими нарушениями у подростков.

Сахарный диабет занимает третье место по распространенности в мире после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний и представляет важнейшую проблему для современной медицины вследствие частой встречаемости, высокой ранней инвалидизации, смертности по причине развития поздних сосудистых осложнений, значительных экономических затрат общества на лечение. Эпидемиологические исследования в разных странах свидетельствуют об увеличении количества случаев возникновения сахарного диабета I типа у детей и подростков. Именно в этом возрасте данная болезнь представляет собой тяжелое страдание, которое меняет весь жизненный уклад семьи, требует пристального внимания, больших физических и эмоциональных усилий, экономических затрат со стороны ребенка и родителей, работников органов здравоохранения и общества в целом [6].

При сахарном диабете I типа в крови больных уменьшается количество общего белка, повышается концентрация креатинина и мочевины, уровень холестерина и триглицеридов превышает нормы [25], отмечается снижение общего состояния здоровья, ролевого физического, социального и эмоционального функционирования [4], что может отразиться на стабильности генома больных.

В связи с вышесказанным целью работы стало установление стабильности генетического аппарата организма подростков, больных сахарным диабетом I типа, с использованием микроядерного теста в буккальном эпителии ротовой полости.

Материал и методы исследования

Было обследовано 24 подростка (9 девушек и 15 юношей) в возрасте 12–14 лет, больных сахарным диабетом I типа, находящихся на стационарном лечении в БУЗ «Воронежская областная детская больница №1».

Лечение проводили инсулином ультракороткого действия НовоРапид в дозах от 5 до 12 ед. При поступлении и выписке у больных определяли концентрацию глюкозы в крови глюкозоксидазным методом на анализаторе «Humalizer» (Германия).

Сбор материала (при поступлении больных в стационар и выписке), приготовление временных препаратов буккального эпителия слизистой ротовой полости, их анализ осуществляли по разработанной ранее методике [11].

Для анализа микроядер отбирали отдельно лежащие клетки с непрерывным гладким краем ядра. Микроядро идентифицировали как хроматиновое тело округлой или овальной формы с гладким непрерывным краем, размером не более 1/3 ядра, лежащее четко отдельно от него, не преломляющее свет, имеющее интенсивность окрашивания и рисунок хроматина как у основного ядра и находящееся в одной плоскости с ядром [23]. Также проводили анализ других типов аберраций (протрузии типа «язык», «разбитое яйцо», насечки, перинуклеарные вакуоли), согласно рекомендациям Юрченко [24].

Для каждого обследуемого вычисляли частоту встречаемости клеток с микроядрами, перинуклеарными вакуолями, насечками, протрузиями типа «разбитое яйцо» и «язык» как отношение числа клеток с той или иной аберрацией к общему числу проанализированных клеток (в ‰), частоту аберраций всех типов – как отношение суммы клеток с перечисленными нарушениями к общему числу проанализированных клеток (в ‰). Определяли спектр нарушений как отношение числа клеток с той или иной аберрацией к общему числу клеток с нарушениями морфологии ядра (в %).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета статистической программы Stadia. Процедура группировки данных и их обработка изложены в работе Кулаичева [17]. Сравнивали частоту встречаемости буккальных эпителиоцитов с аномалиями у больных с использованием непараметрических Х–критерия Ван–дер–Вардена и Вилкоксона, так как распределение частот встречаемости аберрантных клеток не подчиняется нормальному закону. Для выявления влияния пола и лечения на частоту клеточных патологий и концентрацию глюкозы в крови использовали двухфакторный дисперсионный анализ. Силу влияния фактора определяли по Снедекору (в %). Сравнение частот нарушений в спектре проводили с использованием Z-апромаксимации для критерия равенства частот. Корреляционные связи между показателями вычисляли с использованием параметрического коэффициента корреляции (r).

Результаты исследования и их обсуждение

Установлено влияние пола и лечения на уровень глюкозы в крови обследуемых лиц (сила влияния 8,2 % ($P < 0{,}001$) и 7,8 % ($P < 0{,}001$) соответственно).

Концентрация глюкозы в крови подростков при сахарном диабете I типа до лечения колебалась от 6,7 до 14,5 ммоль/л при среднем значении 9,8 ± 0,4 ммоль/л, после

лечения – от 5,2 до 14,5 ммоль/л (различия достоверны ($P < 0,05$)) при средней величине данного показателя 8,7 ± 0,5 ммоль/л (табл. 1), что характерно для людей с сахарным диабетом после приема пищи [5].

Исследуемый показатель у юношей выше (как до, так и после лечения (10,3 ммоль/л и 9,5 ммоль/л соответственно)), чем у девушек (9,0 и 7,5 ммоль/л соответственно) (различия достоверны ($P < 0,05$)).

Таблица 1

Концентрация глюкозы в крови больных сахарным диабетом I типа до и после лечения

Номер пациента	Концентрация глюкозы в крови, ммоль/л			
	Девушки		Юноши	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
1	9,8	7,1	10,5	7,9
2	11,3	6,9	14,5	8,3
3	6,7	5,2	12	9,3
4	10	5,7	10,2	8,2
5	7,3	9,5	10,7	14,5
6	8,2	5,9	10,6	8,1
7	11	9,2	9,1	10,5
8	8,7	10,2	8,1	12,1
9	7,8	8	9,2	6,7
10			10,2	8,7
11			9,8	12,6
12			8	6,5
13			11,6	9,8
14			11,7	6,5
15			8,7	12,5

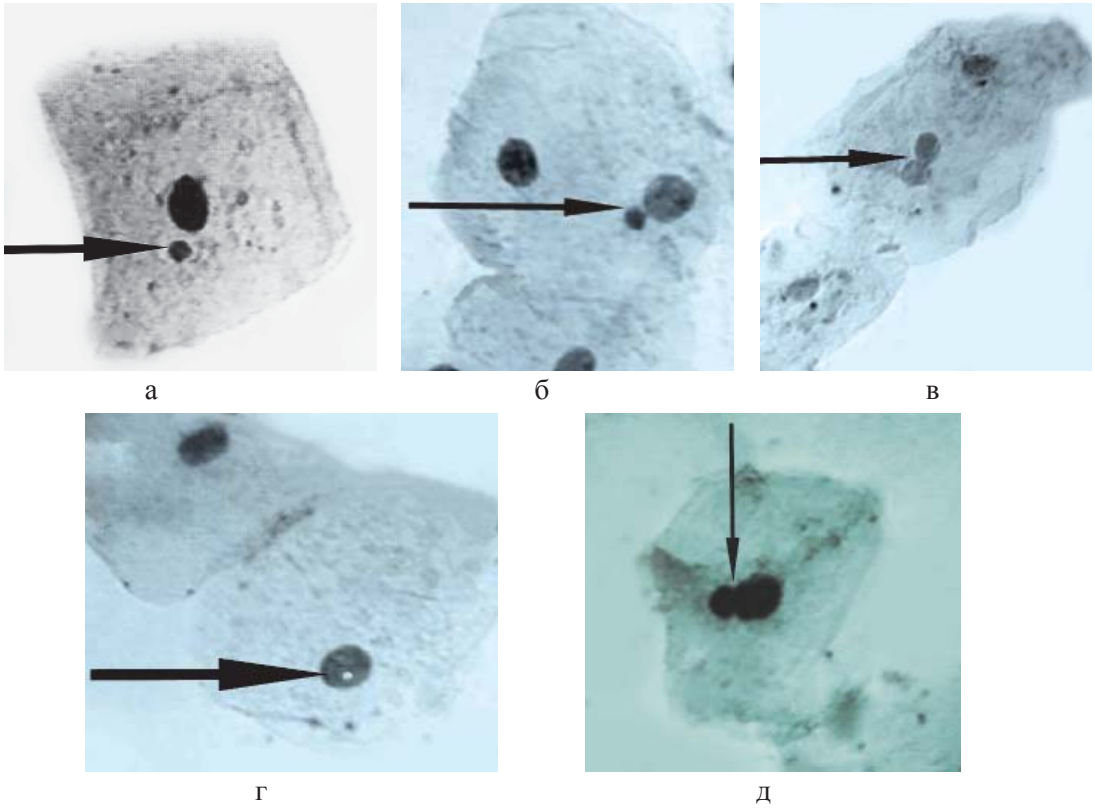


Рис. 1. Цитологические нарушения в клетках буккального эпителия больных сахарным диабетом I типа: а – микроядра; б – протрузия типа «разбитое яйцо»; в – протрузия типа «язык»; г – перинуклеарные вакуоли; д – насечки

В результате проведенных исследований в буккальных эпителиоцитах больных сахарным диабетом I типа обнаружены следующие цитологические нарушения: микроядра (рис. 1а), протрузии (типа «разбитое яйцо» (рис. 1б) и типа «язык» (рис. 1в)), перинуклеарные вакуоли (рис. 1г) и насечки (рис. 1д).

Частота встречаемости аберрантных клеток в буккальном эпителии больных представлена в табл. 2.

В результате исследований выявлено влияние пола, лечения и их совместное действие на частоту встречаемости разных типов аберраций в буккальном эпителии больных сахарным диабетом I типа (табл. 3).

Таблица 2

Частота встречаемости аберрантных клеток (в ‰) в буккальном эпителии больных сахарным диабетом I типа

Тип аберрации	До лечения			После лечения		
	Девушки	Юноши	Девушки + юноши	Девушки	Юноши	Девушки + юноши
Насечка	0,4 ± 0,2	0	0,1 ± 0,1	0	0	0
Перинуклеарная вакуоль	3,9 ± 0,5	2,7 ± 0,5*	3,1 ± 0,4	3,5 ± 0,4	1,4 ± 0,3***	2,2 ± 0,3[1]
Протрузия типа «разбитое яйцо»	1,7 ± 0,4	0,7 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,5	0,2 ± 0,2*	1,2 ± 0,2
Протрузия типа «язык»	0,6 ± 0,5	0,1 ± 0,1	0,3 ± 0,2	0	0	0
Микроядра	1,9 ± 0,4	0,9 ± 0,2*	1,3 ± 0,2	0,5 ± 0,3	0,7 ± 0,2*	1,0 ± 0,2
Общее количество аберраций	8,1 ± 1,2	4,4 ± 0,6**	5,8 ± 0,7	6,3 ± 0,7	3,3 ± 0,3***	4,5 ± 0,4

Примечание: * – различия с показателем у девушек достоверны ($P < 0,05$), ** – различия с показателем у девушек достоверны ($P < 0,01$), *** – различия с показателем у девушек достоверны ($P < 0,001$), [1] – различия с показателем до лечения достоверны ($P < 0,05$).

Таблица 3

Влияние факторов лечения и пола на частоту аберраций в буккальном эпителии больных сахарным диабетом I типа

Тип аберрации	Сила влияния (по Снедекору, %)		
	пол	лечение	пол + лечение
Насечка	8,0***	8,0***	8,0***
Перинуклеарная вакуоль	8,2**	6,6***	-
Протрузия типа «разбитое яйцо»	-	8,3**	8,2*
Протрузия типа «язык»	8,3**	-	-
Микроядра	-	7,7***	-
Общее количество аберраций	8,2***	4,5***	-

Примечание: * – влияние фактора достоверно ($P < 0,05$);** – влияние фактора достоверно ($P < 0,01$); *** – влияние фактора достоверно ($P < 0,001$).

Общее число цитологических нарушений до лечения и после ниже величины, установленной у спортсменов (12,3 ± 0,6 ‰) [11], что может свидетельствовать о влиянии заболевание на генетический гомеостаз организма.

Общее число аберраций у юношей до и после лечения ниже ($P < 0,01$ и $P < 0,001$ соответственно), чем у девушек.

Уровень клеток с микроядрами до и после лечения ниже величины данного показателя, установленного другими авторами в популяции здоровых людей: 2,5 ± 0,1 ‰ [22] и 6,0 ± 0,4 ‰ [11].

Ранее было показано, что у людей, больных шизофренией, уровень клеток с микроядрами составил 2,3 ± 0,2 ‰ [13], при пародонтите – 0,2 ± 0,01 % [12].

Полученные нами данные свидетельствует о незначительном влиянии заболевания на генетическую стабильность организма.

Частота встречаемости клеток с микроядрами в буккальном эпителии ротовой полости подростков с сахарным диабетом I типа как до, так и после лечения у юношей ниже, чем у девушек (различия достоверны ($P < 0,05$)), что можно объяснить особенностями метаболизма и различной активностью антиоксидантной системы в период полового созревания [18].

Маймуловым с соавт. [18] показано, что девочки, как дошкольники, так и подрост-

ки, в экологически неблагоприятных районах имели очень высокие уровни клеток с микроядрами по сравнению с мальчиками. Через сутки после однократного контакта с формальдегидом у женщин выявлена более высокая частота индуцированных микроядер, чем у мужчин [14]. Буториной с соавт. [2] было установлено, что различия между полами по частоте микроядер в клетках буккального эпителия достигают значимых уровней в детском возрасте. Ранее не было установлено различий между полами по частоте встречаемости микроядер при пародонтите, хотя их уровень существенно возрастал по сравнению с контрольной группой [12].

До лечения выявлены различия между полами по уровню клеток с протрузиями типа «разбитое яйцо» и перинуклеарными вакуолями (различия достоверны ($P < 0,05$)); после лечения – с перинуклеарными вакуолями (различия достоверны ($P < 0,001$)).

У юношей с сахарным диабетом I типа до и после лечения частота встречаемости многих нарушений (клеток с перинуклеарными вакуолями, насечками, протрузией «язык» и микроядрами) ниже, чем у юношей, занимающихся спортивными единоборствами [11]. Это обстоятельство свидетельствует о большей стабильности генома при данном заболевании. В то же время уровень клеток с протрузией «разбитое яйцо» выше при сахарном диабете.

В спектре нарушений ядра преобладают перинуклеарные вакуоли (53,8 % – до лечения и 48,9 % – после лечения) (рис. 2), которые являются показателем некроза клеток [23]. Однако ранее в исследованиях на спортсменах было выявлено, что в буккальном эпителии ведущим типом аберраций являются микроядра [11]. Таким образом, наибольшее число клеток с перинуклеарными вакуолями может служить характерной особенностью буккального эпителия подростков при сахарном диабете I типа.

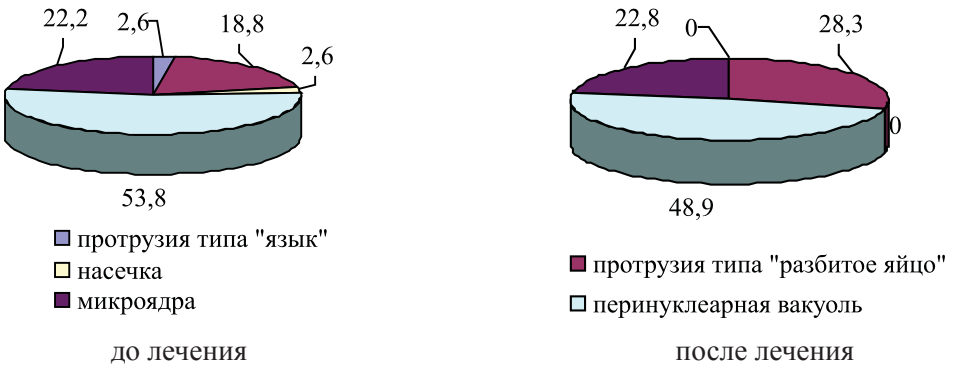


Рис. 2. Спектр нарушений в клетках буккального эпителия больных сахарным диабетом I типа до и после лечения

После лечения инсулином происходит снижение частоты встречаемости перинуклеарных вакуолей, протрузий типа «язык» и насечек (различия достоверны ($P < 0,05$)), что, возможно, обусловлено нормализацией биохимических показателей крови (концентрации глюкозы).

Анализ спектра цитологических нарушений у девушек и юношей до и после лечения представлен на рис. 3. Характерной особенностью буккального эпителия юношей является отсутствие клеток с насечками до лечения, после лечения происходит увеличение числа клеток с протрузиями типа «разбитое яйцо» (различия достоверны ($P < 0,05$)) и снижение количества клеток с перинуклеарными вакуолями (различия достоверны ($P < 0,001$)). У девушек после лечения исчезают клетки с насечками и протрузиями типа «язык».

Увеличение уровня глюкозы в крови приводит к увеличению числа клеток с протрузией типа «язык» ($r = 0,4$, $P < 0,05$) до лечения и количества клеток с насечками и протрузией типа «язык» после лечения ($r = 0,5$, $P < 0,01$; $r = 0,5$, $P < 0,01$ соответственно), которые служат показателями увеличения разорванных хромосомных мостов и количественных нарушений хромосом [16, 21] (рис. 4).

У девушек до лечения выявлена связь показателя уровня глюкозы в крови с общим количеством аберрантных клеток ($r = 0,7$, $P < 0,05$) и клеток с перинуклеарными вакуолями ($r = 0,7$, $P < 0,05$), наличие которых свидетельствует об увеличении некротических процессов и общей деградации ДНК при повышенной концентрации глюкозы в крови. После курса лечения отсутствует связь между исследуемыми пока-

зателями, что может свидетельствовать об улучшении общего состояния организма.

У юношей до лечения отмечается корреляция уровня глюкозы в крови с общим количеством нарушений в буккальном эпителии ($r = 0,5$, $P < 0,05$), насечками ($r = 0,5$, $P < 0,05$), числом клеток с протрузиями типа «язык» ($r = 0,5$, $P < 0,05$). После лечения к перечисленным корреляциям добавляется связь с частотой встречаемости протрузии типа «разбитое яйцо» ($r = 0,6$, $P < 0,01$).

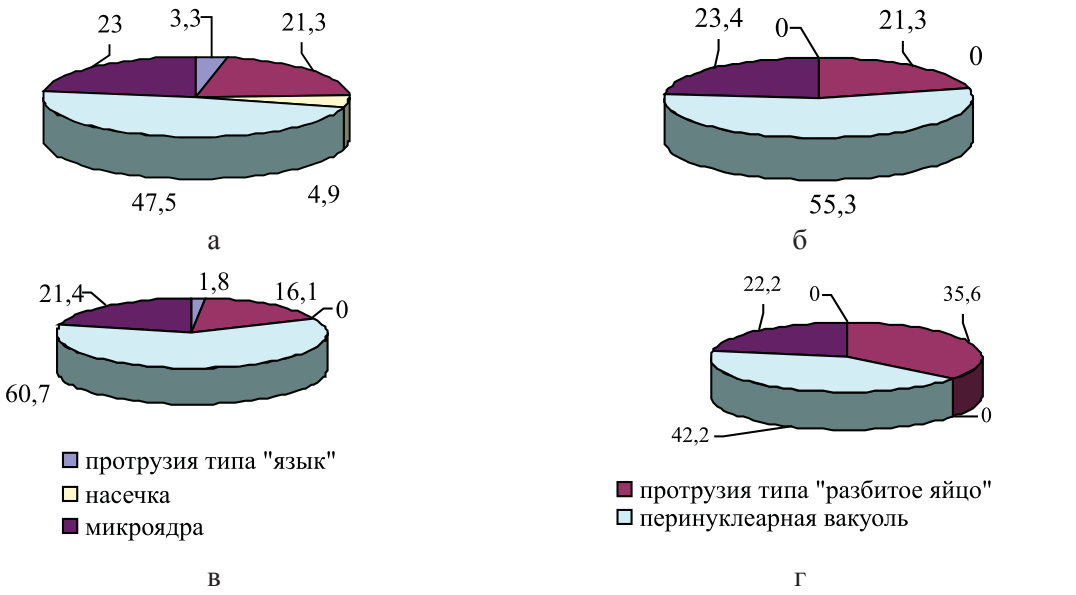


Рис. 3. Спектр цитологических нарушений в клетках буккального эпителия девушек (а, б) и юношей (в, г) с сахарным диабетом I типа до (а, в) и после лечения (б, г)

Рис. 4. Корреляционные связи между уровнем глюкозы в крови и цитологическими нарушениями разных типов в клетках буккального эпителия подростков, больных сахарным диабетом I типа. Обозначения: _____ – коэффициент корреляции от 0,3 до 0,59, — . — . — – коэффициент корреляции от 0,6 до 0,99

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установлено влияние пола и инсулинотерапии на концентрацию глюкозы в крови подростков с сахарным диабетом I типа.

2. Отмечаются половые различия в уровне нарушений: у юношей частота встречаемости почти всех типов аберраций ниже, чем у девушек; отсутствуют насечки, после лечения инсулином отмечается увеличение числа клеток с протрузиями типа «разбитое яйцо» и снижение количества клеток с перинуклеарными вакуолями. У девушек после лечения происходит снижение уровня клеток с протрузиями типа «язык» и насечками.

3. Выявлена положительная корреляционная связь концентрации глюкозы в крови с частотой встречаемости протрузии типа «язык» при сахарном диабете I типа. У девушек до лечения отмечаются корреляционные связи между показателями уровня глюкозы в крови с общим количеством аберрантных клеток и клеток с перинуклеарными вакуолями, после лечения отсутствуют зависимости между изученными показателями. У юношей до и после лечения обнаруживается корреляция уровня глюкозы в крови с общим количеством наруше-

ний в буккальном эпителии, клеток с насечками и протрузией типа «язык», также после лечения добавляется корреляционная связь концентрации глюкозы в крови с частотой протрузии типа «разбитое яйцо».

4. При проведении микроядерного теста в буккальном эпителии необходимо учитывать концентрацию глюкозы в крови, так как это может отразиться на его результатах.

Список литературы

1. Айриян А.П., Оганесян А.А., Арутюнян Р.М. Оценка уровня микроядер слизистой ротовой полости больных аллергозами и здоровых лиц, проживающих в сельской местности // Биол. ж. Армении. – 1990. – Т. 43, № 6. – С. 528–529.

2. Буторина А.К., Калаев В.Н., Карпова С.С. Цитогенетические эффекты антропогенного загрязнения у детей, проживающих в различных районах г. Воронежа // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. – 2000. – № 1. – С. 91–93.

3. Гемонов В.В. Морфология и гистохимия слизистой оболочки полости рта в норме и при некоторых патологических состояниях в эксперименте: автореф. дис. … докт. мед. наук. – М., 1969. – 39 с.

4. Давыдова И.А., Русаленко М.Г. Психоэмоциональное состояние и качество жизни пациентов с сахарным диабетом 1 типа // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2011. – № 2 (6). – С. 65–73.

5. Дедов И.И., Кураева Т.Л., Петеркова В.А. Инсулинотерапия сахарного диабета I типа у детей и подростков. – М.: Эндокринологический научный центр РАМН, 2003. – 101 с.

6. Евтухова О.В. Методы коррекции обучения и стабилизации компенсации сахарного диабета I типа у детей и подростков в школе самоконтроля: автореф. дис. … канд. мед. наук. – Воронеж, 2009. – 21 с.

7. Ильин Д.А. Аспекты формирования микроядер (обзор литературы) // Естествознание и гуманизм: сб. науч. работ. – Томск, 2006. – Т. 3, № 4. – С. 20–22.

8. Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н., Бочаров Е.Ф. Цитогенетический гомеостаз и иммунитет. – Новосибирск: Наука, 1986. – 246 с.

9. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность / Н.Н. Ильинских, И.Н. Ильинских, В.В. Новицкий, Н.Н. Ванчугова . – Томск: Изд-во Томского университета, 1992. – 272 с.

10. Йлдирим И.Х., Йесилада Е, Йологлу С. Частота микроядер в лимфоцитах периферической крови и клетках слизистой оболочки ротовой полости у больных раком, не подвергавшихся лечению / Генетика. – 2006. – Т. 42, № 5. – С. 705–710.

11. Калаев В.Н., Артюхов В.Г., Нечаева М.С. Частота встречаемости клеток с морфологически аномальными ядрами в буккальном эпителии человека при разных способах окрашивания // Цитология. – 2012. – Т. 54, № 1. – С. 78–84.

12. Частота буккальных эпителиоцитов с микроядрами у лиц, страдающих пародонтитом / В.Н. Калаев, И.В. Игнатова, С.С. Карпова, О.В. Артемова // Вестник ВГУ. Серия химия, биология, фармация. – 2010. – № 1. – С. 82–85.

13. Микроядерный тест в буккальном эпителии больных шизофренией на разных стадиях лечения заболевания / В.Н. Калаев, О.Г. Никитина, Т.Ю. Никитина, С.С. Карпова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9, № 4. – С. 817–821.

14. Китаева Л.В. Генотоксический эффект формальдегида у млекопитающих и человека: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 1996. – 18 с.

15. Цитогенетическое обследование детей, больных гастродуоденитом / Л.В. Китаева, Н.М. Качурина, Е.А. Михеева, А.В. Иванов // Тез. докл. II Съезда Вавиловского об-ва генетиков и селекционеров (1-5 февр. 2000 г., СПб.) – СПб., 2000. – Т. 2. – С. 159–160.

16. Кузоватов С.Н., Кравцов С.Н., Вахтин Ю.Б. Межъядерные хромосомные мосты и ядра с протрузиями в клеточных популяциях рабдомиосаркомы ра-23 крыс // Цитология. – 2000. – Т. 42, № 11. – С. 1097–1102.

17. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 512 с.

18. Цитогенетические нарушения в соматических клетках у детей, проживающих в районах с различной интенсивностью загрязнения окружающей среды / В.Г. Маймулов, Л.В. Китаева, Верещагина Т.В., Михеева Е.А. // Цитология. – 1998. – Т. 40, № 7. – С. 686–689.

19. Нерсесян А.К. Микроядерный тест в эксфолиативных клетках человека как метод изучения действия мутагенов/канцерогенов // Цитология и генетика. – 1996. – Т. 30, № 5. – С. 91–96.

20. Анализ микроядер в слизистой ротовой полости онкологических больных для оценки кластогенного эффекта химиопрепаратов / Ар.К. Нерсесян, В.А. Зильфян, В.А. Кумкумаджян, Ан.К. Нерсесян // Цитология и генетика. – 1993. – Т. 27, № 1. – С. 77–81.

21. Радиационная биология / А.М. Никифоров, Р.Ф. Федорцева, Е.К. Моносова, Н.М. Ярцева, В.Ю. Кравцов // Радиоэкология. – 2000. – Т. 40, Вып. 3. – С. 299–304.

22. Соболь М.В., Безруков В.Ф. Частота микроядер в клетках буккального эпителия у школьников Украины разного возраста и пола // Цитология и генетика. – 2007. – Т. 41, № 4. – С. 56–58.

23. Юрченко В.В. Микроядерный тест на гепатоцитах // Полиорганный микроядерный тест в эколого-гигиенических исследованиях. – М.: Гениус, 2007. – С. 43–87.

24. Юрченко В.В., Подольская М.А., Ингель Ф.И. Микроядерный тест на буккальных эпителиоцитах человека // Полиорганный микроядерный тест в эколого-гигиенических исследованиях. – М.: Гениус, 2007. – С. 220–267.

25. Яригина И.А., Башун Н.З. Характеристика показателей биохимического анализа крови больных сахарным диабетом (на примере УЗ «Зельвенская центральная районная больница») // Актуальные проблемы экологии: материалы 7 междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 26 – 28 окт. 2011 г.). – Гродно: ГрГМУ, 2011. – С. 181–182.

26. Aceves A.F.J., Esquivel N.G.A., Gallegos A.M.P., Gómez M.B., Zúñiga G.G., Ramos-Remus C. // J. Rheumatol. – 2004. – V. 31, № 7. – P. 1335–1339.

27. Gagoshidze M.V., Antelava M.O., Zedginidze A.G., Mandzhavidze N.Sh. Dependence of child health on the ecology // Georgian Med. News. – 2005. – V. 118. – P. 49-52.

28. Ramirez A., Saldanha P.H. Micronucleus investigation of a1coho1ic patients with oral carcinomas // Genetics and Molecular Res. – 2002. – V. 1, № 3. – P. 246–260.

29. Rosin M.P., Ragab N.F., Anwar W., Salama S.I.W. Localized induction of micronuclei in the oral mucosa of xeroderma pigmentosum patients // Cancer Lett. – 1994. – V. 81, № 1. – P. 39–44.

30. Unal M., Celik A., Ateş N.A, Micozkadioğlu D., Derici E., Pata Y.S., Akbaş Y. // Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. – 2005. –V. 69, № 11. – P. 1483–1488.

References

1. Ajrijan A.P., Oganesjan A.A., Arutjunjan R.M. Ocenka urovnja mikrojader slizistoj rotovoj polosti bol'nyh allergozami i zdorovyh lic, prozhivajuwih v sel'skoj mestnosti. *Biol. zh. Armenii*, 1990, T. 43, no. 6, pp. 528–529.

2. Butorina A.K., Kalaev V.N., Karpova S.S. Citogenetich-eskie jeffekty antropogennogo zagrjaznenija u detej, prozhivajuwih v razlichnyh rajonah g. Voronezha. *Vestnik VGU. Serija: Himija. Biologija*, 2000, no. 1, pp. 91–93.

3. Gemonov V.V. Morfologija i gistohimija slizistoj obolochki polosti rta v norme i pri nekotoryh patologicheskih sostojanijah v jeksperimente: avtoref. dis. … dokt. med. Nauk. M., 1969, 39 p.

4. Davydova I.A., Rusalenko M.G. Psihojemocional'noe sostojanie i kachestvo zhizni pacientov s saharnym diabetom 1 tipa. *Mediko-biologicheskie problemy zhiznedejatel'nosti*, 2011, no. 2 (6), pp. 65–73.

5. Dedov I.I., Kuraeva T.L., Peterkova V.A.Insulinoterapija saharnogo diabeta I tipa u detej i podrostkov. M.: Jendokrinologicheskij nauchnyj centra RAMN, 2003, 101 p.

6. Evtuhova O.V. Metody korrekcii obuchenija i stabilizacii kompensacii saharnogo diabeta I tipa u detej i podrostkov v shkole samokontrolja: avtoref. dis. … kand. med. nauk. Voronezh, 2009, 21 p.

7. Il'in D.A. Aspekty formirovanija mikrojader (obzor literatury). Estestvoznanie i gumanizm: sb. nauch. Rabot. Tomsk, 2006, T. 3, no. 4, pp. 20–22.

8. Il'inskih N.N., Il'inskih I.N., Bocharov E.F. Citogeneticheskij gomeostaz i immunitet. Novosibirsk: Nauka, 1986, 246 p.

9. Il'inskih N.N., Il'inskih I.N., Novickij V.V., Vanchugova N.N. Mikrojadernyj analiz i citogeneticheskaja nestabil'nost'. Tomsk: Izd-vo Tomskogo universiteta, 1992, 272 p.

10. Jldirim I.H., Jesilada E, Jologlu S. Chastota mikrojader v limfocitah perifericheskoj krovi i kletkah slizistoj obolochki rotovoj polosti u bol'nyh rakom, ne podvergavshihsja lecheniju. *Genetika*, 2006, T. 42, no. 5, pp. 705–710.

11. Kalaev V.N., Artjuhov V.G., Nechaeva M.S. Chastota vstrechaemosti kletok s morfologicheski anomal'nymi jadrami v bukkal'nom jepitelii cheloveka pri raznyh sposobah okrashivanija. *Citologija*, 2012, T. 54, no. 1, pp. 78–84.

12. Kalaev V.N., Ignatova I.V., Karpova S.S., Artemova O.V. Chastota bukkal'nyh jepiteliocitov s mikrojadrami u lic, stradajuwih parodontitom. *Vestnik VGU. Serija himija, biologija, farmacija*, 2010, no. 1, pp. 82–85.

13. Kalaev V.N., Nikitina O.G., Nikitina T.Ju., Karpova S.S. Mikrojadernyj test v bukkal'nom jepitelii bol'nyh shizofreniej na raznyh stadijah lechenija zabolevanija. *Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah,* 2010, T. 9, no. 4, pp. 817–821.

14. Kitaeva L.V. Genotoksicheskij jeffekt formal'degida u mlekopitajuwih i cheloveka: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. SPb., 1996, 18 p.

15. Kitaeva L.V., Kachurina N.M., Miheeva E.A., Ivanov A.B. Citogeneticheskoe obsledovanie detej, bol'nyh gastroduodenitom. Tez. dokl. *2 S'ezda Vavilovskogo ob-va genetikov i selekcionerov* (2 Congress of the Vavilov society of geneticists and breeders) (1–5 fevr. 2000 g., SPb.). SPb., 2000, T. 2, pp. 159–160.

16. Kuzovatov S.N., Kravcov S.N., Vahtin Ju.B. Mezh'jadernye hromosomnye mosty i jadra s protruzijami v kletochnyh populjacijah rabdomiosarkomy ra-23 krys. *Citologija*, 2000, T. 42, no. 11, pp. 1097–1102.

17. Kulaichev A.P. Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannyh. M.: FORUM: INFA-M, 2006, 512 p.

18. Majmulov V.G., Kitaeva L.V., Verewagina T.V., Miheeva E.A. Citogeneticheskie narushenija v somaticheskih kletkah u detej, prozhivajuwih v rajonah s razlichnoj intensivnost'ju zagrjaznenija okruzhajuwej sredy. *Citologija*, 1998, T. 40, no. 7, pp. 686–689.

19. Nersesjan A.K. Mikrojadernyj test v jeksofoliativnyh kletkah cheloveka kak metod izuchenija dejstvija mutagenov/kancerogenov. *Citologija i genetika*, 1996, T. 30, no. 5, pp. 91–96.

20. Nersesjan Ar.K., Zil'fjan V.A., Kumkumadzhjan V.A., Nersesjan An.K. Analiz mikrojader v slizistoj rotovoj polosti onkologicheskih bol'nyh dlja ocenki klastogennogo jeffekta himiopreparatov. *Citologija i genetika*, 1993, T. 27, no. 1, pp. 77–81.

21. Nikiforov A.M., Fedorceva R.F., Monosova E.K., Jarceva N.M., Kravcov V.Ju. *Radiacionnaja biologija. Radiojekologija*, 2000, T. 40, vyp. 3, pp. 299–304.

22. Sobol' M.V., Bezrukov V.F. Chastota mikrojader v kletkah bukkal'nogo jepitelija u shkol'nikov Ukrainy raznogo vozrasta i pola. *Citologija i genetika*, 2007, T. 41, no. 4, pp. 56–58.

23. Jurchenko V.V. Mikrojadernyj test na gepatocitah. Poliorgannyj mikrojadernyj test v jekologo-gigienicheskih issledovanijah. M.: Genius, 2007, pp. 43–87.

24. Jurchenko V.V., Podol'skaja M.A., Ingel' F.I. Mikrojadernyj test na bukkal'nyh jepiteliocitah cheloveka. Poliorgannyj mikrojadernyj test v jekologo-gigienicheskih issledovanijah. M.: Genius, 2007, pp. 220–267.

25. Jarigina I.A., Bashun N.Z. Harakteristika pokazatelej biohimicheskogo analiza krovi bol'nyh saharnym diabetom (na primere UZ «Zel'venskaja central'naja rajonnaja bol'nica»). *Aktual'nye problemy jekologii: mat. 7 mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (7th International Scientific Conference of Ecology actual poblemy) (Grodno, 26 – 28 okt. 2011 g.). Grodno: GrGMU, 2011, pp. 181–182.

26. Aceves A.F.J., Esquivel N.G.A., Gallegos A.M.P., Gómez M.B., Zúñiga G.G., Ramos-Remus C. *J. Rheumatol*, 2004, Vol. 31, no. 7, pp. 1335–1339.

27. Gagoshidze M.V., Antelava M.O., Zedginidze A.G., Mandzhavidze N.Sh. Dependence of child health on the ecology. *Georgian Med. News*, 2005, Vol. 118, pp. 49–52.

28. Ramirez A., Saldanha R.N. Micronucleus investigation of a1coho1ic patients with oral carcinomas. *Genetics and Molecular Res*, 2002, Vol. 1, no. 3, pp. 246–260.

29. Rosin M.P., Ragab N.F., Anwar W., Salama S.I.W. Localized induction of micronuclei in the oral mucosa of xeroderma pigmentosum patients. *Sanser Lett*, 1994, Vol. 81, no. 1, pp. 39–44.

30. Unal M., Celik A., Ateş N.A, Micozkadioğlu D., Derici E., Pata Y.S., Akbaş Y. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol*, 2005, Vol. 69, no. 11, pp. 1483–1488.

Рецензенты:

Дурнова Н.А., д.б.н., доцент, зав. кафедрой общей биологии, фармакогнозии и ботаники ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, Саратов;

Кашин А.С., д.б.н., профессор кафедры общей биологии, фармакогнозии и ботаники ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 576.809.7

ФАКТОРЫ ПЕРСИСТЕНЦИИ STAPHYLOCOCCUS AUREUS ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРЕПАРАТОВ ИНДУКТОРОВ ЭНДОГЕННОГО ИНТЕРФЕРОНА

Киргизова С.Б.

Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург, e-mail: infosector@mail.ru

Изучено влияние препаратов индукторов интерферона: «Полудан» и «Циклоферон» на персистентные свойства Staphylococcus aureus. Микроорганизмы инкубировали с препаратами ежедневно в течение 12 дней. Выделение бактерий осуществляли путем рассева на питательную среду. Антилизоцимную и антикарнозиновую активности изучали фотометрическим методом. Выявлено воздействие индукторов интерферона (полудан, циклоферон) на персистентный потенциал условно-патогенных микроорганизмов. Установлено, что биологически активные вещества, в терапевтических концентрациях оказывают угнетающее действие на антилизоцимную и антикарнозиновую активности микроорганизмов. Отмечено снижение персистентного потенциала в среднем на 57,9 ± 9,0% – 74,6 ± 7,9% от исходного уровня показателей. Полученные данные показывают, что область применения препаратов индукторов интерферона можно значительно расширить, используя их как для подавления персистентного потенциала патогенов, так и для коррекции дисбиотических нарушений в микробиоценозах тела человека.

Ключевые слова: иммуномодуляторы, индукторы интерферона, факторы персистенции, Staphylococcus aureus

THE PERSISTENCE FACTORS OF STAPHYLOCOCCUS AUREUS UNDER THE INFLUENCE DRUGS INDUCTORS OF ENDOGENOUS INTERFERON

Kirgizova C.B.

Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis UrB RAS, Orenburg, e-mail: infosector@mail.ru

The influence of drugs interferon inductors – «Poludan» and «Cycloferon» on the properties of persistent S. aureus was studied. Microorganisms were incubated with the drug daily for 12 days. Isolation of bacteria was carried out by sieving on a nutrient medium. Antilysozyme and anticarnosine activity was studied by the photometric method. The action of interferon inductors (poludan, cycloferon) on persistence potential opportunistic microorganisms was revealed. It is established that the biologically active substances in therapeutic concentrations, have a depressing effect on the antilysozyme and anticarnosine activity of microorganisms. Decreased persistence capacity by an average of 57,9 ± 9,0% – 74,6 ± 7,9% of the baseline indicator. Obtained data show that the region of interferon inducers drugs can be greatly expanded, using them as to suppress the persistence potential pathogens and for the correction of microbiosenosis.

Keywords: immunomodulators, interferon inducers, persistence factors, Staphylococcus aureus

Среди наиболее интенсивно разрабатываемых в последние годы лекарственных средств антивирусные препараты занимают одно из первых мест, при этом особую значимость приобретают препараты, влияющие на механизмы естественного (врожденного) иммунитета (интерфероны и их индукторы). Главной особенностью препаратов является широкий спектр биологической активности, выявленный в процессе многолетнего клинического применения, но если механизм действия на макроорганизм подробно описан [6, 7], то характер их влияния на биологические свойства бактериальных патогенов изучен недостаточно.

Имеются лишь единичные сведения о влиянии препаратов-иммуномодуляторов, в том числе индукторов интерферона на биологические свойства патогенных и условно-патогенных микроорганизмов [4, 8].

Staphylococcus aureus обладает высокой этиологической значимостью в патологии человека и является причиной дисбиотических изменений в микробиоценозах верхних дыхательных путей [3]. Известно, что S. aureus благодаря наличию набора биологических, в частности персистентных свойств, способен колонизировать слизистые оболочки носовой полости, что может способствовать развитию ряда гнойно-воспалительных заболеваний различной локализации [5].

В связи с вышесказанным, нами была предпринята попытка оценить способность препаратов индукторов эндогенного интерферона оказывать влияние на факторы персистенции Staphylococcus aureus.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужил Staphylococcus aureus (коллекция ИКВС УрО РАН), выделенный из переднего отдела носовой полости стафилококкового бактерионосителя и обладающий уровнем выраженности антилизоцимной активности – 2,47 мкг/мл×ОП и антикарнозиновой активности – 2,79 мг/мл. Выделение и идентификацию S. aureus проводили общепринятыми методами на основании морфологических, тинкториальных, культуральных свойств [9]; биохимический профиль оценивали с помощью тест-систем «STAPHYtest» фирмы LACHEMA (Чехия).

В работе были использованы коммерческие препараты индукторы эндогенного интерферона: «Полудан» – синтетический высокомолекулярный индуктор интерферона, состоящий из двунитевого комплекса полиаденилиовой и полиуридиловой кислоты, индуцирующий синтез ИНФ-α и β типов (лиофилизат для приготовления назальных капель с концентрация 20 ЕД/мл), «Циклоферон» – синтетический низкомолекулярный индуктор интерферона, индуцирующий синтез ИФН-α (раствор для инъекций 125 мг/мл доведенный изотоническим раствором хлорида натрия до концентрации 50 мг/мл**).**

В связи с тем, что индукторы интерферона способны индуцировать в организме человека эндогенный интерферон, представляло интерес сравнить их действие с влиянием на персистентные свойства бактерий препарата экзогенного интерферона. В качестве препарата сравнения был взят «Гриппферон» – рекомбинантный экзогенный ИНФ-α-2b (назальные капли с концентрацией 10 000 МЕ/мл).

Антимикробный эффект препаратов изучали в описанных ранее концентрациях, применяемых для терапии вирусных и бактериальных инфекций, с использованием тест-культуры: Staphylococcus aureus ATCC 6538-P (из музея патогенных и условно патогенных культур при Государственном научно – исследовательском институте стандартизации и контроля медицинских биологических препаратов им. Л.А. Тарасевича). В чашки Петри разливали 1,5% питательный агар (НПО «Питательные среды», Махачкала) с добавлением 0,1 мл взвеси тест-культуры в концентрации $1 \cdot 10^9$ КОЕ/мл. В толще агара делали лунки диаметром от 6 до 8 мм, в которые вносили 0,1 мл испытуемых препаратов. В качестве контроля использовали изотонический раствор хлорида натрия. Затем чашки инкубировали при температуре 37°С в течение 16–18 ч. Оценку влияния препаратов на бактерии проводили путем сравнивания опытных и контрольных лунок на наличие зон угнетения роста тест-культуры. При отсутствии антимикробного действия препарата вокруг контрольных и опытных лунок наблюдался рост стафилококка.

Антилизоцимную и антикарнозиновую активности изучали фотометрическим методом [2].

Для оценки влияния лекарственных веществ на антилизоцимную и антикарнозиновую активности бактерий ежедневно в течение 12 дней проводили соинкубирование взвеси S. aureus с препаратами в условиях шейкер-инкубатора при 37°С – 60 минут. Затем смесь центрифугировали при 3000 оборотов в минуту, после чего двукратно отмывали клетки физиологическим раствором и рассеивали на 1,5% мясо-пептонный агар. Чашки инкубировали при температуре 37°С в течение 16–18 ч с последующим определением у 20 изолятов персистентных свойств. В качестве контроля вместо препаратов использовали изотонический раствор хлорида натрия.

Все эксперименты проводили в двух сериях при трехкратном воспроизведении. Полученные результаты обрабатывали с использованием t-критерия Фишера-Стьюдента и представляли в виде средней арифметической и ее ошибки (M± m).

Результаты исследования и их обсуждение

При изучении антимикробной активности препаратов в используемых концентрациях установлено, что они не обладали бактерицидным и бактериостатическим действием, о чем свидетельствовало отсутствие разницы в росте стафилококка вокруг контрольных и опытных лунок.

Тестирование воздействия лекарственных веществ на распространенность антилизоцимной и антикарнозиновой активности у изолятов S.aureus показало, что препарат полудан in vitro оказывал ингибирующее влияние на антилизоцимную и антикарнозиновую активности у 15,0 ± 4,3% изолятов золотистого стафилококка. Циклоферон подавлял персистентные свойства: антилизоцимную активность у 15,0 ± 4,3%, а антикарнозиновую – у 30,0 ± 8,6% штаммов. Препарат экзогенного интерферона гриппферон не оказывал ингибирующего влияния на изученные персистентные свойства бактерий.

При изучении действия лекарственных веществ на уровень экспрессии факторов персистенции золотистого стафилококка оказалось, что наиболее эффективное ингибирование экспрессии персистентных свойств регистрировалось под влиянием препаратов индукторов эндогенного интерферона. Так, при оценке влияния полудана на персистентный потенциал исследованных изолятов S. aureus установлено, что у бактерий, инкубированных с препаратом, по сравнению с контролем, наблюдалось снижение уровня антилизоцимной активности на 57,9 ± 9,0% (средний показатель – 1,04 ± 0,06 мкг/мл×ОП) и антикарнозинового признака на 67,4 ± 8,6% (средняя величина – 0,91 ± 0,08 мг/мл).

Соинкубирование золотистого стафилококка с циклофероном приводило к снижению уровня антилизоцимной активности среди всех исследованных изолятов до среднего значения 0,89 ± 0,07 мкг/мл×ОП, что составляло 63,8 ± 8,8% от исходного уровня признака. Сходные данные были получены при анализе влияния циклоферона на антикарнозиновую активность изолятов S. aureus: под действием препарата средняя величина данного признака среди всех исследуемых опытных изолятов, по сравнению с контролем, снизилась на 74,6 ± 7,9% и составила 0,71 ± 0,09 мг/мл.

При изучении характера влияния на изоляты S.aureus препарата экзогенного интерферона было установлено, что стафилококки к нему менее чувствительны. Так, снижение уровня антилизоцимной активности среди штаммов S.aureus под действием гриппферона составило 13,8 ± 0,02% от начальных значений (средний показатель – 2,13 ± 0,02 мкг/мл×ОП), а антикарнозиновой активности на 10,4 ± 5,6% (в среднем – 2,5 ± 0,01 мг/мл).

Таким образом, экспериментальные данные демонстрируют модифицирующую способность препаратов индукторов эндогенного интерферона на персистентный потенциал S. aureus, причем более выраженную, по сравнению с препаратом рекомбинантного интерферона.

Полученные результаты по влиянию индукторов интерферона на персистентный потенциал S. aureus показывают, что биологически активные вещества в применяемых концентрациях могут оказывать угнетающее действие на распространенность и выраженность факторов персистенции.

Характерной особенностью современной инфекционной патологии является рост числа хронических инфекционно-воспалительных заболеваний разнообразной этиологии и локализации, вызываемых слабопатогенными оппортунистическими микроорганизмами, обладающими множественной антибиотикорезистентностью [1]. Изучение клинической эффективности индукторов интерферона выявило их способность нормализовать микробиоценоз слизистых оболочек носа и зева и восстанавливать уровень нормальной микрофлоры кишечника [10].

Двойная направленность действия препаратов с иммуномодулирующим действием, проявляющаяся, с одной стороны, активацией механизмов естественной иммунологической защиты организма [6], а с другой стороны, влиянием на биологические свойства микроорганизмов [4], может потенциировать результат терапевтического воздействия, что позволит использовать их для более эффективной борьбы с возбудителями бактериальных инфекций и разработки новых подходов к коррекции дисбиотических нарушений в микробиоценозах тела человека.

Заключение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что область применения индукторов интерферона может быть значительно расширена путем использования их в качестве весьма перспективных лекарственных веществ, подавляющих персистентный потенциал патогенов, что может иметь существенное значение в лечении и профилактике бактериальных инфекций, а также коррекции дисбиотических нарушений в микробиоценозах тела человека.

Список литературы

1. Беседнова Н.Н., Запорожец Т.С. Антиинфекционное, антитоксическое и антипаразитарное действие экзогенной ДНК // Антибиотики и химиотерапия. – 2010. – Т. 55, № 7–8. – С. 46–54.

2. Бухарин О.В. Персистенция патогенных бактерий. – М.: Медицина; Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 366 с.

3. Экология микроорганизмов человека / О.В. Бухарин, А.В. Валышев, Ф.Г. Гильмутдинова и др. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 479 с.

4. Влияние циклоферона на биологические свойства бактериальных внутриклеточных патогенов / О.В. Бухарин, Д.А. Кириллов, Н.В. Шеенков, В.А. Кириллов // Журнал микробиол. – 2005. – № 3. – С. 8–10.

5. Бухарин О.В., Усвяцов Б.Я., Карташова О.Л. Биология патогенных кокков. – М.: Медицина; Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 282 с.

6. Ершов Ф.И. Антивирусные препараты. – М., 2006. – 312 с.

7. Ершов Ф.И. Использование иммуномодуляторов при вирусных инфекциях // Антибиотики и химиотерапия. – 2003. – Т. 48, № 6. – С. 27–32.

8. Влияние иммуномодулятора полиоксидония на биологические свойства микроорганизмов / Д.А. Кириллов, И.Н. Чайникова, Н.Б. Перунова и др. // Журнал микробиол. – 2003. – № 4. – С. 74–78.

9. Методы общей бактериологии / Герхард Ф. (ред). – М., 1983. – 536 с.

10. Эффективность циклоферона при вирусных и бактериальных заболеваниях у детей (клинический обзор) / М.Г. Романцов, Л.Г. Горячева, М.К. Бехтерева и др. // Антибиотики и химиотерапия. – 2010. – Т. 55, № 11–12. – С. 39–51.

References

1. Besednova N.N., Zaporozhets T.S. Antiinfective, antitoxic and antiparasitic effects of exogenic DNA. Antibiotics and chemotherapy, 2010, Vol. 55, no. 7–8, pp. 46–54.

2. Bukharin O.V. Persistence of pathogenic bacteria. Moscow, Medicine; Ekaterinburg: UrB RAS, 1999. 366 p.

3. Bukharin O.V., Valyshev A.V., Gilmutdinova F.G., Gritsenko V.A., Kartashova O.L., Kuzmin M.D., Usvyatsov B. Ya., Cherkasov S,V. Human microbial ecology. Ekaterinburg: Ural Division, RAS, 2006. 479 p.

4. Bukharin O.V., Kirillov D.A., Sheenkov N.V., Kirillov V.A. Influence of cycloferon on the biological properties of bacterial intracellular pathogens. Journal microbial., 2005, no. 3, pp. 8–10.

5. Bukharin O.V., Usvyatsov B. Ya., Kartashova O.L. Biology of pathogenic cocci. Moscow, Medicine; Ekaterinburg: Ural Division, 2002. 282 p.

6. Ershov F.I. Antiviral preparations. Moscow, 2006. 312 p.

7. Ershov F.I. Immunomodulators application at viral infection. Antibiotics and chemotherapy, 2003, Vol. 48, no. 6, pp. 27–32.

8. Kirillov D.A., Chainikova I.N., Perunova N.B., Chelpachenko O.E., Pankov A.S., Smolyagin A.S., Valyshev A.V. The effect of polyoxydonium immunomodulator on the biological properties of microorganisms. Journal microbial., 2003, no. 4, pp. 74–78.

9. Manual of methods for general bacteriology / Gerhardt Ph. (edit.). Moscow, 1983. 536 p.

10. Romantsov M.G., Goryacheva L.G., Bekhtereva M.K., Sologub T.V., Kovalenko A.L. Cycloferon efficacy in viral and bacterial diseases of children (clinical review). Antibiotics and chemotherapy, 2010, Vol. 55, no. 11–12. pp. 39–51.

Рецензенты:

Чайникова И.Н., д.м.н., профессор кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии ГБОУ ВПО «Оренбургская государственная медицинская академия» Минздравсоцразвития РФ, г. Оренбург;

Фадеев С.Б., д.м.н., доцент кафедры госпитальной хирургии, урологии ГБОУ ВПО «Оренбургская государственная медицинская академия» Минздравсоцразвития РФ, г. Оренбург.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 535.372

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МЕМБРАННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ В НОРМЕ И ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПАТОЛОГИИ ОРГАНИЗМА

Кочарли Н.К., Гумматова С.Т., Абдуллаев Х.Д., Зейналова Н.М.

Бакинский государственный университет, Баку, e-mail: sam_bio@ mail.ru

Изучено влияние ионов тяжелых металлов (Pb^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}) на мембранную устойчивость эритроцитов крови здорового человека и различных больных. Установлено, что ионы тяжелых металлов приводят к уменьшению мембранной устойчивости эритроцитов крови. Уменьшение стойкости эритроцитов зависит от концентрации и длительности экспозиции ионов металлов: чем выше концентрация и время воздействия, тем больше уменьшается плотность эритроцитов. При обследованнии заболеваний (острая пневмония, опухоль щитовидной железы, сахарный диабет) наблюдается снижение стойкости эритроцитов крови больных к кислотному гемолизу. Скорость кислотного гемолиза уменьшается в эритроцитах крови больного по сравнению с эритроцитами крови здорового человека и зависит от характера болезни. Полученные данные позволяют считать, что изменение физико-химического состава эритроцитов, проявляющееся в непостоянстве их стойкости, является следствием повреждения мембраны эритроцитов при воздействии ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: эритроциты, гемолиз, ионы тяжелых металлов

THE INFLUENCE OF IONS IN HEAVY METALS ON MEMBRANE STABILITY OF ERYTHROCYTES IN NORMAL AND DIFFERENT PATHOLOGIES OF ORGANISMS

Kocharli N.K., Hummatova S.T., Abdullayev K.D., Zeynalova N.M.

Baku State University, Baku, e-mail: sam_bio@ mail.ru

The influence of heavy metals ions (Pb^{2+} Co^{2+} Zn^{2+}) on membrane stability of blood erythrocytes in healthy humans and in different sick ones was investigated. It was determined, that the ions of heavy metals cause to the reduction of membrane stability in blood erythrocytes. The reduction of stability of erythrocytes depends on concentration and continuation exposition of metal ions the more concentration and time of influence the more density decrease of erythrocytes. Examining the patients (acute pneumonia, tumor thyroid gland, diabet), the decrease of erythrocyte stability in patient blood to acid hemolyse has been watched. The velocity of acid hemolyse in blood erythrocytes in sick humans decreases compared with in healthy ones and depends on character of illness. Obtained data allow to consider, that the change of physico-chemical contain of erythrocytes, appearing in changing their stability, are the result of erythrocytes membrane damage by the influence of heavy metal ions.

Keywords*:* **eritrocytes, hemolyse, ions of heavy metals**

В последнее время большое внимание уделяется изучению влияния ионов тяжелых металлов на устойчивость эритроцитов крови человека.

Основной мишенью токсического воздействия тяжелых металлов является биологическая мембрана [5].

Эритроцит – универсальная модель для изучения процессов, происходящих в клеточной мембране под действием самых различных агентов. Детальное исследование изменений морфофункциональных показателей эритроцитов под влиянием различных химических раздражителей, с которыми человек сталкивается в процессе естественных взаимоотношений с природой, позволяет полнее установить возможные последствия и определить наиболее эффективные пути их коррекции в условиях действия эколого-химических факторов окружающей среды. Токсическое действие различных соединений тяжелых металлов преимущественно обусловлено взаимодействием с белками организма, поэтому их называют белковыми ядами. Одним из таких металлов является кадмий [6].

А.А. Тугаревым предложен комплекс информативных критериев для оценки токсического влияния ионов кадмия на морфофункциональные показатели эритроцитов периферической крови человека и животных [6, 7].

Д.В. Большим изучено распределение металлов между различными фракциями крови при экспозиции Zn, Cd, Mn, Pb in vitro [1]. Автором подтверждены данные литературы о преимущественном первичном связывании металлов в крови с альбумином. По проникающей способности исследованные металлы распределились Cd > Mn > Pb > Zn.

Внешняя оболочка клеток крови богата функциональными группами, способными связывать ионы металлов [1].

Биологическая роль вторичного связывания металлов весьма разнопланова и зависит как от природы металла, так и его концентрации и времени экспозиции [7].

В работах С.М. Охрименко показано повышение степени гемолиза эритроцитов после введения животным солей CaCl и $HgCl_2$ [4].

Ионы кобальта способны непосредственно инициировать перекисное окисление липидов (ПОЛ), вытеснять железо из гема и гемопротеинов, в то время как механизм действия ртути заключается в связывании SH-групп белковых и небелковых тиолов. Предварительно введенный триптофан частично ограничивает усиление спонтанного гемолиза эритроцитов, вызванное ввдением хлорида кобальта. Отсутствие такого эффекта в случае введения в организм хлорида ртути свидетельствует о наличии другого механизма, видимо, связанного с высоким сродством ионов ртути к тиогруппам мембранных белков [4].

М.О. Трусевичем изучено влияние тяжелых металлов (хлориды Co, Mn, Ni, Zn) в конечных концентрациях от 0,008 до 1 мМ. На основании полученных результатов авторами сделан вывод о том, что все тяжелые металлы в концентрации свыше 0,008 мМ оказывают токсическое воздействие на резистентность эритроцитарной мембраны, исключая значения концентрации 0,04 мМ. Для хлорида Zn отмечено снижение уровня гемолиза эритроцитов в концентрации 0,04 мМ [5].

Материалы и методы исследования

В настоящей работе изучено влияние тяжелых металлов (Pb^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}) на мембранную устойчивость эритроцитов крови здорового человека и различных больных (сахарный диабет, опухоль щитовидной железы, острая пневмония).

Для опытов использовали кровь, взятую из пальца. Набирали 20 $мм^3$ крови в 2 мл физиологического раствора.

Эритрограмма строилась по методу кислотных эритрограмм, предложенных Гительзоном и Терсковым [2].

Для наблюдения за кинетикой гемолиза использовали фотоэлектрический колориметр КФК-2. За стандартную принята концентрация эритроцитов, оптическая плотность которой в данных условиях составляла 0,700.

Результаты исследования и их обсуждение

В суспензию эритроцитов добавляли растворы тяжелых металлов (хлориды Pb, Co, Zn) в конечных концентрациях от 10^{-5} до 10^{-3} М. Полученные образцы инкубировали в течение 10–60 минут. Затем определялась оптическая плотность эритроцитов в зависимости от концентрации и времени воздействия ионов тяжелых металлов. Кроме того, изучена кинетика кислотного гемолиза эритроцитов в крови здорового человека и крови больных в зависимости от концентрации ионов тяжелых металлов. Известно, что в зависимости от возраста человека изменяется мембранная устойчивость эритроцитов крови. В связи с этим при взятии крови учитывали возраст.

Установлено, что использованные ионы тяжелых металлов оказывают влияние на мембранную устойчивость эритроцитов, которая выражается в изменении плотности последних. Так, например плотность суспензии эритроцитов, подвергнутых воздействию ионов Pb^{2+} в концентрации 10^{-3} М в течение 60 минут, уменьшается на 90%, а при влиянии ионов Co^{2+} и Zn^{2+} соответственно на 70 и 60% (время действия 60 минут, концентрация 10^{-3} М), тогда как плотность суспензии эритроцитов необработанных ионами не изменяется.

Таким образом, установлено, что плотность суспензии эритроцитов изменяется в зависимости от концентрации и длительности воздействия ионов тяжелых металлов – чем выше концентрация и время воздействия, тем больше уменьшение плотности эритроцитов.

Из эритрограммы, характеризующей кислотный гемолиз эритроцитов крови здорового человека, видно, что начало гемолиза на 2-й минуте, длительность гемолиза составляла 8 минут, максимум 6 минут. Скорость кислотного гемолиза крови изменяется при действии ионов тяжелых металлов. Так, если сравним эритрограммы образцов крови, которые подвергались влиянию ионов Pb^{2+} (концентрация 10^{-3} М, время воздействия 30 минут), то можно заметить, что гемолиз длится в среднем 4 минуты и максимум распределения эритроцитов 2 минуты; по сравнению с ионами Pb^{2+} и Co^{2+} ионы Zn^{2+} оказывают слабое воздействие, и кислотный гемолиз длится 6, 5 минут, максимум 4 минуты (рис. 1, 2).

В представленной работе также изучена кинетика кислотного гемолиза эритроцитов крови больных сахарным диабетом, опухолью щитовидной железы и острой пневмонией. Как видно из полученных данных, в крови больных пневмонией и опухоли щитовидной железы происходит накопление в группе пониженно-стойких, среднестойких эритроцитов и уменьшение количества повышенно-стойких эритроцитов. А у больных сахарным диабетом эритрограмма крови с правой стороны приподнята. Это указывает на увеличение уровня эритропоэза в крови [2].

Влияние использованных в работе ионов тяжелых металлов на эритроциты крови больных отличается (рис 3, 4, 5). Так, например, ионы Zn^{2+} оказывают сильное воздействие на эритроциты крови больного острой пневмонией и опухолью щитовид-

ной железы по сравнению с эритроцитами крови здорового человека. Подтверждением наших данных явились результаты исследований, проведенных у больных со злокачественными опухолями различной локализации, где были выявлены выраженные нарушения белкового состава (снижение содержания высокомолекулярных полипептидов при одновременном увеличении доли низкомолекулярных белков), а также показано, что с низкомолекулярными белками в основном связываются ионы Zn^{2+} [3,1]. При влиянии ионов Pb^{2+} на эритроциты крови больных наблюдается смещение всей эритрограммы влево, следовательно, теряет стойкость вся масса эритроцитов.

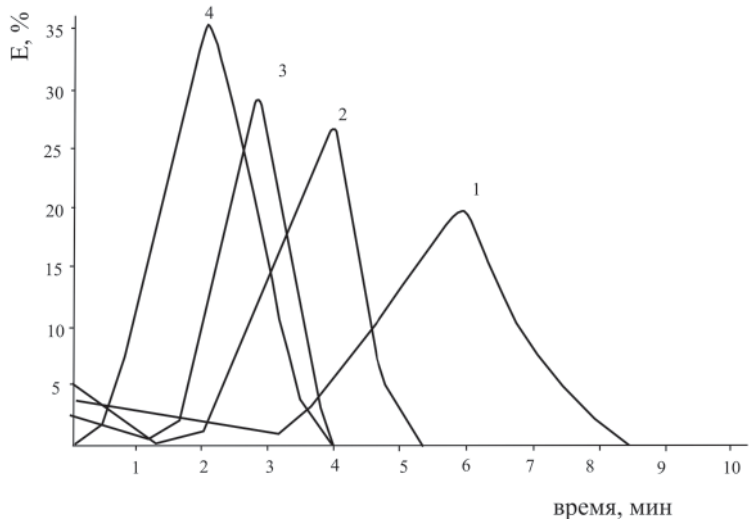


Рис. 1. Эритрограмма крови здорового человека после воздействия ионов Co^{2+}: 1 – контроль; 2 – 10^{-5} М; 3 – 10^{-4} М; 4 – 10^{-3} М. Время воздействия 30 мин P < 0,5

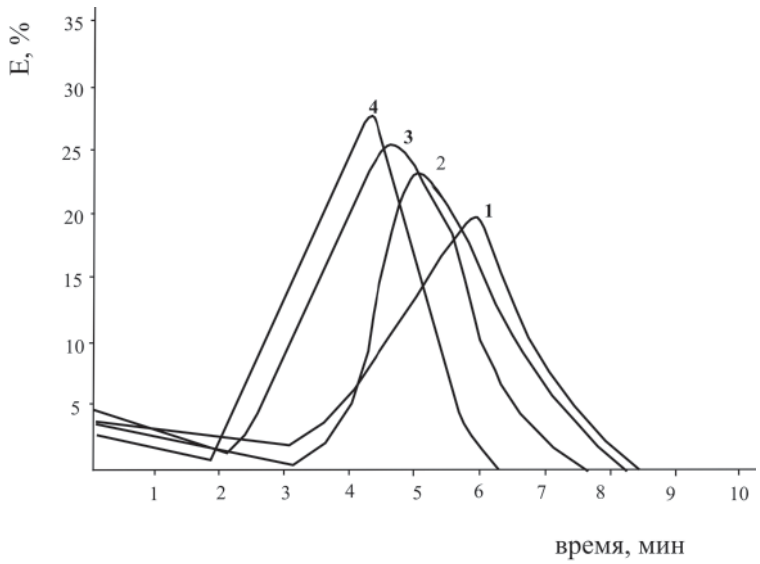


Рис. 2. Эритрограмма крови здорового человека после воздействия ионов Zn2+: 1 – контроль; 2 – 10^{-5} М; 3 – 10^{-4} М; 4 – 10^{-3} М. Время воздействия 30 мин P < 0,5

Полученные данные позволяют считать, что изменение физико-химического состава эритроцитов, проявляющееся в непостоянстве их стойкости, является следствием повреждения мембраны эритроцитов при воздействии ионов тяжелых металлов. Влияние ионов тяжелых металлов (Pb^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}) зависит от концентрации, длительности их экспозиции и предшествующего состояния здоровья человека.

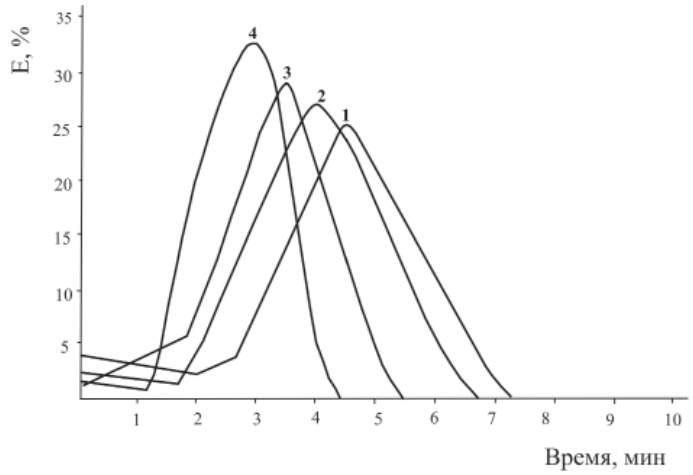


Рис. 3. Эритрограмма крови больных пневмонией после воздействия ионов тяжелых металлов: 1 – кровь больных пневмонией; 2 – Co^{2+} (10^{-5} М); 3 – Zn^{2+} (10^{-5} М); 4 – Pb^{2+} (10^{-5} М). Время воздействия 30 мин P < 0,3

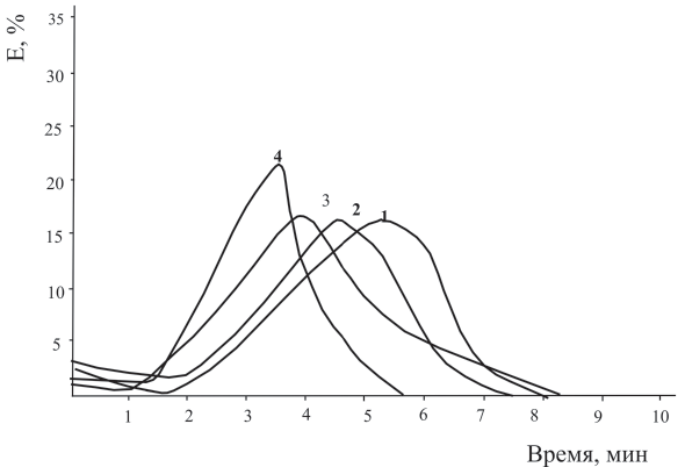


Рис. 4. Эритрограмма крови больных опухолью щитовидной железы после воздействия ионов тяжелых металлов: 1 – кровь больных опухолью щитовидной железы; 2 – Co^{2+} (10^{-5} М); 3 – Zn^{2+} (10^{-5} М); 4 – Pb^{2+} (10^{-5} М). Время воздействия 30 мин P < 0,4

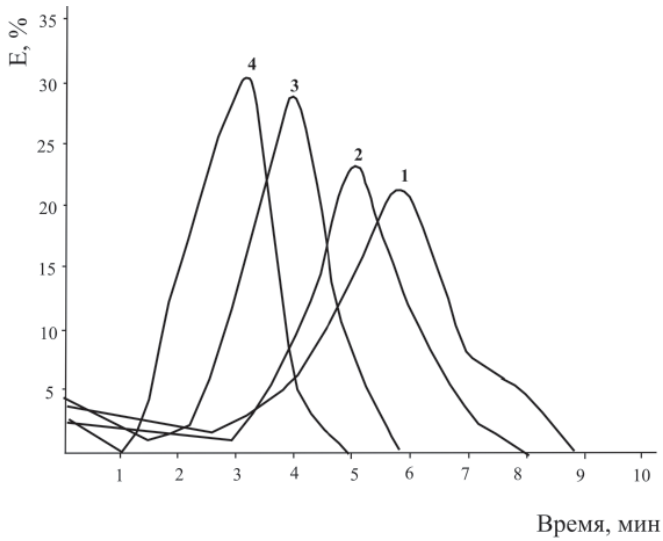


Рис. 5. Эритрограмма крови больных сахарным диабетом после воздействия ионов тяжелых металлов: 1 – кровь больных дибетом; 2 – Zn^{2+} (10^{-5} М); 3 – Co^{2+} (10^{-4} М); 4 – Pb^{2+} (10^{-3} М). Время воздействия 30 мин P < 0,3

Список литературы

1. Большой Д.В. Изучение распределения металлов между различными фракциями крови при экспозиции Zn,Cd, Mn и Pb in vitro // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2009. – Т.18, №4. – С. 71–75.

2. Гительзон М.И. Эритрограммы как метод клинического исследования крови / М.И. Гительзон, И.А. Терсков. – Красноярск: Изд-во Сибирского отделения АН СССР, 1954. – 246 с.

3. Новицкий В.В., Молекулярные нарушения мембраны эритроцитов при патологии разного генеза являются типовой реакцией организма контуры проблемы / отсосе // Бюллетень Сибирской медицины. – 2006. – Т.5, №2. – С. 62–69.

4. Охрименко С.М. Влияние триптофана на некоторые показатели азотистого обмена у крыс при оксидативном стрессе, вызванном солями кобальта и ртути // Вестник Днепропетровского университета. Биология, Экология. – 2006. – Т.2, №4– С. 134–138.

5. Трусевич М.О. Изучение гемолиза эритроцитов под воздействием тяжелых металлов. Экология человека и проблемы окружающей среды в постчернобыльский период // материалы респуб. научн. конференции. – Минск, 2009. – С. 50.

6. Тугарев А.А. Влияние кадмия на морфофункциональные характеристики эритроцитов: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук. – М., 2003.– 28 с.

7. Davidson T., Ke Q., Costa M. Transport of Toxic Metals by Molecular/Ionic Mimicry of Essential Compounds. – In: Handbook on the toxicology of metals / ed. By G.F. Nordberg et all. – 3-d ed. – Acad. Press. – London/New York/Tokyo, 2007. – pp. 79–84

References

1. Bolshoj D.V. Izuchenie raspredelenija metallov mezhdu razlichnymi frakcijami krovi pri jekspozicii Zn,Cd, Mn i Pb in vitro. Aktual'nye problemy trancportnoj mediciny. 2009, T.18, no. 4, p. 71–75.

2. Gitelzon M.I., Terskov I.A.Jeritrogrammy kak metod klinicheskogo issledovanija krovi. Krasnojarsk: Izd-vo Sibirskogo otdelenija AN SSSR, 1954, 246 p.

3. Novickij V.V., Rjazancova N.V., Stepovaja V.A. i dr. Molekuljarnye narushenija membrany jeritrocitov pri patologii raznogo geneza javljajutsja tipovoj reakciej organizma kontury problemy: Bjulleten Sibirskoj mediciny. 2006, T.5, no. 2, pp. 62–69.

4. Ohrimenko S.M. Vlijanie triptofana na nekotorye pokazateli azotistogo obmena u krys pri oksidativnom stresse vyzvannom soljami kobalta i rtuti. Vestnik Dnepropetrovskogo Universiteta. Biologija, Jekologija, 2006,T.2., no. 4, pp. 134–138.

5. Trusevich M.O. Izuchenie gemoliza jeritrocitov pod vozdejstviem tjazhelyh metallov. Jekologija cheloveka i problemy okruzhajuwej sredy v postchernobylskij period. Materialy respub. Nauchn. Konferencii. Minsk, Belarus., 2009, pp. 50.

6. Tugarev A.A. Vlijanie kadmija na morfofunkcional'nye harakteristiki jeritrocitov: Avtoref. dis. d-ra..biol. nauk. Moskva, 2003. 28 p.

7. Davidson T., Ke Q., Costa M. Transport of Toxic Metals by Molecular/Ionic Mimicry of Essential Compounds. – In: Handbook on the toxicology of metals / ed. By G.F. Nordberg et all. – 3-d ed.– Acad. Press, London/New York/Tokyo, 2007. pp. 79–84.

Рецензенты:

Халилов Р.И.Х., д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории радиоэкологии Института радиационных проблем Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку;

Гусейнов Т.М., д.б.н., руководитель лаборатории экологической биофизики Института физики Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку.

Работа поступила в редакцию 17.09.2012.

УДК 636.2.034:575.113

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ CSN3, BPRL И BGH У КОРОВ КОСТРОМСКОЙ ПОРОДЫ В СВЯЗИ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

[1]Перчун А.В., [2]Лазебная И.В., [1]Белокуров С.Г., [2]Рузина М.Н., [2]Сулимова Г.Е.

[1]ФГБОУ ВПО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», пос. Караваево, e-mail: zooaleks@mail.ru;

[2]ФГБУН «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова» Российской академии наук, Москва, e-mail:Lazebnaya@mail.ru

Описан полиморфизм генов каппа-казеина (CSN3), пролактина (bPRL-RsaI) и гормона роста (bGH-AluI) у коров костромской породы из ОАО ПЗ «Караваево» Костромской области. Установлено распределение частот аллелей и генотипов исследуемых генов. В изученной популяции наиболее часто встречались аллель B и генотип AB гена CSN3 (0,624 и 0,528, соответственно), аллель A и генотипы AA и AB гена bPRL (0,720, 0,496 и 0,448, соответственно), аллель L и генотип LL гена bGH (0,940 и 0,880, соответственно) при отсутствии генотипа VV. Не установлено достоверных различий между значениями наблюдаемой (Hobs) и ожидаемой (Hexp) гетерозиготности ни по одному из трех генов. Изучение влияния вышеперечисленных генов на параметры молочной продуктивности коров за 305 дней первой лактации показало, что достоверно лучшими показателями удоя (6456 кг) и количества молочного белка (208,5 кг) в молоке отличались животные с генотипом LL гена bGH, а по процентному содержанию жира (4,38%) – животные с генотипом VL. Наиболее предпочтительным генотипом гена CSN3 по содержанию белка является генотип BB по сравнению с генотипом AA (выше на 3,25%). По гену bPRL достоверных отличий установлено не было.

Ключевые слова: костромская порода, молочная продуктивность, ДНК-полиморфизм, ген каппа-казеина, ген пролактина, ген гормона роста

POLYMORPHISM OF *CSN3*, *BGH* AND *BPRL* GENES IN CONNECTION WITH MILK QUALITY TRAITS IN KOSTROMA CATTLE BREED

[1]Perchun A.V., [2]Lazebnaya I.V., [1]Belokurov S.G., [2]Ruzina M.N., [2]Sulimova G.E.

[1]Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, e-mail: zooaleks@mail.ru;

[2]Vavilov Institute of General Genetics Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: Lazebnaya@mail.ru

Polymorphysms of the kappa-casein (CSN3), prolactin (bPRL-RsaI) and growth hormone (bGH-AluI) genes in Kostroma cattle breed from the Karavaevo farm of the Kostroma region were revealed. Distributions of the most frequent alleles and genotypes of the genes studied were the following: allele B (0,624) and genotype AB (0,528) of the CSN3 gene, allele A (0,720) and genotypes AA (0,496) and AB (0,448) of the bPRL gene, and allele L (0,940) and genotype LL (0,880) of the bGH gene. The observed (Hobs) and expected (Hexp) heterozygosities for all genes studied did not differ significantly from each other. Study of the effects of the genes on milk production traits for 305 days of the first lactation revealed the following: significantly better in milk yield and milk protein were animals of the LL genotype of the bGH gene, 6456 kg and 208,5 kg, correspondingly, in fat content – animals of the VL genotype (4,38%). The most preferred genotype in fat content of the CSN3 gene was BB genotype exceeded AA genotype (more on 3,25%). Significant differences for the bPRL gene were not found.

Keywords: kostroma cattle breed, milk production, DNA-polymorphism, kappa-casein gene, prolactin gene, growth hormone gene

Полиморфизм генов, ассоциированных с параметрами молочной продуктивности, позволяет вести селекцию домашних животных с учетом ценных генотипов в отношении хозяйственно полезных признаков. Установленный для крупного рогатого скота (КРС) спектр генов-кандидатов на связь с признаками молочной продуктивности включает в себя гены основных белков молока (лактальбуминов и казеинов), гены гормонов, стимулирующих их экспрессию, а также гены, продукты которых регулируют обмен протеинов и липидов в организме [7]. Среди них особое место занимают гены каппа-казеина, гормона роста и пролактина [1, 4, 9].

Каппа-казеин обеспечивает оптимальные технологические свойства молока при производстве сыра, поэтому его ген рассматривают в качестве одного из основных маркеров племенной ценности КРС [4]. Ген каппа-казеина (*CSN*3) у представителей вида *Bos taurus* L. находится на 6-й хромосоме. Из десяти описанных аллелей этого гена наиболее часто встречаются аллельные варианты *A* и *B*, которые отличаются двумя аминокислотными заменами в 136-м *Thr*(*A*)/*Ile*(*B*) и 148-м *Asp*(*A*)/*Ala*(*B*) положениях полипептидной цепи. Многими зарубежными [11] и отечественными [5] исследователями установлена ассоциация *B*-аллеля гена *CSN*3 с более высоким содержанием белка в молоке и выходом сыра, а также с лучшими коагуляционными свойствами молока у КРС.

Гормон роста (*bGH*) – важнейший регулятор соматического роста животных, об-

ладающий, в том числе лактогенным и жиромобилизующим действием. У КРС ген гормона роста локализован на 19-й хромосоме и состоит из пяти экзонов и четырёх интронов. *Alu*I рестрикционный полиморфизм в пятом экзоне гена связан с трансверсией C-G, приводящей к замене в белковом продукте гена аминокислоты лейцин на аминокислоту валин (*Leu* на *Val*, 127 позиция). Рядом учёных [1, 2, 10] установлена связь различных полиморфных вариантов гена *bGH с* такими хозяйственно-полезными признаками КРС как рост и развитие, молочная продуктивность (удой, содержание жира и белка в молоке).

Пролактин (*bPRL*) – один из самых универсальных гормонов гипофиза с точки зрения его биологической активности. Он участвует в дифференцировке эпителиальных клеток молочной железы, инициации и поддержании лактации, регуляции синтеза молочных белков и жиров. Таким образом, ген пролактина является потенциальным генетическим маркером признаков молочной продуктивности в животноводстве. У КРС ген *bPRL* расположен на 23-й хромосоме и состоит, как и ген *bGH*, из пяти экзонов и четырёх интронов. Установлено, что синонимичная A-G замена, возникающая в кодоне для 103 аминокислоты, приводит к появлению полиморфного *Rsa*I-сайта. Во многих исследованиях [2, 3, 9] показана связь *Rsa*I-генотипов гена *bPRL y* КРС с параметрами молочной продуктивности.

Костромская порода КРС является одной из лучших отечественных пород мясомолочного направления продуктивности. Исследованию ее генофонда по перечисленным молекулярным маркерам посвящены работы ряда авторов [6, 8], однако животные из хозяйства ОАО ПЗ «Караваево», являющегося родоначальником костромской породы, не были изучены.

Цель нашего исследования заключалась в изучении полиморфизма генов каппа-казеина, гормона роста и пролактина у коров костромской породы в связи с параметрами молочной продуктивности.

Материал и методы исследования

Исследования проведены в лаборатории сравнительной генетики животных ИОГен РАН. Материалом для исследований послужила кровь коров костромской породы (n = 125) из хозяйства ОАО ПЗ «Караваево» Костромской области. Кровь для выделения ДНК отбирали из ярёмной вены в объёме 5 мл в вакуумные пробирки с сухим ЭДТА К3 (ООО «ГЕМ», Россия). Геномную ДНК животных выделяли из 200 мкл цельной крови с использованием набора реагентов «DIAtom™DNA Prep» (IsoGene Lab., Москва) согласно прописи, предоставленной изготовителем.

Тестирование *A*- и *B*-аллелей гена *CSN*3 проводили с помощью метода аллель-специфичной полимеразной реакции с использованием набора «GenePak k-Casein A/B PCR test» (IsoGene Lab., Москва) согласно прописи изготовителя. Амплификацию проводили в термоциклере «DNA Engine Dyad» (BioRad, США) в следующем режиме: первый цикл – 95 °C, 2 мин; последующие 32 цикла – 95 °C, 15 с; 62 °C, 40 с; 72 °C, 30 с; заключительный цикл – 72 °C, 7 мин.

Полиморфизм генов *bGH и bPRL* исследовали методом PCR-RFLP. Для амплификации фрагментов этих генов использовали следующие пары олигонуклеотидных праймеров, синтезированных в ООО НПФ «Литех» (г. Москва): GH-F: 5’-GCTGCTCCTGAGGGCCCTTCG-3’и GH-R: 5’-GCGGCGGCACTTCATGACCCT-3’(для гена *bGH*); PR3-F: 5’-CGAGTCCTTATGAGCTTGATTCTT-3’ и PR3-R: 5’- GCCTTCCAGAAGTCGTTTGTTTTC-3’ (для гена *bPRL*) [3]. Амплификацию проводили с применением набора «GenePak™ PCR Core» (IsoGene Lab., Москва) в термоциклере «Терцик» (ООО «ДНК-технология», Россия) в следующем режиме: для фрагмента гена *bGH*: первый цикл – 94 °C, 4 мин; последующие 35 циклов – 94 °C, 45 с; 65 °C, 45 с; 72 °C, 45 с; заключительный цикл – 72 °C, 7 мин.; для фрагмента гена *bPRL*: первый цикл – 95 °C, 5 мин; последующие 35 циклов – 95 °C, 30 с; 57 °C, 30 с; 72 °C, 30 с; заключительный цикл – 72 °C, 7 мин. Полученные продукты амплификации генов *bPRL и bGH* обрабатывали эндонуклеазами рестрикции *Rsa*I *и Alu*I соответственно в течение 20 часов при соблюдении условий, указанных фирмой-производителем (MBI Fermentas, Литва).

Размер продуктов рестрикции фрагмента гена *bGH* оценивали методом электрофореза в 2 %-м агарозном геле, а фрагмента гена *bPRL* – в 6 %-м полиакриламидном геле (1х TBE, бромистый этидий 0,5 мкг/мл, 100V). Результаты электрофореза регистрировали в ультрафиолете с использованием системы гельдокументации «UVT-1» (Biokom, Россия).

Удой, содержание жира и белка (кг, %) в молоке оценивали за 305 дней первой лактации по данным зоотехнического учёта (форма 2-мол). Статистическую обработку результатов проводили в программе «Microsoft Excel 2010». Достоверность попарных различий между средними значениями признаков оценивали с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведённое исследование выявило полиморфизм всех рассматриваемых генов (табл. 1). В изученной выборке коров наблюдается значительное преобладание животных с генотипом *AB* (0,528) гена *CSN*3. Генотип *AA*, менее желательный при производстве молока, согласно работам [5, 11], был выявлен у 14 коров (0,112). Частота аллеля А составила 0,376, аллеля *B* – 0,624. В отношении гена *bPRL* было установлено, что частота аллеля А преобладает над частотой аллеля *B* более чем в два раза и составляет 0,72. Генотипы *AA и AB* гена пролактина у исследованных животных встречались примерно с одинаковой частотой – 0,496 и 0,448, соответственно. Частота

генотипа *BB* у коров находилась на низком уровне и составила всего 0,056. Что касается гена *bGH*, то частота генотипа *LL* значительно превосходила частоту генотипа *VL*, и составила 0,88. Животных же с генотипом *VV в* данной выборке выявлено не было, что согласуется с ранее проведённым исследованием костромской породы [6].

Таблица 1

Частота генотипов и аллелей генов *CSN*3, *bPRL* и *bGH* у коров костромской породы (n = 125)

Ген	Число животных, гол.	Генотип	Частота генотипов ± s.e.	Аллель	Частота аллелей ± s.e.	H_{exp}	χ^2
*CSN*3	14 66 45	AA *AB* (H_{obs}) BB	0,112 ± 0,028 0,528 ± 0,045 0,360 ± 0,043	A B	0,376 ± 0,043 0,624 ± 0,043	0,469± 0,045	2,03
bPRL	62 56 7	AA AB BB	0,496 ± 0,045 0,448 ± 0,044 0,056 ± 0,021	A B	0,720 ± 0,040 0,280 ± 0,040	0,403 ± 0,044	1,22
bGH	15 110	VL LL	0,120 ± 0,029 0,880 ± 0,029	V L	0,060 ± 0,021 0,940 ± 0,021	0,110 ± 0,028	0,10

Примечания: *s.e.* – стандартная ошибка; H_{obs} – наблюдаемая гетерозиготность; H_{exp} – ожидаемая гетерозиготность; χ^2 – критерий соответствия.

Не установлено статистически значимого отклонения эмпирического распределения частот генотипов от распределения генотипов по Харди-Вайнбергу ни по одному из генов, так же, как не установлено достоверных различий между значениями наблюдаемой (H_{obs}) и ожидаемой (H_{exp}) гетерозиготности (табл. 1).

В табл. 2 показана связь генотипов по локусам рассматриваемых генов с показателями молочной продуктивности коров за 305 дней 1-й лактации.

Таблица 2

Молочная продуктивность коров костромской породы с различными генотипами (за 305 дней первой лактации)

Генотип	Удой, кг	Жир, %	Количество молочного жира, кг	Белок, %	Количество молочного белка, кг
Ген *CSN*3					
AA	6351 ± 321	4,25 ± 0,08	277,4 ± 16,5	3,18 ± 0,02*	201,9 ± 10,2
AB	6364 ± 133	4,15 ± 0,04	264,1 ± 5,8	3,23 ± 0,01	205,5 ± 4,3
BB	6494± 164	4,15 ± 0,04	269,0 ± 7,1	3,25 ± 0,01*	210,6 ± 5,2
Ген *bPRL*					
AA	6416 ± 142	4,14 ± 0,04	265,3 ± 5,7	3,23 ± 0,01	207,4 ± 4,5
AB	6426 ± 144	4,19 ± 0,04	270,6 ± 7,1	3,23 ± 0,01	207,2 ± 4,6
BB	6207 ± 435	4,17 ± 0,08	259,2 ± 20,8	3,23 ± 0,04	200,5 ± 14,8
Ген *bGH*					
LL	6456 ±108*	4,13 ± 0,03**	267,3 ± 4,8	3,23 ± 0,01	208,5 ± 3,5*
VL	6064 ± 156*	4,38 ± 0,07**	268,1 ± 7,2	3,22 ± 0,01	195,1 ± 4,9*

Примечания: * – $P < 0,05$ и ** – $P < 0,01$ (критерий Стьюдента).

Из таблицы видно, что по процентному содержанию белка животные с генотипом *BB* гена *CSN*3 имели преимущество над животными с генотипом *AA*. За 305 дней лактации они продуцировали в среднем на 0,07% ($P < 0,05$) больше белка. При рассмотрении молочной продуктивности животных с различными генотипами гена *bPRL* достоверных различий установлено не было. По исследованному SNP гена *bGH* было выявлено, что наибольшими показателями удоя (6456 кг) и количества молочного белка (208,5 кг) характеризовались животные с генотипом *LL*, что на 6,1 и 6,9% больше, соответственно, чем у их сверстниц с генотипом *VL*. При этом коровы с генотипом *VL* продуцировали молоко с большим процентным содержанием жира, равным 4,38% (на 0,25% больше, $P < 0,01$).

При анализе совместного влияния рассматриваемых генов на показатели молочной продуктивности коров костромской

породы в первой лактации из 15 выявленных комплексных генотипов нами было учтено восемь, частота которых превышала 2,4%. Наиболее часто встречались животные с генотипами *AB/AA/LL* (25,8%), *AB/AB/LL* (20,0%) и *BB/AA/LL* (16,8%) (табл. 3).

Таблица 3

Молочная продуктивность коров костромской породы с различными комплексными генотипами за первую лактацию

Генотип гена			*n*	Удой, кг	Жир, %	Количество молочного жира, кг	Белок, %	Количество молочного белка, кг
*CSN*3	bPRL	bGH						
AA	AB	LL	9	6429 ± 496	4,26 ± 0,12	280,6 ± 26,0	3,18 ± 0,03	204,4 ± 15,8
AB	AA	LL	32	6339 ± 186	4,11 ± 0,04^{a*}	260,3 ± 7,7	3,24 ± 0,02	205,3 ± 6,1
AB	AA	LV	5	6085 ± 264	4,42 ± 0,21^{a*b*}	269,0 ± 16,1	3,19 ± 0,02	194,1 ± 7,5
AB	AB	LL	25	6531 ± 250	4,13 ± 0,06	269,8 ± 11,3	3,22 ± 0,02	210,3 ± 7,9
BB	AA	LL	21	6736 ± 291	4,04 ± 0,05^{b*}	271,8 ± 11,5	3,24 ± 0,01	217,9 ± 9,2
BB	AB	LL	15	6373 ± 232	4,21 ± 0,08	269,3 ± 12,9	3,26 ± 0,04	207,5 ± 7,3
BB	AB	LV	3	5790 ± 327	4,27 ± 0,06	246,9 ± 10,7	3,23 ± 0,02	186,7 ± 9,7
BB	BB	LL	4	6469 ± 564	4,15 ± 0,15	269,6 ± 30,3	3,24 ± 0,06	210,2 ± 21,7

Примечание: буквенными индексами (a, b) обозначены пары достоверно различающихся генотипов при уровне достоверности: * – P < 0,05 (критерий Стьюдента).

Проведённый анализ показал достоверное превосходство коров с генотипом *AB/AA/LV* по процентному содержанию жира в молоке над животными с генотипами *AB/AA/LL* и *BB/AA/LL* на 0,31% ($P < 0,05$) и 0,38% ($P < 0,05$) соответственно. Наблюдаемые между животными с генотипами *AA/AB/LL и BB/AA/LL* различия по процентному содержанию белка носят характер тенденции ($P = 0,054$). По другим генотипам достоверных различий в показателях молочной продуктивности за 305 дней первой лактации найдено не было.

Заключение

Итак, проведённое исследование свидетельствует о связи показателей молочной продуктивности у исследованных коров костромской породы из ОАО ПЗ «Караваево» с генотипами генов *CSN*3 и *bGH*. Полученные данные по ассоциации *LL* генотипа гена *bGH* с высокими показателями удоя и количества молочного белка за 305 дней первой лактации согласуются с закономерностями, описанными у коров черно-пестрой породы [10]. Выявленное преимущество костромских коров с *VL* генотипом этого же гена по содержанию молочного жира наблюдалось также у коров голштинской породы [12]. Отметим, что ранее достоверных связей показателей молочной продуктивности с геном *bGH* у костромского скота обнаружено не было, однако, была отмечена тенденция связи генотипа *VL* гена гормона роста (*bGH*) с более высоким содержанием жира по сравнению с генотипом *LL* ($P = 0,086$) [6]. Наибольшим процентным содержанием белка в молоке характеризовались животные с генотипом *BB* гена *CSN*3, что не противоречит данным других авторов [5, 11]. В настоящем исследовании установлено, что коровы с комплексным генотипом *AB/AA/VL* (гены *CSN3/bPRL/bGH*) продуцируют молоко со значимо более высоким содержанием молочного жира по сравнению с коровами генотипов *AB/AA/LL* и *BB/AA/LL*. Нами не было установлено влияния *Rsa*I-полиморфизма гена *bPRL* на исследованные признаки, как и в работе [6].

Таким образом, при разведении и совершенствовании животных костромской породы КРС с целью повышения уровня и качества получаемого от них молока хозяйствам как племенных, так и товарных стад, целесообразно рассматривать полученные результаты как дополнительный критерий при ведении селекционно-племенной работы с использованием ДНК-маркеров при отборе и подборе животных. Однако следует отметить, что для массового применения установленных закономерностей на практике необходима проверка их универсальности на больших выборках животных.

Работа выполнена при поддержке программы ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (Шифр лота: 2012-1.4-12-000-1001, шифр заявки: 2012-1.4-12-000-1001-007, Номер соглашения: 8088) и РФФИ (проект № 12-04-90880-мол_рф_нр).

Список литературы

1. Балацкий В.Н. Генетический полиморфизм соматотропина и ассоциация его аллелей с количественными признаками животных // Сельскохозяйственная биология. – 1998. – № 4. – С. 43–53.

2. ДНК-полиморфизм генов гормона роста и пролактина у ярославского и чёрно-пёстрого скота в связи с молочной продуктивностью / С.Р. Хатами, О.Е. Лазебный, В.Ф. Максименко, Г.Е. Сулимова // Генетика. – 2005. – Т. 41, № 2. – С. 229–236.

3. Долматова И.Ю., Гареева И.Т., Ильясов А.Г. ДНК-технологии в животноводстве // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 2. – С. 42–43.

4. Использование ДНК технолий в животноводстве / Ф.С. Сибагатуллин, Т.Х. Фаизов, Г.С. Шарафутдинов, Ш.З. Валидов, Р.Р. Шайдуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2010. – Том 15, № 1. – С. 130–132.

5. Калашникова Л.А., Труфанов В.Г. Влияние генотипа каппа-казеина на молочную продуктивность и технологические свойства молока коров холмогорской породы // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 4. – С. 43–44.

6. Полиморфизм генов гормона роста bGH и пролактина bPRL и изучение его связи с процентным содержанием жира в молоке у коров костромской породы / И.В. Лазебная, О.Е. Лазебный, М.Н. Рузина, Г.А. Бадин, Г.Е. Сулимова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 4. – С. 46–51.

7. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных / Н.А. Зиновьева, О.В. Костюнина, Е.А. Гладырь, А.Д. Банникова, В.Р. Харзинова, П.В. Ларионова, К.М. Шавырина, Л.К. Эрнст // Зоотехния. – 2010. – № 1. – С. 8–10.

8. Уникальность костромской породы крупного рогатого скота с позиции молекулярной генетики / Г.Е. Сулимова, И.В. Лазебная, А.В. Перчун, М.Н. Рузина, Г.А. Бадин // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 52–54.

9. Association of genetic variants of bovine prolactin with milk production traits of Black-and-White and Jersey cattle / A. Dybus, W. Grzesiak, H. Kamieniecki, I. Szatkowska, Z. Sobek, P. Blaszczyk, E. Czerniawska-Piatkowska, S. Zych, M. Muszynska // Arch. Tierz., Dummerstorf. – 2005. – Vol. 48, № 2. – P. 149–156.

10. Dybus A. Associations between Leu/Val polymorphism of growth hormone gene and milk production traits in Black-and-White cattle // Arch. Tierz., Dummerstorf. – 2002. – Vol. 45, № 5. – P. 421–428.

11. Effect of κ-casein B relative content in bulk milk κ-casein on Montasio, Asiago, and Caciotta cheese yield using milk of similar protein composition / V. Bonfatti, A. Cecchinato, G. Di Martino, M. De Marchi, L. Gallo, P. Carnier // J. Dairy Sci. – 2001. – Vol. 94, № 2. – P. 602–613.

12. Sabour M.P., Lin C.Y., Smith C. Association of genetic variants of bovine growth hormone with milk production traits in Holstein cattle // Journal of Animal Breeding and Genetics. – 1997. – Vol. 114. – P. 435–442.

References

1. Balackij V.N. *Sel'skohozjajstvennaja biologija*, 1998, no. 4, pp. 43–53.

2. Hatami S.R., Lazebnyj O.E., Maksimenko V.F., Sulimova G.E. *Genetika*, 2005, vol. 41, no. 2, pp. 229–236.

3. Dolmatova I.Ju., Gareeva I.T., Il'jasov A.G. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2010, no. 2, pp. 42–43.

4. Sibagatullin F.S., Faizov T.H., Sharafutdinov G.S., Validov Sh.Z., Shajdullin R.R. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2010, vol. 15, no. 1, pp. 130–132.

5. Kalashnikova L.A., Trufanov V.G. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk,* 2006, no. 4, pp. 43–44.

6. Lazebnaja I.V., Lazebnyj O.E., Ruzina M.N., Badin G.A., Sulimova G.E. *Sel'skohozjajstvennaja biologija,* 2011, no. 4, pp. 46–51.

7. Zinov'eva N.A., Kostjunina O.V., Gladyr' E.A., Bannikova A.D., Harzinova V.R., Larionova P.V., Shavyrina K.M., Jernst L.K. *Zootehnija*, 2010, no. 1, pp. 8–10.

8. Sulimova G.E., Lazebnaja I.V., Perchun A.V., Ruzina M.N., Badin G.A. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2011, no. 9, pp. 52–54.

9. Dybus A., Grzesiak W., Kamieniecki H., Szatkowska I., Sobek Z., Blaszczyk P., Czerniawska-Piatkowska E., Zych S., Muszynska M. *Arch. Tierz., Dummerstorf,* 2005, vol. 48, no. 2, pp. 149–156.

10. Dybus A. *Arch. Tierz., Dummerstorf,* 2002, vol. 45, no. 5, pp. 421–428.

11. Bonfatti V, Cecchinato A, Di Martino G, De Marchi M, Gallo L, Carnier P. *J. Dairy Sci.,* 2001, vol. 94, no. 2, pp. 602–613.

12. Sabour M.P., Lin C.Y., Smith C. *Journal of Animal Breeding and Genetics,* 1997, vol. 114, pp. 435–442.

Рецензенты:

Кокшарова О.А., д.б.н., в.н.с. Научно-исследовательского института физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва;

Куликов А.М., д.б.н., с.н.с., ФГБУН «Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 58.056

АДАПТАЦИЯ ВИДОВ РОДА ROSA L. В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Резанова Т.А., Сорокопудов В.Н., Свинарев Е.Н., Евтухова М.В., Сорокопудова О.А., Нетребенко Н.Н.

ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: Rezanova@bsu.edu.ru, sorokopudov@bsu.edu.ru

Род *Rósa* L. имеет множество культурных сортов и форм, выращиваемых в России и за рубежом. Наибольшее распространение и хозяйственное значение имеет *Rosa cinnamomea* L. – шиповник коричный. Однако в Белгородской области интродуцированы новые виды шиповников, которые необходимо изучить по комплексу адаптационных признаков в новых условиях, что необходимо прежде всего для селекционной работы. Проведено исследование водного режима видов рода *Rosa в* условиях Белгородской области*: R. amblyotis* C.A. Mey.*, R. cinnamomea* L.*, R. maximowicziana* Regel.*, R. pendulina* L.*, R. acicularis* Lindl.*, R. rugosa* Thunb.*, R. nutkana* C. Presl.*, R. canina* L.*, R. foetida* Persiana.*, R. glauca* C. Hartm.*, R. sibírica.* Контроль – вид *R. canina*, имеющий обширный ареал от Калининграда до Крыма и Кавказа, произрастающий в течение длительного времени в биотопах Белгородской области. Изучение водного режима растений проводилось по нескольким направлениям: изучение водного дефицита, оводненности листа, водоудерживающей способности.

Ключевые слова: шиповник, засухоустойчивость, водный дефицит, оводненность, водоудерживающая способность

ADAPTATION OF KINDS OF SORT ROSA L. IN THE CONDITIONS OF THE BELGOROD REGION

Rezanova T.A., Sorokopudov V.N., Svinarev E.N., Evtukhova M.V., Sorokopudova O.A., Netrebenko N.N.

Federal public independent educational institution of higher education «Belgorod state national isledovatelsky university», Belgorod, e-mail: sorokopudov@bsu.edu.ru

Sort *Rósa* L. Has set of cultivars and the forms which are grown up in Russia and abroad. The greatest propagation and economic value has Rosa cinnamomea L. – a dogrose cinnamon. However in the Belgorod area new types of dogroses which are necessary for studying on a complex of adaptable signs in new conditions that is necessary first of all for selection work are grown up. Research of a water mode of kinds of sort *Rosa* in the conditions of the Belgorod region is conducted: *R. amblyotis* C.A. Mey.*, R. cinnamomea* L.*, R. maximowicziana* Regel.*, R. pendulina* L.*, R. acicularis* Lindl.*, R. rugosa* Thunb.*, R. nutkana* C.Presl.*, R. canina* L.*, R. foetida* Persiana.*, R. glauca* C. Hartm.*, R. sibírica. Control – kind R. canina, a* having extensive area from Kaliningrad to Crimea and Caucasus, growing for a long time in the Belgorod region. Studying of a water mode of plants was spent in several directions: studying of water deficiency, content of water sheet, water-retaining ability.

Keywords: dogrose, drought resistance, water deficiency, waterretaining ability

Засухоустойчивость растений в условиях Центрально-Черноземной зоны рассматривается нами в качестве одного из важнейших эколого-биологических свойств, составляющих адаптационную характеристику вида [1]. Для увеличения разнообразия пищевой продукции, особенно в годы с аномальными погодными условиями, проводится интродукция растений в Белгородскую область.

Род *Rósa* L. имеет множество культурных форм, разводимых под названием Роза. Наибольшее распространение и хозяйственное значение имеет *Rosa cinnamomea* L. – шиповник коричный. Однако в Белгородской области интродуцируются новые виды шиповников. Необходимо провести комплекс исследований адаптационных возможностей растений в новых условиях, что необходимо прежде всего для селекционной работы.

Плоды многих видов шиповника содержат большое количество витамина С, что делает их ценными для медицины и здорового питания. Другие витамины и биоактивные вещества в шиповнике: витамин Р (рутин), В1, В., К, каротин, в семенах – витамин Е. Кроме того, в плодах содержатся флавоноловые гликозиды кемпферол и кверцетин, сахара – до 18%, дубильные вещества – до 4,5%, пектины – 3,7%, органические кислоты: лимонная – до 2%, яблочная – до 1,8% и др.; ликопин, рубиксантин, эфирное масло, значительное количество солей калия, ведущие микроэлементы – железо, марганец, фосфор, кальций, магний. Плоды шиповника обладают фитонцидными и мощными бактерицидными свойствами. Содержат большое количество антиоксидантов [3, 4].

Цель исследования – оценка способности адаптироваться к засухе в условиях Белогородской области тринадцати видов рода *Rósa* L.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования стали растения двенадцати видов рода *Rósa*, произрастающих в Ботаническом саду БелГУ (2001 года посадки): *R. amblyotis* С.А. Mey., *R. cinnamomea* L., *R. maximowicziana* Regel., *R. pendulina* L., *R. acicularis* Lindl., *R. rugosa* Thunb., *R. nutkana* C. Presl., *R. canina* L., *R. foetida* Persiana., *R. glauca* C. Hartm., *R. sibírica*. Контроль – вид *R. canina*, имеющий обширный ареал от Калининграда до Крыма и Кавказа [6-7], произрастающий в течение длительного времени в Белгородской области.

Учитывалось происхождение видов. Исследование проводилось в фенофазу «формирование плодов», учитывались также погодные условия. Для исследования отбирались листья с годичных приростов (7-й от основания прироста) с учетом их морфологического адреса, освещенности в утренние часы.

Комплексная оценка засухоустойчивости осуществлялась согласно методике Никитского ботанического сада (Кормилицын, Голубева, 1970).

При анализе полученных данных использовалась статистическая обработка по Г.Н. Зайцеву (1984), при помощи пакета программ Microsoft Office.

Результаты исследований и их обсуждение

Водный дефицит – недостаток насыщения водой растительных клеток, возникающий в результате интенсивной потери воды растением, не восполняемой поглощением её из почвы. Водный дефицит обычно наблюдается в наиболее жаркие часы дня. Этот показатель объединяет в себе потенциальную способность тканей к водонасыщению и реальный уровень их оводненности [2]. Мы определяли дневной водный дефицит, не вызывающий необратимые последствия.

Значение показателей водного дефицита видов рода *Rosa* не превышает 10 % (рис. 1), что характерно для растений с высокой степенью засухоустойчивости.

Водный дефицит листьев *R. maximowicziana*, *R. cinnamomea*, R. glauca, *R. pendulina, R. canina, R. acicularis, R. foetida, R. rugosa*, *R. woodsii* достоверно меньше, чем у *R. amblyotis, R. nutkana*, *R. sibírica*. Наименьший водный дефицит у розы желтой, имеющей азиатское происхождение (Памиро-Алай, Тянь-Шань, Малая Азия) [9, 10]; розы сизой, отнесенной к засухоустойчивым видам, ареал на Балканах [10]; розы повислой, распространенной в Европе, и розы собачьей, имеющей обширный ареал [8].

Водный дефицит листьев *R. maximowicziana*, *R. cinnamomea*, R. glauca, *R. pendulina, R. canina, R. acicularis, R. foetida, R. rugosa*, *R. woodsii* достоверно меньше, чем у *R. amblyotis, R. nutkana*, *R. sibírica*. Наименьший водный дефицит у розы желтой, имеющей азиатское происхождение (Памиро-Алай, Тянь-Шань, Малая Азия) [9, 10]; розы сизой, отнесенной к засухоустойчивым видам, ареал на Балканах [10]; розы повислой, распространенной в Европе, и розы собачьей, имеющей обширный ареал [8] (см. рис. 1).

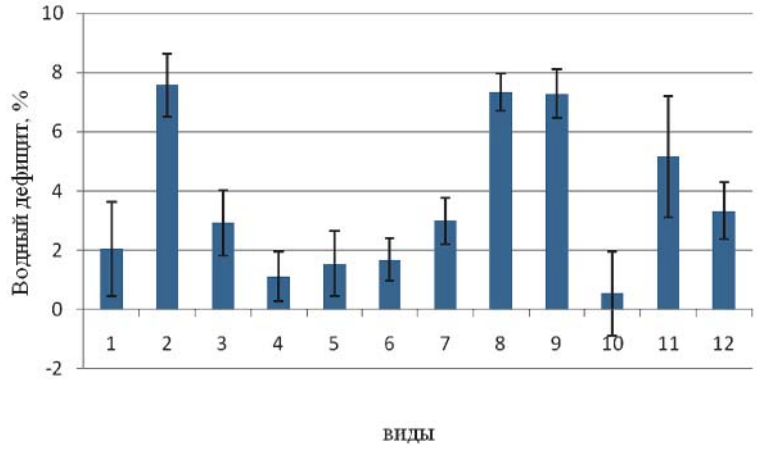


Рис. 1. Водный дефицит растений рода Rosa:
1 – R. maximowicziana, 2 – R. amblyotis, 3 – R. cinnamomea, 4 – R. glauca, 5 – R. pendulina, 6 – R. canina, 7 – R. acicularis, 8 – R. nutkana, 9 – R. sibírica,
10 – R. foetida, 11 – R. rugosa, 12 – R. woodsii

В живом организме вода выполняет разнообразные функции. Во-первых, она, являясь средой и растворителем, способствует распаду солей неорганических веществ, во-вторых, внешний облик растения, особенности морфологического, анатомического строения его, а также строения цитоплазмы ее субклеточных компонентов тесно связаны с наличием воды, в-третьих, она имеет важное значение в процессах метаболизма [5].

Оводненность листьев у видов рода *Rosa* не превышает 59,9 % по массе, что соответствует низкой засухоустойчивости. Достоверно наименьшую оводненность листьев имеют *R. amblyotis, R. glauca*, *R. pendulina, R. nutkana*, *R. woodsii* (таблица).

Характеристика водного режима листьев видов рода *Rosa*

	Виды	Оводненность, % по массе	Потеря воды листьями после увядания, % от оводненности				Засухоустойчивость, балл
			2 ч	4 ч	6 ч	процент мацерации	
1	R. maximowicziana	56,44 ± 1,14	43,51 ± 3,59*	66,61 ± 4,52*	77,97 ± 4,24*	64,33 ± 10,68	4
2	R. amblyotis	47,87 ± 1,56**	48,94 ± 3,62**	73,49 ± 3,89**	83,49 ± 3,28**	80 ± 5,81*	4
3	R. cinnamomea	57,03 ± 0,589	17,25 ± 0,915*	33,76 ± 1,85	45,95 ± 2,39*	2,47 ± 1,77*	7
4	R. glauca	55,47 ± 0,572*	13,50 ± 0,882**	22,0 ± 1,31**	29,28 ± 1,69**	1,67 ± 0,630*	8
5	R. pendulina	56,14 ± 0,569*	33,14 ± 1,53	55,09 ± 1,72	70,40 ± 1,72*	70 ± 5,69*	4
7	R. canina	58,19 ± 0,430	27,35 ± 2,77	45,42 ± 4,65	58,24 ± 4,65	36,27 ± 11,84	6
8	R. acicularis	57,78 ± 1,06	25,00 ± 2,43	43,69 ± 3,10	57,47 ± 3,59	22 ± 7,82	6
9	R. nutkana	55,71 ± 0,551*	17,16 ± 1,30*	33,09 ± 2,21*	46,26 ± 2,61	11,6 ± 6,70	7
10	*.R. sibírica*	56,43 ± 1,92	23,12 ± 2,55	40,04 ± 4,46	52,36 ± 5,12	25,2 ± 1,76	6
11	R. foetida	57,15 ± 0,896	44,64 ± 2,33**	72,66 ± 2,68	85,94 ± 2,49**	90,33 ± 4,89*	4
12	R. rugosa	57,05 ± 2,33	29,51 ± 5,35	47,17 ± 8,35	56,61 ± 8,06	15,67 ± 6,95	6
13	R. woodsii	54,34 ± 0,525**	28,21 ± 1,39	52,64 ± 2,21	67,56 ± 2,21	45,33 ± 5,93	4

Примечания: * – достоверные отличия при уровне вероятности 0,95; ** – при уровне вероятности 0,99 (контроль – *R. canina*); СОУ – степень открытости устьиц.

Потеря воды листьями после шестичасового увядания у *R. glauca* не превышает 30%, что соответствует высокой степени засухоустойчивости; у *R. cinnamomea* и *R. nutkana* не превышает 50%, что соответствует средней степени засухоустойчивости (см. таблицу). У *R. maximowicziana, R. amblyotis, R. pendulina, R. canina*, *R. acicularis, .R. sibírica*, *R. foetida, R. rugosa*, *R. woodsii* потеря влаги после шестичасового увядания более 50%, что соответствует растениям с низкой степенью засухоустойчивости.

Достоверно наибольшую потерю влаги листьями имеют роза Максимовича, тупоушковая, повислая, желтая. Соответственно эти растения имеют большую площадь мацерации тканей листа после завядания.

Соотношение связанной и свободной воды определяет водоудерживающую способность тканей листа и отражает засухоустойчивость растений (рис. 2).

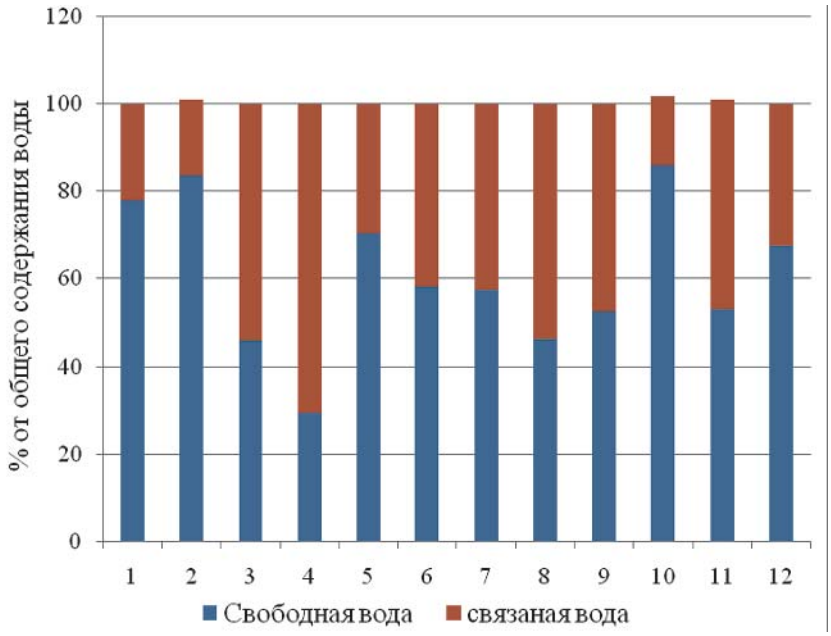


Рис. 2. Соотношение свободной и связанной воды в листьях растений рода Rosa:
1 – R. maximowicziana, 2 – R. amblyotis, 3 – R. cinnamomea, 4 – R. glauca, 5 – R. pendulina,
6 – R. canina, 7 – R. acicularis, 8 – R. nutkana, 9 – R. sibirica,
10 – R. foetida, 11 – R. rugosa, 12 – R. woodsii

Доля связанной воды в листьях розы сизой достоверно большая, чем у других видов, а наименьшая – у *R. maximowicziana*, *R. amblyotis, R. pendulina и R. foetida* (см. рис. 2).

Вывод

1. По комплексу показателей, характеризующих засухоустойчивость, виды шиповника ранжированы на 3 группы по баллам: 1 группа – высокой степенью засухоустойчивасти характеризуются виды с оценкой от 8 до 12 баллов; 2 группа – средняя – от 5 до 8; 3 группа – низкая – до 4 баллов.

2. Розу Максимовича, тупоушковую, повислую, желтую, Вудса можно отнести к растениям с низкой степенью засухоустойчивости, розу коричную, сизую, собачью, иглистую, нутканскую, сибирскую, морщинистую – к растениям со средней степенью засухоустойчивости.

3. Роза сизая имеет наибольший адаптационный потенциал к условиям засухи, часто наблюдающейся в районах Центрального Черноземья.

Список литературы

1. Васильев Б.Р. Строение листа древесных растений различных климатических зон / под ред. В.М. Шмидта. − Л.: Изд. Ленинградского университета, 1988. − 208 с.

2. Журавлева, Н.А. Механизм устьичных движений, продукционный процесс и эволюция. – Новосибирск: ВО «Наукова» Сибирская издательская фирма, 1992. – 141 с.

3. Состав и свойства пектиновых веществ полисахаридов шрота шиповника / А.А. Злобин, Н.А. Жуков, Р.Г. Оводова, С.В. Попов // Химия растительного сырья. – 2007. – №4. – С. 91–94.

4. Карпова Е.А. Биологические свойства плодов шиповника // Пища, экология, качество. – Новосибирск. – 2001. – С. 99–100.

5. Кушниренко М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. – Кишинев: «Штиинца», 1991. – 307 с.

6. Конькова П.Д. Продуктивность плодов Rosa canina L. в Крыму: онтогенетическая изменчивость и прогнозная оценка / П.Д. Конькова, М.Е. Пименова // Растительные ресурсы. – 2001. – Т37. – С. 1–12.

7. Лявданская О.А. Особенности развития естественных куртин шиповника собачьего в верхней части поймы реки Урал // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – 2(18). – С. 51–52.

8. Резанова Т.А. Особенности анатомического строения листа у видов рода Rósa L. (Rosaceae Juss.). / Т.А. Резанова, В.Н. Сорокопудов, Е.Н. Свинарев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. – 2011. – № 9 (104). – Вып. 15/1. – С. 337–347.

9. Связева О.А. Шиповник (Rosa L.) / О.А. Связева // Ареалы деревьев и кустарников СССР. – Л.: Наука Ленингр. отд-е, 1980. – Т. 2. – С. 86–102.

10. Сорокопудов В.Н. Морфо-анатомические аспекты некоторых представителей рода Rosa L. / В.Н. Сорокопудов, Н.Н. Нетребенко, М.В. Евтухова, Д.И. Писарев // Вестник КрасГАУ. – 2009. – №11. – С. 50–54.

References

1. Vasil’ev B.R. Stroenie lista drevesnyh rastenij razlichnyh klimaticheskih zon / B.R. Vasil’ev / Pod red. V.M. Shmidta. L.: Izd. Leningradskogo universiteta, 1988. 208 p.

2. Zhuravleva, N.A. Mehanizm ust’ichnyh dvizhenij, produkcionnyj process i jevoljucija / N.A. Zhuravleva. Novosibirsk: VO «Naukova» Sibirskaja izdatel’skaja firma, 1992. 141 p.

3. Zlobin A.A Sostav i svojstva pektinovyh vewestv polisaharidov shrota shipovnika / A.A. Zlobin, N.A. Zhukov, R.G. Ovodova, S.V. Popov // Himija rastitel’nogo syr’ja. 2007. no. 4. pp. 91–94.

4. Karpova E. A. Biologicheskie svojstva plodov shipovnika / E. A. Karpova // Piwa, jekologija, kachestvo. Novosibirsk. 2001. pp. 99–100.

5. Kushnirenko, M.D. Fiziologija vodoobmena i zasuhoustojchivosti rastenij / M.D. Kushnirenko, S.N. Kishinev: «Shtiinca», 1991. 307 p.

6. Kon’kova P.D. Produktivnost’ plodov Rosa canina L. v Krymu: ontogeneticheskaja izmenchivost’ i prognoznaja ocenka / P.D. Kon’kova, M.E. Pimenova // Rostitel’nye resursy. 2001. T37. pp. 1–12.

7. Ljavdanskaja O.A. Osobennosti razvitija estestvennyh kurtin shipovnika sobach’ego v verhnej chasti pojmy reki Ural / O.A. Ljavdanskaja // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2(18). 2008. pp. 51–52.

8. Rezanova T.A. Osobennosti anatomicheskogo stroenija lista u vidov roda Rósa L. (Rosaceae Juss.). / T.A. Rezanova, V.N. Sorokopudov, E.N. Svinarev // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki. no. 9 (104) 2011, Vyp. 15/1. pp. 337–347.

9. Svjazeva O.A. Shipovnik (Rosa L.) / O.A. Svjazeva // Arealy derev’ev i kustarnikov SSSR. – L.: Nauka Leningr. otd-e. T. 2. 1980. pp. 86–102.

10. Sorokopudov V.N. Morfo-anatomicheskie aspekty nekotoryh predstavitelej roda Rosa L./ V.N. Sorokopudov, N.N. Netrebenko, M.V. Evtuhova, D.I. Pisarev //Vestnik KrasGAU. 2009. no. 11. pp. 50–54.

Рецензенты:

Ткаченко И.К., д.с.-х.н., профессор, профессор кафедры анатомии и физиологии живых организмов Биолого-химического факультета Белгородского государственного университета Министерства образования и науки РФ, г. Белгород;

Лазарев А.В., д.б.н., доцент, профессор кафедры биотехнологии и микробиологии Биолого-химического факультета Белгородского государственного университета Министерства образования и науки РФ, г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 574.22: 591.524

ДИНАМИКА ИЗБИРАЕМЫХ И ЛЕТАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР МОЛОДИ РЕЧНОГО ОКУНЯ PERCA FLUVIATILIS L. В ТЕЧЕНИЕ ПЕРВОГО МЕСЯЦА ЖИЗНИ

Смирнов А.К., Смирнова Е.С.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок Ярославской обл., e-mail: smirnov@ibiw.yaroslavl.ru

В экспериментальных условиях, изучена динамика верхних летальных и избираемых температур молоди окуня в течение первого месяца жизни. Показано, что с момента выклева личинки способны перемещаться по градиенту температур в сторону тепла. При этом наблюдается постепенный рост значений избираемых температур до максимума 25,9°С на 25-е сутки после выклева, который сохраняется в течение первых лет жизни, изменяясь, вероятно, только с наступлением полового созревания. Верхняя летальная температура молоди, измеренная в ходе эксперимента, имела незначительные колебания в диапазоне от 32,0 до 33,7°С, что соответствует максимальным для вида значениям. Таким образом, обладая высокой термотолерантностью, личинки окуня сразу после выклева стараются перейти в воду с повышенными температурами, что максимально ускоряет их рост и развитие.

Ключевые слова: избираемая температура, летальная температура, термопреферендум, личинки

DYNAMICS OF SELECTED AND LETHAL TEMPERATURE IN JUVENILE PERCH PERCA FLUVIATILIS L. DURING THE FIRST MONTH OF LIFE

Smirnov A.K., Smirnova E.S.

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Yaroslavl reg., e-mail: smirnov@ibiw.yaroslavl.ru

Dynamics of the upper lethal and selected temperatures of juvenile perch during the first month of its life were studied in experimental conditions. It is shown, that larvae can move along the thermal gradient in the heat direction from the moment of hatching. Gradual rise in values of selected temperatures was observed to a maximum of 25,9°C in 25-th day after hatching, this trend is preserved during the first years of life. Probably, it changes only with beginning of maturation. The upper lethal temperature of juvenile perch measured during the experiment fluctuated in the range from 32,0 to 33,7°C. This corresponds to the maximum values for the species. Thus, having high thermal tolerance, perch larvae try to go into the water with higher temperatures immediately after hatching, in order to accelerate own growth and development as much as possible.

Keywords: selected temperature, lethal temperature, thermal preferendum, larvae

Среди большого разнообразия экологических факторов, воздействующих на гидробионтов, температура занимает лидирующее положение. Она определяет успешность нереста и инкубации икры, скорость роста молоди и многое другое. При этом температура непосредственно влияет на скорость химических реакций, протекающих в организме, ускоряя или замедляя обмен веществ, а также опосредованно воздействует на условия жизни гидробионтов (обилие кормовых организмов, содержание в воде растворенного кислорода и множество других менее явных факторов). Важность температуры, как абиотического фактора, воздействующего на все сферы жизнедеятельности молоди рыб, трудно переоценить.

Рыбы, как и большинство других гидробионтов, способны к самопроизвольному выбору оптимальных температурных условий для существования. Это явление имеет место и в природе, и в лабораторных условиях. При наличии в среде температурного градиента рыбы, спустя некоторое время, сосредотачиваются в зоне с определенными значениями температур. Такие температуры называются «избираемыми» или «предпочитаемыми».

Ранее были исследованы возрастные и сезонные изменения избираемых температур у отдельных видов рыб [2; 7; 8; 9 и др.]. В то же время анализ литературы выявляет определенные несоответствия в динамике избираемых температур в раннем онтогенезе. Так, было показано, что избираемая температура личинок сиговых не меняется на протяжении первых 30 суток [5]. Также установлено, что молодь калифорнийской атерины *Leuresthes sardina* постоянно выбирает один и тот же диапазон температур в течение первых 25–160 дней жизни [9]. В то же время целый ряд других видов рыб, как теплолюбивых (лещ, плотва, окунь, синец и др.), так и холодолюбивых (радужная форель, корюшка и др.) изменяют свои температурные предпочтения по мере развития [2; 7; 8].

Летальные температуры рыб также достаточно хорошо изучены. Ранее было установлено, что величины летальных температур не постоянны и изменяются на протяжении всей жизни организма

[2; 3; 4; 6 и др.]. Однако для многих видов рыб значения летальных температур у молоди, находящейся на ранних стадиях онтогенеза, остаются не выявленными.

Цель настоящей работы заключалась в установлении значений избираемой и летальной температуры у молоди окуня *Perca fluviatilis* L. в течение первого месяца жизни.

Материал и методы исследования

Экспериментальный материал получен путем инкубации икры окуня, взятой из канала п. Борок (прибрежье Рыбинского водохранилища) после естественного нереста окуня в мае 2010 г. На начало эксперимента возраст личинок окуня, считая с момента массового выклева, составлял 7 суток. Средняя длина составляла 5,0 ± 0,2 мм. На конец эксперимента средняя длина молоди равнялась 27,6 ± 1,2 мм, средняя масса 0,4 ± 0,05 г. Было исследовано 70 личинок окуня.

После выклева личинки содержались в аквариуме с проточной водой и температурой ≈18 °C. Далее из этого аквариума набирались выборки для проведения экспериментов по определению избираемых и летальных температур. Молодь в общем аквариуме кормилась два раза в сутки живым зоопланктоном.

Эксперименты проведены в горизонтальной термоградиентной установке, состоящей из прозрачного лотка длиной 320 см, шириной 23 см и высотой 17 см, а также двух камер – нагревательной и охладительной, расположенных на противоположных концах лотка. По длине установка разделялась неполными перегородками на 12 отсеков. Для выравнивания температуры воды внутри отсеков, а также для устранения вертикальной стратификации температур в каждом отсеке располагалось по два аэратора. Температурный градиент составлял 15,0 °C, от 15,0 °C в холодном конце лотка до 30,0 °C в теплом. Жесткость градиента составляла 0,05 °C $см^{-1}$.

В начале эксперимента рыб помещали в отсек установки с температурой, равной температуре их акклимации. Наблюдения за рыбами производились ежедневно пять раз в сутки. При этом записывался номер отсека, в котором располагались особи, их количество и температура воды в отсеке. Личинок в термоградиентной установке кормили живым зоопланктоном два раза в сутки. Попытки посадки рыб в экспериментальную установку предпринимались со дня их массового выклева, однако на протяжении первой недели фактически все личинки погибали (в течение суток) из-за быстрого перемещения в самые теплые отсеки. И только начиная с седьмого дня опыта смертность личинок в установке заметно снизилась.

Исследования летальных температур проводились в плоском кристаллизаторе объемом 2 л. В него помещался нагреватель, а также аэратор, с помощью которого осуществлялось перемешивание и насыщение воды кислородом. Выборку личинок (10 особей) помещали в кристаллизатор с температурой воды, равной температуре в общем аквариуме, и включали нагрев воды со скоростью ≈17 °C $ч^{-1}$. Отмечались время и температура, при которой личинки переставали реагировать на прикосновение.

На основе полученных данных были рассчитаны средняя суточная избираемая температура и летальная температура личинок окуня. Для статистических расчетов использовался программный пакет Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение

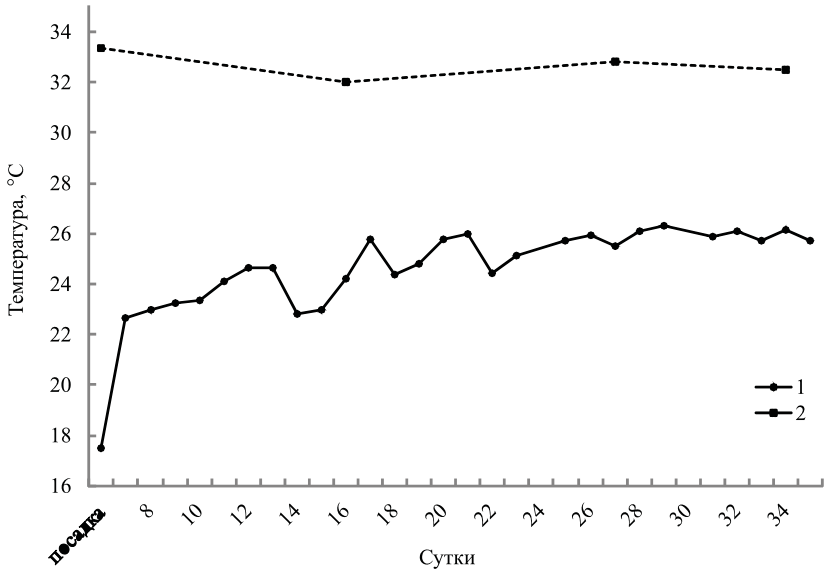
Непосредственно после посадки в температурный градиент личинок окуня наблюдалось их интенсивное движение в сторону повышения температуры. В течение первых суток они были отмечены в отсеках с температурами от 17,4 до 28,8 °C, при этом средняя избираемая температура составила 22,6 °C (рисунок). В дальнейшем на протяжении семи дней наблюдался постепенный линейный рост ($R = 0,98$, $p < 0,05$) значений суточных избираемых температур до 24.7°C. По истечении этого периода были отмечены достоверные ($p < 0,05$) колебания средних суточных значений избираемых температур в течение последующих 10 дней. Их диапазон составил около 3 °C, от 22,8 до 26,0 °C. Начиная с 25-х и по 35-е сутки после выклева (18–28 сутки с начала эксперимента) наступил период стабилизации значений избираемых температур, при этом они незначительно колебались от 25,5 до 26,3 °C. В течение этого времени различия между средними суточными значениями избираемых температур были недостоверны ($p > 0,05$).

Полученные в эксперименте значения верхних летальных температур молоди окуня были относительно велики и слабо изменялись в течение первого месяца жизни молоди (от 32,0 до 33,7 °C) (см. рисунок). При этом небольшие различия, составившие около 1,7 °C, были достоверны ($p < 0,05$) за исключением двух последних точек.

Полученные данные показывают, что личинки начиная с первых дней после выклева обладают способностью самопроизвольно выбирать определенные температурные условия. Это видно из их стремительного продвижения по градиенту температур из холодных отсеков в самые теплые в течение первых суток после посадки. При этом такое движение носит однонаправленный характер, то есть продолжается до температур, которые приводят к гибели личинок от перегрева. Сходная ситуация была отмечена и на личинках плотвы [1]. На наш взгляд, такое поведение можно объяснить либо конструктивной особенностью термоградиентной установки, вследствие которой личинки не способны вернуться в более прохладные отсеки, либо не полностью развитой системой терморегуляционного поведения у молоди в первые дни после выклева. Только начиная с 7-го дня посадка личинок перестала приводить к их массовой гибели в теплых отсеках.

Ранее проведенные исследования показывают, что конечная избираемая температура у сеголеток окуня достигает

своего максимума в течение первого года жизни и составляет ≈ 26,5 °С [2]. Полученные в данной работе результаты показывают, что в первые недели жизни личинок происходит постепенный рост предпочитаемых температур до диапазона, присущего молоди данного вида в первые годы жизни. Таким образом, такие температурные предпочтения появляются у молоди очень рано и сохраняются в течение первых лет жизни, начиная изменяться в сторону снижения, вероятно, с началом полового созревания. Известно, что избираемые температуры половозрелых окуней находятся в диапазоне на 4–5 °С ниже [2]. Такая закономерность была также отмечена на целом ряде других видов рыб, молодь которых, как правило, выбирает водную среду с повышенными, по сравнению со взрослыми особями, температурами [2; 7; 8].



Динамика избираемых (1) и летальных (2) температур молоди окуня в течение первого месяца жизни

Как было ранее показано, летальные и избираемые, а также оптимальные для роста и развития температуры у многих видов рыб взаимосвязаны [6]. Анализ полученных в ходе эксперимента данных демонстрирует, что начиная с первых недель жизни у личинок окуня значение верхних летальных температур очень высокое и приближается к максимальному для данного вида (см. рисунок). Так, верхняя летальная температура сеголеток окуня, определенная ранее методом критического термического максимума при скорости нагрева 17 °С/ч, составила 32,7 °С [4]. Хотя в данной работе верхние летальные температуры определялись с использованием другого критерия (потеря локомоторной способности, а не отсутствие реакции на прикосновение) они довольно близки. А вследствие небольшого размера и массы личинок, а также относительно невысокой скорости нагрева воды, разница в критериях оценки верхних летальных температур, на наш взгляд, не столь велика.

Таким образом, исходя из полученных результатов, можно заключить, что начиная с момента выклева личинки окуня способны ориентироваться в градиенте температур и продвигаться по нему в сторону повышения температуры. При этом, вероятно, их терморегуляционное поведение в первые дни жизни еще не полностью сформировано, что приводит к гибели личинок в эксперименте от воздействия высоких температур. Тем не менее в естественных условиях гибели личинок от перегрева не происходит, так как на момент их выклева из икры зоны с верхними летальными значениями температуры воды отсутствуют. Также этому способствует высокая толерантность личинок к теплу, близкая к максимальной термотолерантности для данного вида. В то же время можно предположить о некой «запрограммированности» личинок на предпочтение максимально прогретых биотопов. Также можно отметить достаточно раннее достижение личинками максимального уровня избираемых температур, присущего для данного вида. В отличие от избираемых, верхние летальные температуры личинок окуня фактически не изменялись на протяжении всего эксперимента и соответствовали значениям таковых для сеголеток и годовиков данного вида.

Заключение

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что личинки окуня с момента выклева делают попытки перейти в зоны со значениями температур, близкими к оптимальным для вида. Такая поведенческая реакция позволяет им максимально оптимизировать свой уровень метаболизма и достичь максимальной скорости роста, что может способствовать более раннему переходу к хищничеству. В то же время наблюдаемые в раннем возрасте высокие уровни верхних летальных температур дают им определенный запас термотолерантности. Все это может быть реализовано в естественной среде на мелководных прибрежьях, как наиболее прогреваемых участках водоемов. Не случайно именно на них сосредотачивается молодь большинства видов рыб, так как повышенный температурный фон привлекает сюда и различные кормовые организмы, ускоряя их циклы развития. Также вследствие высоких уровней освещенности на мелководье, как правило, много макрофитов, обеспечивающих молодь массой укрытий и обогащающих воду кислородом.

Список литературы

1. Голованов В.К., Смирнов А.К. Особенности терморегуляционного поведения ранней молоди плотвы Rutilus rutilus в термоградиентных условиях // Вопр. ихтиол. 2011. – Т. 51, № 4. – С. 551–558.

2. Лапкин В.В, Свирский А.М., Голованов В.К. Возрастная динамика избираемых и летальных температур // Зоол. журн. – 1981. – Т. 60, Вып. 12. – С. 1792–1801.

3. Смирнов А.К., Голованов В.К. Сезонная динамика верхних летальных температур у молоди карповых и окуневых видов рыб // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. IV (XXVII) Международная конференция, посвященная памяти профессора Л.А. Жакова (1923–2005): сборник материалов. Ч. 2. Вологда, 5–10 декабря 2005 г., Вологда, Россия. – Вологда, 2005. – С. 145–148.

4. Смирнов А.К., Голованов В.К., Свирский А.М. Верхние летальные температуры леща, плотвы и окуня в различные периоды онтогенеза // Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных: материалы Межд. научн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – С. 224–228.

5. Шкорбатов Г.Л. Избираемая температура и фототаксис личинок сигов // Зоол. журн. – 1967. – Т. 45, Вып. 10. – С. 1515–1525.

6. Jobling M. Temperature tolerance and the final preferendum – rapid methods for the assessment of optimum growth temperature // J. Fish. Biol. – 1981. – Vol. 19. – № 4. – P. 439–455.

7. McCauley K.W., Read A.A. Temperature selection by juvenile and adult yellow perch acclimated to 24°C // J. Fish. Res. Board. Canada. – 1973. – Vol. 30. – № 8. – P. 1253–1255.

8. Reutter J.M., Herdendorf C.E. Laboratory estimates of the seasonal final temperature preferenda of some lake Erie fishes // Proc. 17 th. Conf. Great Lakes Res. Hamilton. – 1974. – Part 1. Ann. Arbor., Mich. 1974. – P. 59–67.

9. Reynolds W. W., Thomson D.A. Responses of young gulf grunion Leuresthes sardina, to gradient of temperature, light, turbulence and oxygen // Copeia. – 1974. – № 3. – P. 747–758.

References

1. Golovanov V.K., Smirnov A.K. *Vopr. ihtiol.* 2011. T. 51. no. 4. pp. 551–558.

2. Lapkin V.V, Svirskii A.M., Golovanov V.K. *Zool. jurn.* 1981. T. 60. Vyp. 12. pp. 1792–1801.

3. Smirnov A.K., Golovanov V.K. *Biologicheskie resursy Belogo morya i vnutrennih vodoemov Evropeiskogo Severa. IV (XXVII) Mejdunarodnaya konferenciya, posvyaschennaya pamyati professora L.A. Jakova (1923–2005)*. Sbornik materialov. Chast' 2. Vologda, 5–10 dekabrya 2005 g., Vologda, Rossiya. Vologda, 2005. pp. 145–148.

4. Smirnov A.K., Golovanov V.K., Svirskii A.M. *Aktual'nye problemy ekologicheskoi fiziologii, biohimii i genetiki jivotnyh. Materialy Mejd. nauchn. konf. Saransk:* Izd-vo Mordov. un-ta, 2005. pp. 224–228.

5. Shkorbatov G.L. *Zool. jurn.* 1967. T. 45. Vyp. 10. pp. 1515–1525.

6. Jobling M. *J. Fish. Biol.* 1981. Vol. 19. no. 4. pp. 439–455.

7. McCauley K.W., Read A.A. *J. Fish. Res. Board. Canada*. 1973. Vol. 30. no. 8. pp. 1253–1255.

8. Reutter J.M., Herdendorf C.E *Proc. 17 th. Conf. Great Lakes Res. Hamilton.* 1974. Part 1. Ann. Arbor., Mich. 1974. pp. 59–67.

9. Reynolds W. W., Thomson D.A. *Copeia.* 1974. no. 3. pp. 747–758.

Рецензенты:

Герасимов Ю.В., д.б.н., зав. лабораторией экологии рыб ФГБУ «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН», г. Борок;

Терещенко В.Г., д.б.н., с.н.с., гл.н.с. лаборатории эволюционной экологии ФГБУ «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН», г. Борок.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 577.352.465

РОЛЬ IP_3-ЗАВИСИМОЙ МОБИЛИЗАЦИИ КАЛЬЦИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ПОСТГИПОКСИЧЕСКОЙ ГИПЕРВОЗБУДИМОСТИ НЕЙРОНОВ ГИППОКАМПА

Туровская М.В., Туровский Е.А., Зинченко В.П.

Институт биофизики клетки РАН, Пущино, e-mail: turovsky.84@mail.ru

В работе показано, что активация NMDA-рецепторов, с последующими кратковременными эпизодами гипоксии, способна приводить к появлению спонтанного транзиторного увеличения концентрации цитозольного кальция ($s[Ca^{2+}]_i$) в период реоксигенации, амплитуда которого может возрастать при последующих эпизодах гипоксии, что является признаком постгипоксической гипервозбудимости нейронов. Генерация $s[Ca^{2+}]_i$ никогда не происходит во время кратковременных эпизодов гипоксии без предварительной активации NMDA-рецепторов селективным агонистом, либо в отсутствие эпизодов гипоксии при активации NMDA-рецепторов. Постгипоксический Ca^{2+} импульс наблюдается также в бескальциевой среде, но с меньшей амплитудой, что свидетельствует о минорной роли входа кальция снаружи в механизме генерации $s[Ca^{2+}]_i$. Ингибитор SERCA – тапсигаргин в концентрациях, вызывающих опустошение кальциевых запасов эндоплазматического ретикулума, предотвращает появление $s[Ca^{2+}]_i$ во всех нейронах. А использование малых концентраций тапсигаргина (100нМ) приводит к увеличению амплитуды $s[Ca^{2+}]_i$, что является подтверждением ведущей роли внутриклеточных запасов Ca^{2+} в генерации $s[Ca^{2+}]_i$. Ингибиторы фосфолипазы С препятствуют появлению признаков постгипоксической гипервозбудимости. Ингибитор рианодинового рецептора – рианодин – не влияет на появление и нарастание амплитуды $s[Ca^{2+}]_i$. Таким образом, в механизме формирования постгипоксической гипервозбудимости нейронов гиппокампа ведущую роль играет мобилизация кальция при активации IP_3-рецептора эндоплазматического ретикулума.

Ключевые слова: гипоксия, реоксигенация, гипервозбудимость, Ca^{2+}, NMDA-рецептор, IP_3-рецептор

ROLE IP_3-DEPENDENT CALCIUM MOBILIZATION IN THE GENERATION OF POSTHYPOXICAL HYPEREXCITABILITY HIPPOCAMPAL NEURONS

Turovskaya M.V., Turovsky E.A., Zinchenko V.P.

Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences, Pushchino, e-mail: turovsky.84@mail.ru

In this work it was shown that activation of NMDA receptors with subsequent transitory hypoxia episodes can result in spontaneous transitory increase in cytosolic calcium concentration ($s[Ca^{2+}]_i$) during reoxygenation, with a possibility of amplitude increase upon further hypoxia episodes, which might indicate posthypoxic hyperexcitability of neurons. The generation of $s[Ca^{2+}]_i$ is never observed during short-term hypoxia episodes without preliminary activation of NMDA receptors by selective agonist, or in the absence of hypoxia episodes upon NMDA receptor activation. Posthypoxic Ca^{2+} impulse is also observed in Ca-free medium, but it has lower amplitude, which indicates a minor role of calcium entry from the outside in the mechanism of $s[Ca^{2+}]_i$ generation. Thapsigargin, an inhibitor of SERCA, prevents $s[Ca^{2+}]_i$ income in all neurons in concentrations, which cause depletion of calcium supplies in endoplasmic reticulum. However, the application of low thapsigargin (100 nM) leads to an increase in $s[Ca^{2+}]_i$ amplitude, supporting the leading role of intracellular Ca^{2+} supplies in the generation of $s[Ca^{2+}]_i$. Phospholipase C inhibitors prevent the appearance of posthypoxic hyperexcitability symptoms. Ryanodine, an inhibitor of ryanodine receptor, does not affect the appearance and amplitude increase of $s[Ca^{2+}]_i$. Thus in the mechanism of posthypoxic hyperexcitability in hippocampal neurons the major role belongs to the mobilization of calcium upon activation of IP_3 receptor in endoplasmic reticulum.

Keywords: hypoxia, reoxygenation, hyperexcitability, Ca^{2+}, NMDA-receptor, IP_3-receptor

Известно, что кратковременные эпизоды гипоксии защищают нейроны от гибели при глобальной гипоксии и ишемии. При этом кратковременные эпизоды гипоксии подавляют увеличение концентрации Ca^{2+} в цитозоле ($[Ca^{2+}]_i$), вызванное последующей глобальной ишемией [9]. Однако, наряду с защитным эффектом, кратковременные эпизоды гипоксии часто вызывают симптомы постгипоксической гипервозбудимости, которая, как известно, является фактором, приводящим к гибели клеток [10].

Увеличение концентрации внутриклеточного кальция при действии глутамата может вызывать широкий спектр реакций нейронов, начиная с нормальной синаптической нейропластичности и регуляции возбудимости нервных клеток до формирования нейротоксических эффектов, приводящих к апоптозу. Продолжительный вход Ca^{2+} в цитозоль через активированные глутаматом рецепторы-каналы и потенциал-управляемые кальциевые каналы представляет собой ключевой фактор гибели нейронов при гипоксии и ишемии [6].

Цель данного исследования состоит в определении механизма формирования постгипоксической гипервозбудимости нейронов гиппокампа, а также роли внутриклеточного кальциевого депо в формировании постгипоксического спонтанного кальциевого импульса ($s[Ca^{2+}]_i$).

Материалы и методы исследования

В экспериментах использовали смешанную нейроглиальную культуру клеток гиппокампа крысы, вы-

деленную из мозга новорожденных (2–4 дня) крыс породы Spraque Dawley в соответствии с общепринятой методикой [1]. Исследовали влияние кратковременных эпизодов гипоксии на амплитуду кальциевого ответа нейронов гиппокампа при аппликации агониста NMDA-рецепторов – N-methyl-d-aspartate в безмагниевой среде. Концентрацию цитозольного кальция измеряли с помощью флуоресцентного зонда Fura-2. Уровень цитозольного кальция в клетках, нагруженных кальциевым зондом, регистрировали с помощью системы анализа изображений «Cell observer» (Carl Zeiss, Германия), на базе моторизованного микроскопа Axiovert 200M. В эксперименте использовали культуру гиппокампа 8-10 DIV. Измерения проводили при температуре 28 °C. Для подачи веществ использовали систему, позволяющую производить добавки агонистов и антагонистов рецепторов при полной смене среды. Для создания гипоксии в ячейку с клетками подавали среду (солевой раствор Хенкса с 20 мМ HEPES), из которой предварительно в течение 20 минут вытеснялся кислород с помощью продувки аргоном, при этом воздушная часть ячейки также была заполнена аргоном.

Эксперимент состоял из 3-кратковременных эпизодов гипоксии по 3 минуты, каждый из которых сменялся 10-минутной реоксигенацией. Аппликация NMDA производилась перед первым эпизодом гипоксии (контроль) и после каждого из трех эпизодов гипоксии-реоксигенации. Время аппликации агонистов составляло 30 секунд с последующей отмывкой агониста 10 мл среды и реоксигенацией в течение 10 минут.

Для построения графиков и статистической обработки использовали программу OriginPro 8.0. В случае кратковременного (транзитного) сигнала амплитуду измеряли по максимальному значению флуоресценции за период аппликации вещества. Ошибка среднего при измерении амплитуд составляла 0,04. Исходный уровень сигнала в клетках обычно составлял 0,23 ± 0,07 (здесь и далее среднее значение ± стандартное отклонение).

Результаты исследования и их обсуждение

Изменение $[Ca^{2+}]_i$, вызываемое активацией NMDA-рецепторов и кратковременной гипоксией.

Кратковременная аппликация агониста NMDA-рецепторов – N-methyl-d-aspartate в концентрации 10 мкМ в безмагниевой среде вызывает резкое увеличение $[Ca^{2+}]_i$ в нейронах гиппокампа. После отмывки NMDA клетки быстро восстанавливают базальный уровень Ca^{2+} в цитозоле. Амплитуды кальциевых ответов (АКО) индивидуальных нейронов различаются, но строго повторяются в каждой клетке при повторных кратковременных добавках NMDA. Эпизоды гипоксии вызывают незначительное увеличение $[Ca^{2+}]_i$ в 45 ± 08 % нейронов гиппокампа (не показано). Амплитуда индуцированного гипоксией увеличения Ca^{2+} в цитозоле составила в среднем 0,03 ± 0,01 относительных единиц флуоресценции Fura-2. Возвращение флуоресценции Fura-2 к исходному уровню происходит у всех прореагировавших на гипоксию нейронов в течение 2 минут реоксигенации. Кратковременные эпизоды гипоксии вызывают прогрессирующее уменьшение АКО нейронов гиппокампа на NMDA (рис. 1). Кроме того, после активации NMDA-рецепторов и кратковременных эпизодов гипоксии во время каждого периода реоксигенации наблюдается спонтанное (синхронное) транзитное увеличение Ca^{2+} в цитозоле ($s[Ca^{2+}]_i$) у 50 % нейронов (см. рис. 1). Подобный эффект никогда не наблюдался во время кратковременных периодов гипоксии без добавления NMDA, а также при активации NMDA-рецепторов без создания условий гипоксии. Амплитуда $s[Ca^{2+}]_i$ может увеличиваться от первого эпизода гипоксии к третьему эпизоду, что, вероятно, является симптомом постгипоксической гипервозбудимости нейронов гиппокампа, которое также наблюдается в нейронах срезов гиппокампа после кратковременных эпизодов гипоксии [7].

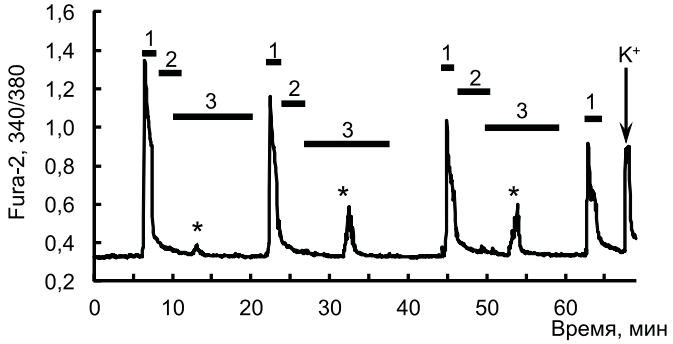


*Рис. 1. Изменение $[Ca^{2+}]_i$ в нейронах гиппокампа в ответ на аппликацию NMDA 10 мкМ (1), при действии кратковременных эпизодов гипоксии (2) и во время периода реоксигенации (3). Аппликация NMDA производилась в среде без магния. Представлен усредненный ответ 52 нейронов. Здесь и далее звездочкой * отмечена генерация $s[Ca^{2+}]_i$ во время периода реоксигенации*

Постгипоксический спонтанный Ca^{2+} импульс сохраняется в безкальциевой среде и ингибируется тапсигаргином.

Постгипоксический спонтанный Ca^{2+}-импульс наблюдается также во время реоксигенации в безкальциевой среде, при этом амплитуда $s[Ca^{2+}]_i$ уменьшается в 2-3 раза (не показано). Как известно, для генерации Ca^{2+} сигналов клетки используют наружный и запасенный во внутриклеточных депо кальций [3]. Эндоплазматический ретикулум (ЭПР) представляет собой основное внутриклеточное депо Ca^{2+} [4]. Появление $s[Ca^{2+}]_i$ в нейронах гиппокампа во время реоксигенации в безкальциевой среде свидетельствует об участии внутриклеточного кальциевого пула в механизме постгипоксической гипервозбудимости. Однако уменьшение амплитуды $s[Ca^{2+}]_i$ говорит также о существенном вкладе входа кальция снаружи в формирование Ca^{2+} импульса.

Для исследования регуляторной роли ЭПР в генерации постгипоксического кальциевого импульса клетки перед третьей аппликацией NMDA обрабатывали тапсигаргином в различных концентрациях. В концентрации 1мкМ тапсигаргин вызывает быстрое опустошение ЭПР, что сопровождается временным увеличением Ca^{2+} в цитозоле и откачкой его во внеклеточную среду. Такая обработка клеток тапсигаргином не изменяла Ca^{2+} ответ на NMDA, но предотвращала появление $s[Ca^{2+}]_i$. в период реоксигенации (рис. 2).

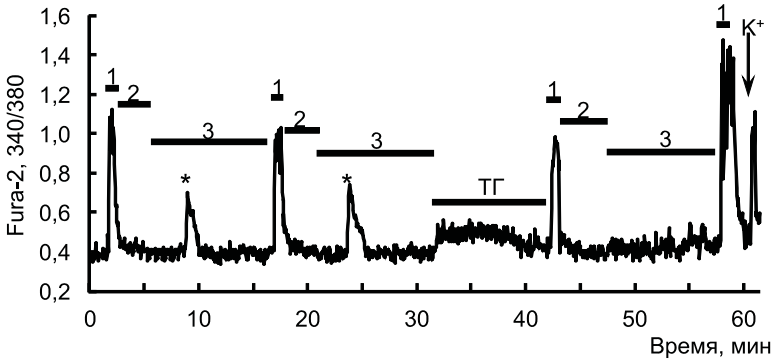


Рис. 2. Действие ингибитора SERCA – тапсигаргина на изменение $[Ca^{2+}]_i$ в нейронах гиппокампа в ответ на аппликацию NMDA 10 мкМ (1) во время кратковременных эпизодов гипоксии (2) и периодов реоксигенации (3). Аппликация тапсигаргина (ТГ) в концентрации 1 мкМ подавляет появление $s[Ca^{2+}]_i$ в период реоксигенации

Рианодин не влияет на генерацию $s[Ca^{2+}]_i$.

Преинкубирование нейронов гиппокампа с рианодином в течение 10 минут, в концентрации 1 мкМ, после второго периода реоксигенации перед третьей аппликацией NMDA не влияет на возникновение $s[Ca^{2+}]_i$ в период реоксигенации. На рис. 3 показано, что во время двух первых периодов реоксигенации в нейронах наблюдается появление $s[Ca^{2+}]_i$, а после преинкубирования клеток с рианодином амплитуда $s[Ca^{2+}]_i$ даже несколько увеличивается, но в пределах изменений в контроле. Таким образом, рианодиновый рецептор не участвует в формировании постгипоксической гипервозбудимости нейронов гиппокампа.

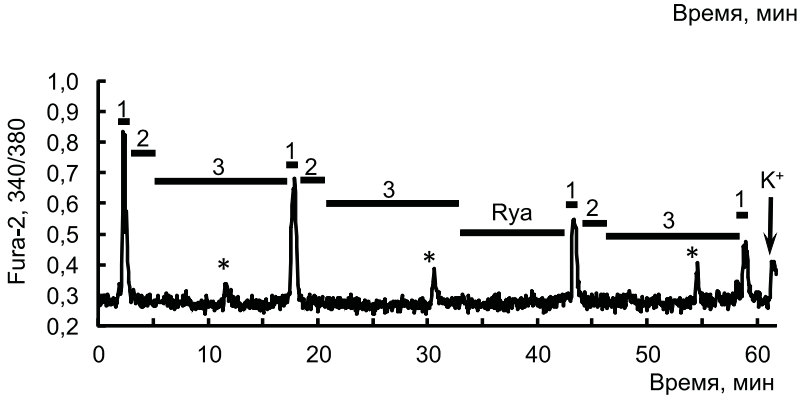


Рис. 3. Действие ингибитора рианодинового рецептора – рианодина – на изменение $[Ca^{2+}]_i$ в нейронах гиппокампа в ответ на аппликацию NMDA 10мкМ (1) во время кратковременных эпизодов гипоксии (2) и периодов реоксигенации (3). Аппликация рианодина (Rya) в концентрации 1 мкМ не влияет на появление $s[Ca^{2+}]_i$ в период реоксигенации

Постгипоксический кальциевый импульс подавляется ингибитором фосфолипазы С (PLC).

Для исследования вклада IP_3-рецепторов в высвобождение Ca^{2+} из ЭПР при генерации $s[Ca^{2+}]_i$ использовали один из ингибиторов PLC – U73122 [4]. Концентрации U73122, используемые в данном исследовании, не вызывают проявления неспецифических эффектов. На рис. 4 показано, что преинкубирование нейронов гиппокампа в течение 10 мин с 1–5 мкМ U73122 предотвращает появление $s[Ca^{2+}]_i$ в период реоксигенации после активации NMDA-рецепторов и действия кратковременного эпизода гипоксии во всех нейронах. Таким образом, появление $s[Ca^{2+}]_i$ в сетевых нейронах гиппокампа в культуре, в период реоксигенации, после активации NMDA-рецепторов и кратковременных эпизодов гипоксии не зависит от активации рианодинового рецептора, а включает высвобождение Ca^{2+} через IP_3-рецептор из тапсигаргин-чувствительного пула.

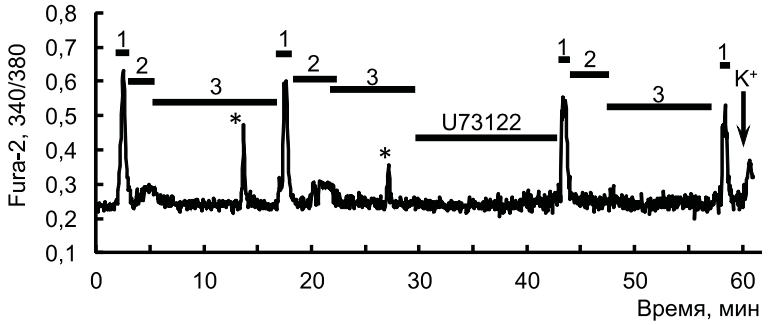


Рис. 4. Действие ингибитора фосфолипазы С – U73122 на изменение $[Ca^{2+}]_i$ в нейронах гиппокампа в ответ на аппликацию NMDA 10мкМ (1) во время кратковременных эпизодов гипоксии (2) и периодов реоксигенации (3). Аппликация U73122 в концентрации 1 мкМ подавляет появление $s[Ca^{2+}]_i$ в период реоксигенации

Известно, что кратковременные эпизоды аноксии (2–3 минуты) сами могут вызывать Ca^{2+}-ответы в нейронах гиппокампа крысы за счет выброса кальция в цитозоль из IP_3-чувствительных внутриклеточных депо [2]. Как видно из рис. 4, ингибирование PLC не только препятствует появлению постгипоксического Ca^{2+} импульса, но также подавляет повышение Ca^{2+} в период гипоксии.

Считается, что в условиях гипоксии или кратковременной ишемии головного мозга возбудимость пирамидных нейронов СА1 области гиппокампа возрастает вследствие изменения активности Ca^{2+}-зависимых K^+-каналов [8], а также активации неселективных катионных каналов, активируемых гиперполяризацией мембраны [5].

Заключение

В настоящей работе показано, что эффект постгипоксической гипервозбудимости возникает в сетевых нейронах гиппокампа в период реоксигенации после кратковременных эпизодов гипоксии и проявляется в возникновении спонтанного, синхронного постгипоксического Ca^{2+}-импульса, который происходит за счет активации PLC – IP3 пути мобилизации Ca^{2+} из тапсигаргин-чувствительного пула ЭПР.

Список литературы/References

1. Banker G.A., Maxwell Cowan W. Rat hippocampal neurons in dispersed cell culture. // Brain Res. 1977. Vol. 126, no. 3. pp. 397–425.

2. Belousov A.B., Godfraind J. M., Krnjevic K. Internal Ca^{2+} stores involved in anoxic responses of rat hippocampal neurons. // J. Physiol. 1995. Vol. 486, no. 3. pp. 547–556.

3. Berridge M.J. Capacitative calcium entry. // Biochem. J. 1995. Vol. 312, no. 1. pp. 1–11.

4. Bleasdale J.E., Thakur N.R., Gremban R.S., Bundy G.L., Fitzpatrick F.A., Smith R.J, Bunting S. Selective inhibition of receptor-coupled phospholipase C-dependent processes in human platelets and polymorphonuclear neutrophils // J. Pharmacol. Exp. Ther. 1990. Vol. 255, no. 2. pp. 756–768.

5. Fan Y., Deng P., Wang Y.C., Lu H.C., Xu Z.C., Schulz P.E. Transient cerebral ischemia increases CA1 pyramidal neuron excitability. // Exper. Neurology. 2008. Vol. 212, no. 2. pp. 415–421.

6. Friedman L. K. A role for neuroprotection and sustained adaptation. / Calcium. // Mol. Intervations. 2006. Vol. 6, no. 6. pp. 315–329.

7. Godukhin O., Savin A., Kalemenev S., Levin S. Neuronal hyperexcitability induced by repeated brief episodes of hypoxia in rat hippocampal slices: involvement of ionotropic glutamate receptors and L-type Ca2+ channels. // Neuropharmacology. 2002. Vol. 42. pp. 459–466.

8. Levin S. G., Shamsutdinova A. A., Godukhin O. V. Apamin, a selective blocker of SK_{Ca} channels, inhibits posthypoxic hyperexcitability but does not affect rapid hypoxic preconditioning in hippocampal CA1 pyramidal neurons in vitro. // Neurosci. Lett. 2010. Vol. 484 no. 1. pp. 35–38.

9. Semenov D.G., Belyakov A.V., Samoilov M.O. Moderate hypobaric hypoxia modifies Ca^{2+}-mediated glutamatergic signal transduction in rat cerebral cortex. // Neuroscience and Behavioral Physiology. 2002. Vol. 40, no. 9. pp. 1012–16.

10. Turovskaya M.V., Turovsky E.A., Zinchenko V.P., Levin S.G., Shamsutdinova A.A., Godukhin O.V. Repeated brief episodes of hypoxia modulate the calcium responses of ionotropic glutamate receptors in hippocampal neurons // Neurosci. Lett. 2011. Vol. 496, no.1. pp. 11–14.

Рецензенты:

Асланиди К.Б., д.ф.-м.н., лаборатория регуляции внутриклеточных процессов Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН (ИТЭБ РАН), г. Пущино;

Мошков Д.А., д.б.н., профессор лаборатории ультраструктуры нейрона Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН (ИТЭБ РАН), г. Пущино.

Работа поступила в редакцию 09.10.2012.

УДК 612.821.6+612. 822. 3

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ МЕТАБОЛИЗМА ЭНДОКАННАБИНОИДОВ НА ЭПИЛЕПТИЧЕСКИЙ СТАТУС У МОРСКИХ СВИНОК

[1]Шубина Л.В., [1,2]Кичигина В.Ф.

[1]ФГБУН «Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук», Пущино, e-mail: kateha007@bk.ru;

[2]Пущинский государственный естественно-научный институт, Пущино

У бодрствующих морских свинок исследовали влияние интрацеребровентрикулярного введения ингибитора обратного захвата эндоканнабиноидов AM404 и фермента деградации эндоканнабиноида анандамида URB597 на эпилептический статус (ЭС), вызванный конвульсантом каиновой кислотой. Параллельно регистрировали внутримозговую ЭЭГ в медиальной септальной области, гиппокампе, энторинальной коре и амигдале до (в течение 3–4 дней) и во время (4–6 ч) эпилептического статуса. Введение каиновой кислоты приводило к развитию судорожной активности и ЭС. При введении перед каиновой кислотой AM404, либо URB597 данный конвульсант не вызывал ЭС. Электрографические судороги в некоторых случаях регистрировались, однако заканчивались быстрее. Результаты показывают, что блокирование основных путей метаболизма эндоканнабиноидов может стать мишенью для фармакологической модуляции судорог.

Ключевые слова: эндоканнабиноиды, AM404, URB597, септум, гиппокамп, энторинальная кора, фмигдала, эпилептический статус, каиновая кислота, ЭЭГ, морские свинки

INFLUENSE OF THE EDOCANNABINOIDS METABOLISM INHIBITORS ON THE STATUS EPILEPTICUS IN GUINEA PIGS

[1]Shubina L.V., [1,2]Kitchigina V.F.

[1]Institute of Theoretical and Experimental Biophysics RAS, Puschino, e-mail: kateha007@bk.ru;

[2]Pushchino State Life Science Institute, Puschino

Influence of intraventricular injections of the endocannabinoid transport inhibitor AM404 and inhibitor of the enzymatic degradation of the endocannabinoid anandamide URB597 on kainic acid-indused status epilepticus (SE) was investigated in waking guinea pigs. Intrabrain EEGs in medial septal region, hippocampus, entorhinal cortex and amygdala were recorded simultaneously before (3–4 days) and during SE (4–6 hours). KA administration induced sustained limbic seizures (status epilepticus) lasted for several hours. When AM404 or URB597 was injected immediately before KA, the seizure scores were markedly reduced. Electrographic seizures were sometimes registered but terminated more quickly. In this animal group, there were neither spontaneous seizure activities nor mossy fiber sprouting. These results suggest that the blocking of the endocannabinoid metabolism can be targeted to pharmacologically modulation of seizure severity.

Keywords: endocannabinoids, AM404, URB597, septum, hippocampus, entorhinal cortex, amygdale, status epilepticus, kainic acid, EEG, guinea pigs

К настоящему времени в литературе накоплены данные, показывающие, что каннабиноиды могут проявлять как антиэпилептические [13, 14], так и нейропротекторные свойства [11]. Эндогенная каннабиноидная система (ЭКС), являясь важным регулятором синаптической активности, вовлечена во множество физиологических функций. ЭКС состоит из двух типов каннабиноидных G протеин-связанных рецепторов (CB1 и CB2), их эндогенных липидных лигандов (эндоканнабиноидов, ЭК) анандамида и 2-арахидонилглицерола (2-АГ), а также ферментов их синтеза, транспорта и деградации [см. обзор 5]. CB1 рецепторы широко экспрессируются в мозге на терминалях аксонов как тормозных [10], так и возбуждающих нейронов [11]. ЭК синтезируются «по мере надобности» из мембранных предшественников в постсинаптической клетке и, ретроградно активируя пресинаптические CB1 рецепторы, регулируют активность каналов и выделение нейротрансмиттеров [5]. Анандамид и 2-АГ удаляются из внеклеточного пространства с помощью специфического механизма обратного захвата в нейронах и астроцитах и гидролизуются в клетках посредством гидролазы амидов жирных кислот и моноацилглицерол-липазы соответственно.

Целью настоящей работы было исследование роли ЭКС в регуляции активности различных областей мозга при эпилептическом статусе (вызванном каиновой кислотой, КК), являющемся хорошо изученной моделью височной эпилепсии [1]. Для активации ЭКС применяли ингибитор обратного захвата эндоканнабиноидов, AM404, и ингибитор фермента деградации анандамида (FAAH), URB597.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проведены в соответствии с международными нормами этического обращения с животными (Experientia. 1995. 51: 1–5). Опыты были поставлены на трех группах бодрствующих морских свинок. За неделю до начала опытов животным вживляли монополярные электроды в поле CA1 гиппокампа (AP = 6.6; L = 3; H = 5), медиальную септальную

область (МСО, AP = 12,2; L = 2; H = 7,5, 15°), энторинальную кору (ЭНК, AP = 4.6; L = 5,5; H = 10,5) и базальное ядро амигдалы (БАМ, AP = 10,2; L = 5; H = 12.2) для одновременной регистрации полевых потенциалов (ЭЭГ). Все микроинъекции фармакологических препаратов производили в левый боковой желудочек через вживленную канюлю (AP = 8,6; L = 2,5; H = 4,7). У всех животных в течение 3-х дней регистрировали спонтанную ЭЭГ в исследуемых структурах. Затем животным экспериментальных групп («AM404», $n = 6$; «URB597», $n = 5$) однократно вводили ингибитор обратного захвата эндоканнабиноидов AM404 (3 мкл, $120 \cdot 10^{-9}$ моль) или ингибитор фермента деградации анандамида URB597 (2 мкл, $4{,}8 \cdot 10^{-9}$ моль), а животным контрольной группы – такой же объем ДМСО («контроль») и регистрировали ЭЭГ после окончания инъекции. Через 3–4 дня животным всех групп вводился конвульсант каиновая кислота (0,4 мкг), за 5 мин до которой животным группы «AM404» вводили AM404 (3 мкл, $120 \cdot 10^{-9}$ моль), животным группы «URB597» вводили URB597 (2 мкл, $4{,}8 \cdot 10^{-9}$ моль), а животным группы «контроль» – такой же объем ДМСО. Через 1,5 часа инъекции AM404 (2 мкл, $80 \cdot 10^{-9}$ моль), URB597 (1 мкл, $2{,}4 \cdot 10^{-9}$ моль) и ДМСО (соответствующего объема) повторяли. ЭЭГ регистрировали в течение четырех часов после введения каиновой кислоты. Тяжесть поведенческих судорог оценивали в баллах по модифицированной шкале Racine (от 0 до 6, где 0 соответствовал нормальному поведению, а 6 – крайней стадии судорог, смерти животного) [12]. Запись ЭЭГ и ее анализ производили с помощью программы Datapac2K2, США, 2005 (диапазон регистрируемых частот 0–300 Гц, частота оцифровки 1кГц). Для статистического анализа применяли линейную модель одновариантного анализа (one-way ANOVA) с последующим применением критерия Тьюки. Данные представлены как среднее ± SD; различия считали статистически достоверными при уровне значимости $p < 0{,}05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Спонтанная активность исследуемых структур мозга. Анализ ЭЭГ бодрствующих морских свинок выявил более широкий диапазон частот в гиппокампе (0–250 Гц), по сравнению с другими структурами (0–100 Гц в МСО, 0–150 Гц в ЭНК, 0–100 Гц в БАМ). В МСО была также выражена дельта-активность; тета-активность в наибольшей степени была свойственна гиппокампу. В амигдале иногда появлялся альфа-ритм, не характерный для остальных структур (рис. 1А). Разовое введение AM404, URB597 и ДМСО не приводило к существенным изменениям спонтанной активности изучаемых структур. Поведение животных после разового введения данных соединений в используемых концентрациях и объемах также не менялось.

Модуляция эпилептического статуса. При введении каиновой кислоты у всех контрольных животных примерно через 5–10 минут развивался эпилептический статус. Во время ЭС у морских свинок наблюдалось замирание, непроизвольное жевание, сильная дрожь (на начальных этапах), кружение с падением (на поздних этапах). Все это сопровождалось сильными электрографическими судорогами в ЭЭГ, представляющими собой периодические высокочастотные высокоамплитудные осцилляции. ЭС длился четыре часа и более. У всех животных группы «контроль» судорожная активность достигала 4–5 баллов по шкале Racine, при этом электрографические судороги регистрировались во всех исследуемых структурах.

При совместном введении каиновой кислоты с ингибитором обратного захвата эндоканнабиноидов AM404 (группа «AM404») либо с ингибитором фермента деградации анандамида URB597 (группа «URB597») данный конвульсант не вызывал эпилептического статуса; при этом в поведении животных отмечалось лишь легкое беспокойство. Судорожная активность была на уровне 1–2 баллов по шкале Racine. Необходимо отметить, что в группе «URB597» у 40% животных не регистрировались также электрографические судороги. В данном случае в ЭЭГ наблюдались острые волны (6–10 Гц), а также высокочастотная активность в диапазоне 100–200 Гц. В гиппокампе острые волны следовали с частотой 6 Гц; при этом обнаруживалось наложение на них высокочастотной активности на частоте 36 Гц (см. рис. 1).

Модуляция судорожных паттернов. Анализ паттернов судорожных эпизодов в ЭЭГ во время ЭС в контрольной и экспериментальных (в том случае, если электрографические судороги имели место) группах животных показал их сходство. Как длительность, так и частота судорожных эпизодов не различалась в контрольной и экспериментальных группах. Однако в том случае, когда каиновой кислоте предшествовало введение ингибиторов метаболизма ЭК (группы «AM404» и «URB597»), судороги спонтанно заканчивались через 3 часа после введения КА, в то время как у животных контрольной группы их приходилось останавливать введением диазепама (10 мг/кг) (рис. 2).

Проведенное исследование впервые показало, что внутримозговое системное введение ингибитора обратного захвата эндоканнабиноидов AM404, а также ингибитора фермента деградации анандамида URB597 ослабляло экспериментально вызванный эпилептический статус в различных структурах мозга.

Генерация эпилептиформной активности, представляющей собой синхронные залповые разряды большой популяции нейронов, обеспечивает повышенный вход Ca^{2+} в клетку и активацию фосфолипазы С, создавая тем самым условия для синтеза ЭК.

Так, обнаружено, что уровень ЭК сильно повышается в гиппокампе при экспериментальной эпилепсии [11, 13]. Уровень анандамида (но не 2-АГ) резко возрастал в гиппокампе мышей через 20 мин после введения проконвульсанта каиновой кислоты и возвращался к норме через час [11]. В другой работе в аналогичных условиях показано возрастание синтеза как анандамида, так и 2-АГ [15]. На пилокарпиновой модели эпилепсии также показано увеличение 2-АГ в гиппокампе уже через 15 минут после развития эпилептического статуса [13]. Эти результаты наводят на мысль об адаптивной роли ЭК: известно, что за счет регуляции нейротрансмиссии они контролируют эффективность синаптических нейронных входов [6].

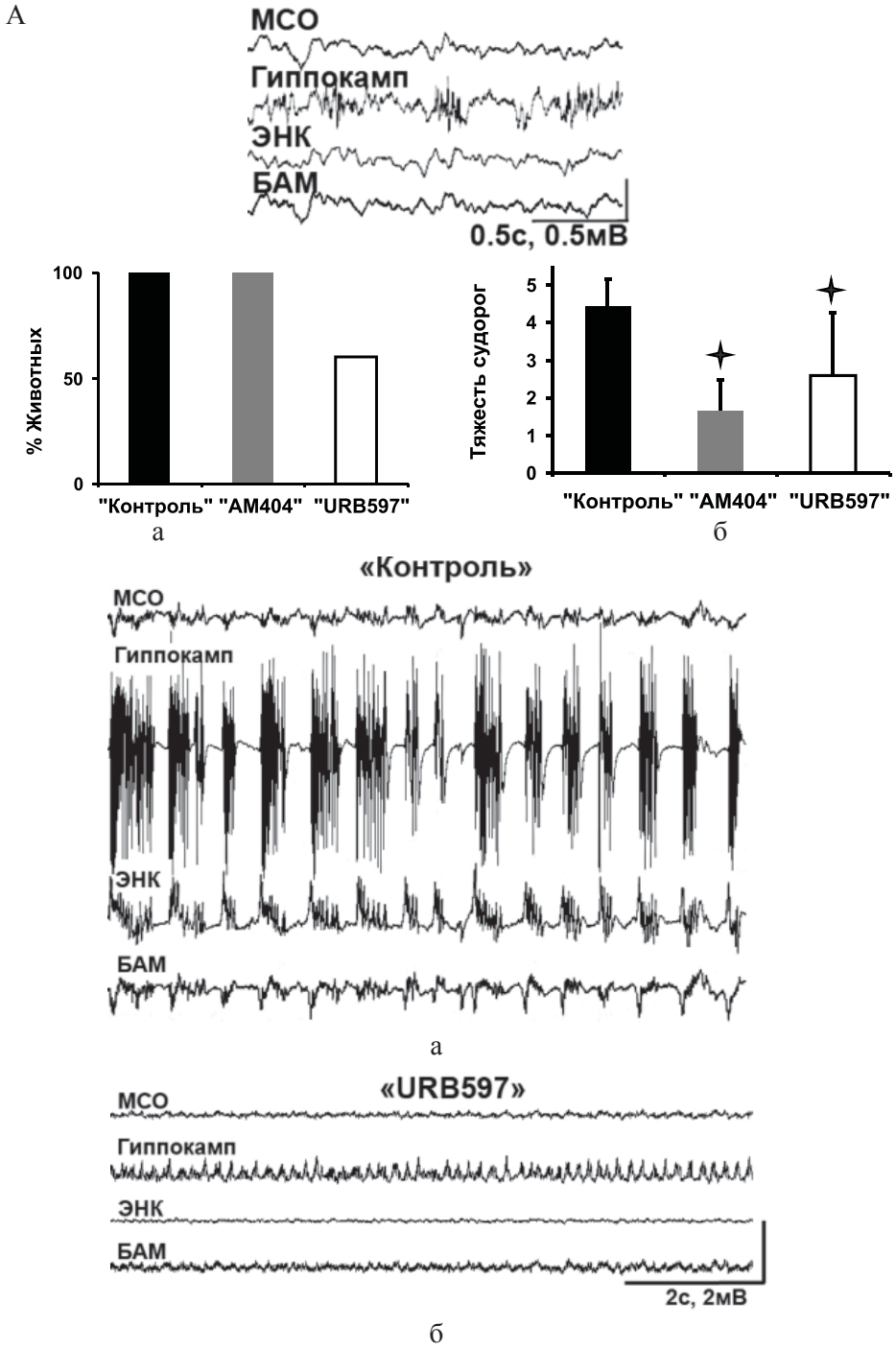


Рис. 1. Полевые потенциалы, одновременно зарегистрированные в МСО, гиппокампе, ЭНК и ЦАМ. (А) Фоновая активность. (Б) Процент животных с электрографическими судорогами (а) и тяжесть поведенческих судорог (б) после введения каиновой кислоты. (В) Электрографические судороги во время ЭС в контрольной группе животных (а) и их отсутствие в группе «URB597»

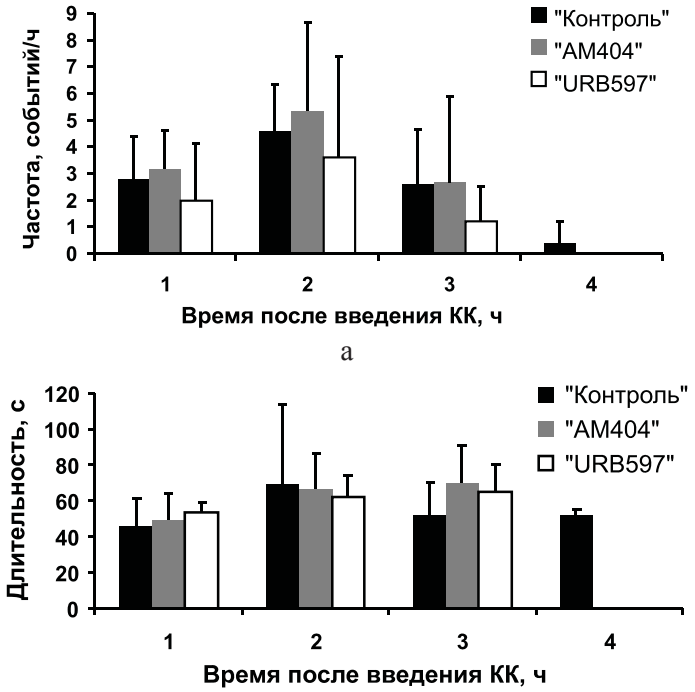


Рис. 2. Динамика частоты (а) и длительности (б) судорожных эпизодов в ЭЭГ в течение четырех часов (ч) после введения каиновой кислоты в контрольной и экспериментальных группах животных

Ранее было показано, что ингибитор мембранного транспорта AM404 усиливает действие анандамида *in vivo* [4] и на срезах гиппокампа [6]. С другой стороны, показана селективность фермента деградации анандамида (FAAH) к гидролизу анандамида [3], широкая экспрессия данного фермента в мозге [5], почти полное отсутствие ингибирования моноацилглицероллипазы ингибитором FAAH, URB597 [9]. Все это может говорить о том, что ослабление эпилептического статуса посредством как AM404, так и URB597, является следствием повышения уровня анандамида, по меньшей мере, на уровне гиппокампа. В предыдущих работах *in vivo* было также показано, что повышение уровня ЭК в мозге (опосредованное ингибиторами обратного захвата ЭК, либо ферментами их деградации) имело противосудорожное действие после инъекции проконвульсанта каиновой кислоты [2, 8, 9, 11, 15]. На другой модели, при AMPA-вызванной эксайтотоксичности, повышение уровня ЭК (посредством совместного введения ингибитора обратного захвата и фермента гидролиза анандамида) значительно снижало судорожную активность, а также защищало от повреждений нейронов и нарушений поведения и аверсивной памяти [7].

Вещества, блокирующие инактивацию анандамида и 2-АГ, в экспериментах могут способствовать установлению их физиологической роли. В перспективе они также могут оказаться полезными при лечении ряда заболеваний.

Выводы

1. Ингибиторы обратного захвата эндоканнабиноидов и фермента деградации анандамида, AM404 и URB597 (соответственно), повышающие уровень эндоканнабиноидов в мозге, существенно не изменяют ЭЭГ, а также не влияют на поведение животных.

2. Эпилептический статус, вызванный каиновой кислотой, существенно ослабляется ингибированием метаболизма эндоканнабиноидов AM404 и URB597 посредством их внутримозгового введения.

3. Подавление метаболизма эндоканнабиноидов не изменяет частоту и длительность судорожных эпизодов в ЭЭГ во время эпилептического статуса, однако способствует более быстрому их прекращению.

Список литературы/ References

1. Buckmaster P.S., Dudek F.E. In vivo intracellular analysis of granule cell axon reorganization in epileptic rats // J. Neurophysiol. – 1999. – Vol. 8. – P. 712–721.

2. Coomber B., O'Donoghue F.M., Mason R. Inhibition of endocannabinoid metabolism attenuates enhanced hippocampal neuronal activity induced by kainic acid // Synapse. – 2008. – Vol. 62. – P. 746–755.

3. Cravatt B.F., Giang D.K., Mayfield S.P., Boger D.L., Lerner R.A., Gilula N.B. Molecular characterization of an enzyme that degrades neuromodulatory fatty-acid amide // Nature. – 1996. – Vol. 384. – P. 83–87.

4. Fegley D., Kathuria S., Mercier R., Li C., Goutopoulos A., Makriyannis A., Piomelli D. Anandamide transport is independent of fatty acid amide hydrolase activity and is blocked by the hydrolysis-resistant inhibitor AM117 // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2004. – Vol. 101. – P. 8756–8761.

5. Freund T.F., Katona I., Piomelli D. Role of endogenous cannabinoids in synaptic signaling // Physiol. Rev. – 2003. – Vol. 83. – P. 1017–1066.

6. Hájos N., Kathuria S., Dinh T., Piomelli D., Freund T.F. Endocannabinoid transport tightly controls 2-arachidonoyl glycerol actions in the hippocampus: effects of low temperature and the transport inhibitor AM404 // Eur. J. Neurosci. – 2004. – Vol. 19. – P. 2991–2996.

7. Karanian D., Brown Q.B., Makriyannis A. et al. Dual modulation of endocannabinoid transport and fattyacidamide hydrolase protects against excitotoxicity // J. Neurosci. – 2005. – Vol. 25. – P. 7813–7820.

8. Karanian D., Karim S., Wood J. et al. Endocannabinoid enhancement protects against kainic acid-induced seizures and associated brain damage // J. Pharmacol. Exp. Ther. – 2007. – Vol. 322. – P. 1059–1066.

9. Kathuria S., Gaetani S., Fegley D., Valino F., Duranti A., Tontini A., Mor M., Tarzia G., La Rana G., Calignano A., Giustino A., Tattoli M., Palmery M., Cuomo V., Piomelli D. Modulation of anxiety through blockade of anandamide hydrolysis // Nat. Med. – 2003. – Vol. 9. – P. 76–81.

10. Katona I., Sperlagh B., Sik A., Kafalvi A., Vizi E.S., Mackie K., Freund T.F. Presynaptically located CB1 cannabinoid receptors regulate GABA release from axon terminals of specific hippocampal interneurons // J. Neurosci. – 1999. – Vol. 19. – P. 4544–4558.

11. Marsicano G., Goodenough S., Monory K. et al. CB_1 cannabinoid receptors and on-demand defense against excitotoxicity // Science. – 2003. – Vol. 302. – P. 84–88.

12. Racine R.J. Modification of seizure activity by electrical stimulation. I. After-discharge threshold. Electroencephalogr // Clin. Neurophysiol. – 1972. – Vol. 32. – P. 269–279.

13. Wallace M.J., Blair R.E., Falenski K.W. et al. The endogenous cannabinoid system regulates seizure frequency and duration in a model of temporal lobe epilepsy // J. Pharmacol. Exp. Ther. – 2003. – Vol. 307. – P. 129–137

14. Wallace M.J., Wiley J.L., Martin B.R., DeLorenzo R.J. Assessment of the role of CB1 receptors in cannabinoid anticonvulsant effects // Eur. J. Pharmacol. – 2001. – Vol. 428. – P. 51–57.

15. Wettschureck N., van der S.M., Tsubokawa H. et al. Forebrain-specific inactivation of Gq/G11 family G proteins results in age-dependent epilepsy and impaired endocannabinoid formation // Mol. Cell. Biol. – 2006. – Vol. 26. – P. 5888–5894.

Рецензенты:

Куликов А.В., д.б.н., зав. сектором экспериментальной трансплантологии ФГБУН «Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук», г. Пущино;

Павлик Л.Л., д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории ультраструктуры нейрона ФГБУН «Институт биофизики клетки Российской академии наук», г. Пущино.

Работа поступила в редакцию 19.09.2012.

УДК 378. 2

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ САМОРАЗВИТИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Вековцева Т.А.

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, e-mail: vek-73@mail.ru

Учитывая особое внимание к личности преподавателя вуза, определены сущность и основные направления профессиональной деятельности. На основе анализа работ, посвященных реформированию отечественной высшей школы, проблемам воспроизводства научно-педагогических кадров, выявлены важнейшие тенденции и особенности профессиональной деятельности преподавателя вуза. Проанализировано, какое место в профессиональной деятельности преподавателя вуза занимает саморазвитие. Саморазвитие преподавателя вуза в профессиональной деятельности рассматривается как процесс интеграции внешней профессиональной подготовки и внутреннего личностного движения. Выявлены основные направления саморазвития преподавателя вуза в профессиональной деятельности: саморазвитие в методической деятельности, саморазвитие в научной деятельности и саморазвитие в инновационной деятельности. Определены перспективные направления исследования.

Ключевые слова: преподаватель, высшая школа, саморазвитие, профессиональная деятельность

THE MAIN DIRECTIONS OF SELF-DEVELOPMENT OF A UNIVER-SITY TEACHER IN THE PROFESSIONAL ACTIVITY

Vekovtseva T.A.

South-Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: vek-73@mail.ru

Considering a special attention paid to the personality of a university teacher, the essence and the main directions of the professional activity are determined. On the basis of the analysis of scientific works devoted to the Russian educational reform in Higher School, to the problems of teaching staff reproduction, the most important tendencies and peculiarities in a university teacher's professional activity are disclosed. The place of self-development in a university teacher's professional activity has been analyzed. Self-development of a univer-sity teacher in the professional activity is regarded as a process of integration of outer professional training and inner personal development. The main directions of self-development in a university teacher's profes-sional activity are revealed: self-development in methodical activity, self-development in scientific activity and self-development in innovative activity.

Keywords: a university teacher, higher school, self-development, professional activity.

В последние годы постепенно происходит понимание того, что формула «образование на всю жизнь» заменяется формулой «образование через всю жизнь». Все более осознается, что качество образования обеспечивается только при условии, если образование переходит в самообразование, воспитание в самовоспитание, а развитие – в саморазвитие личности. Позитивные изменения в педагогическом менталитете вузовского преподавателя, в частности, ориентация на саморазвитие, являются несомненно важным ресурсом повышения гарантированности качества высшего профессионального образования. Поэтому в рамках данной статьи, с целью выявления основных направлений саморазвития преподавателя вуза, остановимся на характеристике его профессиональной деятельности.

Профессиональная деятельность преподавателя вуза специфична в силу ее полифункциональности. Она относится к числу профессий, требующих от работника целого ряда качеств. Данная деятельность предполагает грамотную и эффективную реализацию преподавателем многочисленных профессиональных функций. Он должен знать преподаваемый предмет, развивать в себе широкие познавательные интересы и высокие познавательные потребности; совершенствовать гибкость, глубину, критичность и самостоятельность мышления; формировать ориентацию на общечеловеческие ценности и т.д. Преподаватель вуза должен быть организованным и доброжелательным во взаимодействии со студентами; иметь инициативный и ответственный подход в работе.

Преподаватель вуза является ключевой фигурой. Личность преподавателя вуза и его профессиональная деятельность всегда привлекали внимание ученых различных областей научного знания (психология, педагогика, культурология, социология). Учитывая особое внимание к личности преподавателя вуза, определимся с сущностью и основными направлениями его профессиональной деятельности, а также определим, какое место в профессиональной деятельности преподавателя вуза занимает его саморазвитие.

Прежде всего, обратимся к тем научным и энциклопедическим источникам, где раскрывается смысл понятия «преподаватель». В «Словаре русского языка» С.И. Ожегова и «Русском толковом словаре» В.В. Лопатина и Л.Е. Лопатиной «преподаватель» опре-

деляется как «работник средней или высшей школы, преподающий какой-нибудь предмет» [4, с. 573; 3, с. 565]. Аналогичное определение дается в «Большой современной энциклопедии» по педагогике (сост. Е.С. Рапацевич), в которой лишь добавляется, что преподаватель осуществляет еще и воспитательную работу. Кроме того, акцентируется внимание на том, что в общеобразовательной школе преподаватель имеет особое название – «учитель» [5, с. 460]. В «Большом толковом словаре русского языка» Д.Н. Ушакова «преподаватель» определяется как «человек, профессионально занимающийся преподаванием чего-нибудь, преимущественно в учебных заведениях (учитель, профессор и т.п.)» [12, с. 591]. В этом определении, как нетрудно заметить, отсутствует ограничение, связанное с работой в средней или высшей профессиональной школе. Преподавателем, согласно Д.Н. Ушакову, можно считать и учителя общеобразовательной школы. «Словарь по образованию и педагогике» В.М. Полонского предлагает следующее определение: «преподаватель – педагогический работник, в задачи которого входят: обучение учащихся и студентов на высоком научном и методическом уровне, индивидуальные занятия с обучающимися, организация и контроль их самостоятельной работы» [7, с. 113]. Развернутое определение дано в «Педагогической энциклопедии» (издание «Советская энциклопедия» от 1966 г.). Преподаватель здесь рассматривается в широком и узком смысле слова. В широком смысле преподаватель – «работник высшей, средней специальной или общеобразовательной школы, преподающий какой-либо учебный предмет»; в узком смысле, преподаватель – это «штатная должность в вузах и средних специальных учебных заведениях». И далее: «Педагогическую работу в вузах ведут профессора, доценты, ассистенты, старшие преподаватели …». «В вузах и средних специальных учебных заведениях на преподавателя возлагается учебная и методическая работа по своей специальности, руководство учебной и производственной практикой, самостоятельными занятиями и научно-исследовательской работой студентов» [цит. по 11, с. 68]. Обобщающая характеристика преподавателя высшей школы дана З.Ф. Есаревой. «Преподаватель, – отмечает она, – это научный работник, который овладел научными методами обучения и воспитания, умело использует технические средства преподавания, непрерывно повышает свою квалификацию, активно участвует в научно-исследовательской работе, в общественной жизни» [1, с. 51].

Анализ данных определений показывает, что деятельность преподавателя вуза является сложноорганизованной и включает многообразие аспектов ее проявления (учебная, воспитательная, организаторская, методическая, научная, инновационная и т.п.), которые различаются по форме, содержанию, способам осуществления и функциональной направленности. В своей совокупности данные аспекты профессиональной деятельности преподавателя вуза нацелены на решение главной целевой установки – воспроизводство профессиональных кадров, социализация молодого поколения, производство знаний и их передача. Убедительное замечание в этом плане делает З.Ф. Есарева. Она подчеркивает, что «деятельность преподавателя станет успешной только в том случае, если он глубоко осознает цель и задачи высшего образования и будет руководствоваться ими постоянно» [там же, с. 14].

Анализ работ, посвященных реформированию отечественной высшей школы, проблемам воспроизводства научно-педагогических кадров [2; 8 и др.], позволил определить ряд важных тенденций, которые оказывают существенное влияние на характер профессиональной деятельности преподавателя вуза. К таким тенденциям можно отнести:

– активизацию Болонского процесса и формирование общеевропейской системы высшего образования; адаптацию отечественной высшей школы к интеграции в мировое образовательное пространство: интеграция в отечественном образовании европейских тенденций с самобытностью российской культуры, обусловленная участием России в Болонском процессе;

– реструктуризацию отечественной высшей школы: изменение форм собственности вузов (появление негосударственных вузов), укрупнение вузов (создание федеральных университетов), изменение статуса вузов (создание исследовательских университетов);

– локализацию процессов регионализации: возрастание влияния системы высшего образования на региональное развитие, укрепление связей вузов с региональным рынком труда и экономическими кластерами, создание региональных университетских комплексов;

– изменение социально-профессионального статуса научно-педагогических кадров: снижение престижности научно-педагогического труда, снижение материального благосостояния кадров бюджетной сферы, статусная рассогласованность научно-педагогических кадров, стратификационные изменения в обществе;

– изменение структуры научно-педагогических кадров: старение научно-педагогических кадров, феминизация науки и образования, отток кадров из науки, вторичная занятость на рынке труда (совместительство);

– изменение роли и функций преподавателей вуза, переход от знаниевой парадигмы к компетентностной: изменение требований к профессиональной деятельности преподавателя, внедрение инновационных методик и технологий обучения в вузе;

– переход к новой образовательной парадигме: от передачи знаний к формированию потребности в знаниях, новые компетенции в профессиональной деятельности (знание иностранных языков, профессиональная мобильность, профессиональная коммуникация).

Совершенно очевидно, что выделенные тенденции отразились на выполняемых преподавателем профессиональных функциях. Под влиянием данных тенденций профессия преподавателя приобретает новые черты, к ней предъявляются новые требования, связанные, в частности, с необходимым уровнем информационной культуры, социальной мобильности, новых профессиональных компетенций. Качественные изменения в профессиональной деятельности преподавателя, в сущности, являются своего рода ответом на вызовы нового общества. Соответствующие изменения находят свое отражение в меняющемся у преподавателя мировоззрении и системе ценностей, стратегии и практике его профессиональной деятельности. Сегодня вполне очевидно, что преподаватель из интеллигента превращается в интеллектуала, организатора процесса производства и передачи знаний.

Ю.В. Подповетной и И.В. Резанович определен ряд особенностей профессиональной деятельности преподавателя вуза. К таким особенностям учеными отнесены: разнообразный характер деятельности, включающей в себя, помимо педагогической, научно-исследовательскую сторону, требующую наличия специальных способностей; четкие критерии профессионального соответствия (наличие ученых степеней и званий, научных наград, число опубликованных работ в реферируемых изданиях и т.п.); четкие критерии профессиональной эффективности (выполнение учебной нагрузки, методическая и организационно-педагогическая работа, организация конференций и т.п.); преобладание коммуникативной составляющей в деятельности; специфичность средств деятельности (знания, умения, культура, нравственный облик и индивидуальный стиль преподавателя); специфичность результата педагогической деятельности («материализованность в людях», «отодвинутость во времени», трудная измеримость и сопоставимость) [6 и др.].

Также необходимо отметить, что профессиональная деятельность преподавателя вуза реализуется в нескольких направлениях: педагогической, организаторской, методической, научной, инновационной и т.п. Однако зачастую эти виды деятельности не образуют целостной педагогической системы. В результате сообщество преподавателей оказывается разделенным на «преподавателей-ученых» и «преподавателей-практиков» (трансляторов знаний), которые выполняют узко направленные функции. Аналогичная позиция получила отражение в работе М.И. Ситниковой. Исходя из анализа пространства самоорганизации продуктивной педагогической деятельности преподавателя, ей удалось установить и охарактеризовать четыре основные сферы педагогической деятельности преподавателя вуза: «преподаватель-учитель», «преподаватель-воспитатель», «преподаватель-методист» и «преподаватель-ученый».

Учитывая полученные М.И. Ситниковой результаты и собственный педагогический опыт в высшем учебном заведении, мы пришли к выводу, что выявленные аспекты профессиональной деятельности преподавателя вуза (методическая, научная, инновационная деятельности) отражают основные направления его профессионального саморазвития.

Саморазвитие индивида, по мнению авторов педагогического словаря, – это процесс обогащения деятельностных способностей и иных личностных качеств человека в ходе различных видов его целенаправленной деятельности, основанием которого служит распредмечивание (присвоение) социального опыта и достижений культуры, воплощенных в реалиях, вовлекаемых в процесс той или иной деятельности. Ход саморазвития и его результаты определяются двумя факторами:

а) способностью индивида учиться и участвовать в деятельности «со знанием дела», т.е. качеством и уровнем его образования;

б) характером и мерой воплощения социально-культурного опыта в реалиях, с которыми имеет дело субъект деятельности [10, с. 247].

Саморазвитие – это процесс всестороннего развития личности посредством самостоятельного изучения и применения полученной информации, индивидуального творческого подхода к задачам без постоянного внешнего воздействия. Саморазвитие

преподавателя вуза в профессиональной деятельности – это процесс интеграции внешней профессиональной подготовки и внутреннего личностного движения. Внешнее задает содержание, формы и приемы саморазвития, а внутреннее движение обеспечивает реализацию и личностный смысл саморазвития преподавателя вуза в профессиональной деятельности.

Анализ работ С.В. Кульневича, Т.П. Лакоценинной, М.М. Поташника позволяет утверждать, что *саморазвитие преподавателя вуза в методической деятельности* направлено на управление развивающейся системой непрерывного повышения квалификации педагогических кадров, инициирование педагогического творчества и освоения современных образовательных технологий; дидактическое и методическое обеспечение введения нового содержания образования и обучения, т.е. связано с методическим сопровождением профессиональной деятельности педагогов. Кроме того, саморазвитие преподавателя вуза в методической деятельности занимает особое место в системе управления образовательным учреждением, тесно связано с его основными задачами и функциями и обусловливается активизацией личности и творческой деятельности педагога. Саморазвитие преподавателя вуза в методической деятельности происходит в процессе обмена опытом с коллегами: по вопросу применения в учебном процессе современных информационных технологий; по внедрению в учебный процесс инновационных образовательных технологий, проведению имитационных, деловых, организационно-деятельностных и других игр, решению производственных задач и конкретных ситуаций и т.д.; в ходе апробации новых и модернизации действующих лабораторных работ; при обсуждении лекций и других учебных занятий, посещаемых у коллег; при подготовке к научно-практическим семинарам, конференциям и пр.; в организации работы методических семинаров для начинающих, малоопытных преподавателей и др. [9, с. 21]. Таким образом, мы пришли к пониманию того, что саморазвитие преподавателя вуза в методической деятельности связано, как правило, с освоением и адаптацией готовых педагогических новшеств (идей, разработок, проектов и т.д.), их внедрением и обобщением, правда, без анализа закономерностей существования и механизмов возникновения.

Научная деятельность – это интеллектуальная деятельность, направленная на получение и применение новых знаний для решения технологических, инженерных, экономических, социальных, гуманитарных и иных проблем. Научная деятельность носит целесообразный характер, т.е. всегда имеет целевую направленность. Она протекает в системе определенных социальных отношений и условий и ориентирована на достижение практически значимого результата. Ключевой ее особенностью является присущий ей интеллектуальный характер. Учитывая специфику научной деятельности преподавателя вуза [1, с. 71–73], его *саморазвитие в научной деятельности* основывается на особенности развития современной науки (тенденции к интеграции и дифференциации, к усилению роли науки в обществе); научном творчестве преподавателя вуза, которое направлено на подготовку новых исследователей; преобладании научной направленности в профессиональной деятельности преподавателя, высокой научной продуктивности; интенсивной постоянной умственной познавательной деятельности, которая дарит вузовскому ученому творческое долголетие; конструктивных и гностических компонентах в структуре научной деятельности преподавателя, а в структуре его личности на недискурсивном, эвристическом мышлении, целостности интеллекта и длительной сохранности интеллектуальных функций; профессионализме преподавателя в области научных исследований; проектировочной деятельности вузовских преподавателей, которая направлена на организацию не только своей научной работы, но и научной деятельности студентов и аспирантов, что помогает преподавателю перспективно планировать коллективные исследования, предвидеть их результаты.

Основу *саморазвития преподавателя вуза в инновационной деятельности* составляет процесс использования новшества. В процессе инновационной деятельности осуществляется механизм воспроизводства инновационности как мыследеятельностной формы, обеспечивающей саморазвитие личности. Саморазвитие преподавателя вуза в инновационной деятельности представляет собой комплексный процесс создания, распространения и использования нового практического средства (новшества) для новой (или лучшего удовлетворения уже известной) общественной потребности. Учитывая, что инновационная деятельность является продолжением научной и научно-технической деятельности в едином научно-инновационном цикле, саморазвитие преподавателя вуза в инновационной деятельности понимается нами как деятельность по преобразованию результатов научной и научно-технической деятельности в инновации и эффективному их использо-

ванию в научно-образовательном процессе вуза. Кроме того, отметим, что инновационная система вуза по целому ряду признаков может быть отнесена к категории «больших систем», которым присущи такие важнейшие признаки как целенаправленность, адаптивность, динамизм, мобильность и др. Свойство инновационной системы в вариативных моделях – ее принципиальная нацеленность на будущее, прогностичность, что определяет и другие особенности, например, многофакторность и многокритериальность [13, с. 46]. Перечисленные свойства инновационной системы вуза, по нашему мнению, создают условия для саморазвития преподавателя вуза в процессе инновационной деятельности.

Таким образом, существующая практика показывает, что выявленные аспекты профессиональной деятельности преподавателя вуза (методическая, научная и инновационная деятельности) отражают основные направления саморазвития преподавателя вуза. Однако саморазвитие преподавателя вуза в данных направлениях осуществляется на практике изолированно друг от друга, между ними не обнаруживается тесной связи. Отсутствуют механизмы, обеспечивающие интеграцию саморазвития в научной и методической, в научной и инновационной деятельности преподавателя и т.п. Это обстоятельство указывает на то, что, например, многие результаты саморазвития преподавателя в научной деятельности не получают соответствующей методической интерпретации и истолкования и, как следствие, не используются в реальной практике профессиональной подготовки студентов вуза. Данной проблеме посвящено наше исследование и перспективное направление работы.

Список литературы

1. Есарева З.Ф. Особенности деятельности преподавателя высшей школы. – Л.: Изд-во ЛГУ. – 1974. – 112 с.

2. Зотова И.Г. Социальная идентичность преподавателей современной высшей школы: дис. ... канд. социолог. наук: 22.00.04. – Саранск, 2011. – 164 с.

3. Лопатин В.В. Русский толковый словарь / В.В. Лопатин, Л.Е. Лопатина. – М.: Эксмо, 2007. – 928 с.

4. Ожегов С.И. Словарь русского языка: ок. 60 000 слов и фразеологических выражений / С.И. Ожегов; под общ. ред. проф. Л.И. Скворцова. – 25-е изд., испр. и доп. – М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Изд-во «Мир и Образование», 2007. – 976 с.

5. Педагогика: Большая современная энциклопедия / сост. Е.С. Рапацевич. – Мн.: Современное слово, 2005. – 720 с.

6. Подповетная Ю.В. Концепция развития научно-методической культуры преподавателя вуза: монография / Ю.В. Подповетная, И.В. Резанович. – М.: ВЛАДОС, 2012. – 258 с.

7. Полонский В.М. Словарь по образованию и педагогике. – М.: Высш. шк., 2004. – 512 с.

8. Потехина Е.В. Реформирование высшей школы: теория, методология, практика: монография. – М.: Информ.-внедренческий центр «Маркетинг», 2010. – 138 с.

9. Ситникова М.И. Формирование культуры профессионально-педагогической самореализации преподавателя высшей школы: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08. – Белгород, 2008. – 42 с.

10. Современный словарь по педагогике. – М.: Академ. Проект, 2001. – 863 с.

11. Тсенова Д.Е. Профессиональная деятельность преподавателя // Вестник Казахстанско-Американского свободного университета. – 2006. – № 1. – С. 68–74.

12. Ушаков Д.Н. Большой толковый словарь русского языка. Современная редакция. – М.: ООО «Дом Славянской книги», 2008. – 960 с.

13. Харченко, Л.Н. Инновационная деятельность преподавателя современного вуза: обоснование системного подхода / Л.Н. Харченко, И.Е. Панова // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2010. – № 4 (25). – 44–49.

References

1. Esareva, Z.F. The peculiarities in activity of a university teacher / Z.F. Esareva. L.: edited in LSU. 1974. 112 p.

2. Zotova, I.G. Social identity of modern university teachers: diss.:22.00.04/ I.G. Zotova. Saransk, 2011. 164 p.

3. Lopatin, V.V. The Russian Definition Dictionary / V.V. Lopatin, L.E. Lopatina. M.: Eksmo, 2007. 928 p.

4. Ozegov, S.I. The Dictionary of the Russian Language: 60000 words and fraseological expressions/S.I. Ozegov.–25-th edition.–M.: publishing house «Mir i Obrazovanie», 2005. 720 p.

5. Pedagogy: Modern Encyclopedia/E.S Rapatsevich.–Mn.: «Sovremennoe slovo» 2005. 720 p.

6. Podpovetnaya, Y.V. The conception of the development of science-methodical culture of a university teacher: monograph/Y.V. Podpovetnaya, I.V. Rezanovich. M.: VLADOS, 2012. 258 p.

7. Polonskiy, V.M. Dictionary of Education and Pedagogy / V.M. Polonskiy. M: Vissh. sh., 2004. 512 p.

8. Potehina, E.V. The Higher School reform: theory, methodology, practice: monograph / E.V. Potehina. M.: Inform Centre «Marketing», 2010. 138 p.

9. Sitnicova, M.I. The formation of culture of professional and pedagogical self-realization of a university teacher: abstract of a dissertation of doctor of pedagogy:13.00.08 / M.I. Sitnicova. – Belgorod, 2008. 42 p.

10. The Modern Dictionary of Pedagogy. M.: Academ. Proect, 2001. – 863 p.

11. Tsenova, D.E. The professional activity of a teacher / D.E. Tsenova // Vestnik of Kazachstan-American Open University. 2006. no. 1. pp. 68–74.

12. Ushacov, D.N. The Definition Dictionary of the Russian Language. Modern edition / D.N. Ushakov. – M. Ltd «Dom Slavianskoi knigi», 2008. 960 p.

13. Harchenko, L.N. Innovative activity of a modern university tearcher: the system approach basing / L.N. Harchenko, I.E. Panova // Vestnik of the North Caucasus State Technical University. 2010. no. 4 (25). pp. 44–49.

Рецензенты:

Ильясов Д.Ф., д.п.н., профессор, заведующий кафедрой педагогики и психологии Челябинского института переподготовки и повышения квалификации работников образования, г. Челябинск;

Резанович И.В., д.п.н., профессор, заведующая кафедрой управления персоналом Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 37.018.46

УЧИТЕЛЬ – ПОЗНАЮЩИЙ И ОРГАНИЗУЮЩИЙ СУБЪЕКТ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО ПРОЦЕССА: УРОВНИ ОБЩЕГО ПРОФЕССИОНАЛИЗМА

[1,2]Едуш И.В., [2]Молодцова Т.Д.

[1]МОБУ СОШ №38, Таганрог, e-mail: bhbyf1.08@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Таганрогский государственный педагогический институт имени А.П. Чехова», Таганрог, e-mail: molodcovatd40@mail.ru,

Современный педагог, работая над интеллектуальной насыщенностью содержания образования, высоким уровнем методики обучения, продумывает степень своего участия в обновлении и развитии школы, ставит цели, которые являются непосредственным мотивом его педагогической деятельности. Экзаменационный процесс является необходимым звеном в программе педагогического познания и деятельности. Педагог в предэкзаменационную и экзаменационную пору, проявляя и демонстрируя свое педагогическое мастерство и профессионализм, может испытывать определенные затруднения. Для их преодоления ему необходима педагогическая поддержка со стороны администрации школы с целью развития профессионализма как самоценной деятельности педагога по созданию благоприятных условий для личностного роста самого педагога. Целью исследования является выделение уровней профессионализма учителя с соответствующими показателями профессиональных компетентностей. Для достижения поставленной цели использовались следующие методы исследования: дедуктивные, теоретический анализ, изучение литературы. Рассматривая понятие профессионализма учителя, трудности, которые он может испытывать, результаты его педагогической деятельности, за которые должен нести ответственность, сделаны следующие выводы: для построения модели педагогической поддержки учителя администрацией школы с целью развития профессионализма как самоценной деятельности педагога по созданию благоприятных условий для личностного роста самого педагога, успешного прохождения экзаменационного процесса, как учителем, так и его учениками, необходимо было выделить уровни профессионализма учителя. Автором статьи выделены три уровня общего профессионализма учителя с соответствующими показателями профессиональных компетентностей: высокий, средний, низкий В качестве перспектив исследования можно отметить необходимость уточнения содержания направления деятельности мониторингово-диагностических исследований, направленных на измерение уровней профессионализма учителя.

Ключевые слова: учитель, профессионализм, уровни профессионализма

THE TEACHER IS A THINKING SUBJECT OF EXAMINATIONS WHO ORGANIZES IT. THE STANDARDS OF COMMON PROFESSIONALISM

[1,2]Edush I.V., [2]Molodtsova T.D.

[1]Comprehensive school №38, Taganrog, e-mail: bhbyf1.08@mail.ru;

[2]Taganrog State Pedagogical Instinute named after A.P. Cnekhov, Taganrog, e-mail: molodcovatd40@mail.ru

A teacher of today while working concentrates on the intellectual side of educational content and on the high level of teaching methods. He thinks over his participation in the progress of school, sets aims which are motives for his work. Examinations are indispensable links of teaching activities. Before and during exams a teacher demonstrates his professional skills and can experience hardships. He often needs help of school's administration to overcome his difficulties. Such a support and encouragement creates for the teacher all conditions for his self-development. The goal of the study is a determination of professional levels of a teacher and his authority. To attain the object the following ways of research were used: a deductive one, theoretical analysis and studying of literature. In the course of considering of the teacher's professionalism, his problems and from the results of his work for which he must bear the responsibility the following conclusions were made: To make a plan of teacher's support and to help a teacher and his students to get through the exams successfully the standards and levels of teachers' professionalism must have been distinguished. The author of the study has determined three levels of common professionalism of a teacher with corresponding indices of competence: a high, a medium and a low one. As perspectives of the research a clarification of the content of diagnostic tests for measuring of teachers' professional skill can be noted.

Keywords: a teacher, professionalism, levels of professionalism

Реализация современной политики в образовании невозможна без **педагога,** обладающего высоким профессионализмом, творческим потенциалом, занимающего ведущие интеллектуальные позиции в обществе.

Современный педагог, работая над интеллектуальной насыщенностью содержания образования, высоким уровнем методики обучения, стремясь познать, полюбить ученика и помочь ему сотворить себя, продумывает степень своего участия в обновлении и развитии школы. Поэтому задача управленческой деятельности администрации школы – не только формировать и развивать положительное мнение учителей о своих способностях, но и вовлекать их в различные виды инновационной педагогической деятельности, помогать педагогу оценивать свое «Я».

Учитель – активный познающий и деятельностный субъект. Он взаимодействует с другими субъектами образовательного

пространства – учащимися, коллегами, родителями учащихся, управленческим вышестоящим аппаратом в сфере образования, связан с ними многочисленными социально-коммуникативными и иными отношениями различного характера – пространственно-территориальными, психологическими, межличностными, профессиональными, групповыми, национальными, общечеловеческими и др.

Любой педагогический субъект в своей педагогической деятельности ставит цели, задачи, намечает планы, определяет методологию исследования, осуществляет выбор способов и методов решения задач и т.д. Ведущую системообразующую роль в деятельности выполняет цель, являющаяся непосредственным мотивом педагогической деятельности субъекта, которая ставится в соответствии с его потребностями, реализуется в деятельности, проявляя творческие способности. Именно педагогические потребности определяют цель, задачи и программу педагогического познания и педагогической деятельности.

Необходимым звеном в программе педагогического познания и деятельности является экзаменационный процесс. Учитель в предэкзаменационную и экзаменационную пору, принимая на себя функции организующего субъекта, проявляя и демонстрируя свое педагогическое мастерство и профессионализм, может испытывать затруднения. Отметим некоторые из них*:*

– сложность овладения теоретическими сведениями;

– необходимость изменения направленности, идеалов, мотивов профессиональной педагогической деятельности;

– недостаток или отсутствие опыта применения средств, методов, способов, приемов обучения и воспитания;

– необходимость коррекции своих личностных качеств в раскрытии креативных возможностей для «строительства» самого себя, своего общения и, в целом, своей жизни.

Для преодоления трудностей в деятельности педагога, особенно в период экзаменационных испытаний, учителю необходима педагогическая поддержка со стороны администрации школы с целью развития профессионализма как самоценной деятельности педагога по созданию благоприятных условий для личностного роста самого педагога. Модель педагогической поддержки, сформированная с опорой на научные разработки отечественных ученых, может оказываться учителям по следующим направлениям: социальное, психологическое, методическое, педагогическое. Эти направления, так или иначе, входят в состав следующих блоков модели педагогической поддержки: организационно-управленческий, диагностический, научно-методический, деятельностно-компетентностный, личностно ориентированный, здоровьесберегающий.

Модель педагогической поддержки, ее наполняемость определенным содержанием, механизмом функционирования и реализации зависят от «диагностического», включающего *диагностику исходного и конечного уровней* профессионально-педагогической компетентности педагогических работников.

Выделение уровней профессионализма является целью исследования.

Для решения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. *Проанализировать понятие «профессионализм».*

2. *С*формулировать результаты педагогической деятельности, за которые педагог должен нести профессиональную ответственность с целью определения показателей «профессионализма».

3. *Выделить уровни общего профессионализма учителя.*

Изучение понятия «профессионализм учителя» началось на рубеже XX–XXI столетий. Проблема профессионализма педагога глубоко и всесторонне изучается с разных позиций: психологической (Ю.П. Поваренков, А.Р. Фонарев, Н.В. Кузьмина, А.К. Маркова, С.А. Дружилова), педагогической науки (В.Я. Синенко, В.А. Сластенин, Т.И. Руднева), акмеологии (А.А. Деркач, В.Е. Курочкина, Ю.А. Тукачева) и др.

Проанализировав различные подходы к определению интересующего понятия, под «профессионализмом учителя» понимаем совокупность личностных характеристик человека, необходимых для успешного выполнения труда и отражающих определенную систему, которая отвечает социальному заказу общества, а профессионалом можно считать учителя**,** который:

– успешно решает задачи обучения и воспитания, достигает необходимого уровня профессиональных личностных качеств, знаний и умений;

– личностно расположен к профессии, мотивирован к труду в ней, удовлетворен;

– достигает желаемых сегодня обществом результатов в развитии личности учащихся;

– использует приемлемые в демократическом обществе способы, технологии;

– осваивает нормы, эталоны профессии, достигает мастерства в ней и вместе с тем стремится индивидуализировать свой труд, осознанно развивает свою индивидуальность средствами профессии;

– открыт для постоянного профессионального обучения, накопления опыта, изменения, в то же время обогащает опыт профессии за счет личного творческого вклада;

– социально активен в обществе, ищет резервы решения проблем внутри профессии, не боится попадать в условия конкурентности образовательных услуг;

– готов к качественной и количественной оценке своего труда, умеет сам это сделать, готов к дифференцированной оценке своего труда в баллах, категориях, спокойно относится к участию в профессиональных испытаниях, тестах.

Для определения уровня профессионализма учителя сформулированы результаты педагогической деятельности, за которые педагог способен и должен нести профессиональную ответственность: качество организации деятельности обучающихся; обеспечение педагогического процесса (уровень методического, информационного, технологического оснащения педагогического процесса, создание комфортных психологических условий); профессиональные достижения учителя и динамика профессионального роста.

Понимая, что профессионализм учителя – социально-педагогическое явление, отвечающее заказу общества, с одной стороны, и совокупность фундаментальных интегрированных знаний, обобщенных умений и педагогических способностей, его личностных и профессионально важных качеств учителя, с другой стороны, выделим три уровня общего профессионализма учителя с соответствующими показателями профессиональных компетентностей: высокий – соответствующий педагогическому мастерству, средний и низкий.

Распределим эти показатели по уровням (таблица).

Распределение показателей по уровням

Показатели, профессиональные компетентности	Уровни		
	высокий(педагогическое мастерство)	средний	низкий
1	2	3	4
Предметная компетентность	– Прекрасное знание предмета и смежных наук. – Высокий уровень адаптации научных знаний для активизации образовательного процесса. – Умение находить и отбирать информацию по предмету, понимание и умение использовать на практике основные ценности, понятия, нормы, процессы	– Хорошее знание предмета и смежных наук. – Средний уровень адаптации научных знаний для активизации образовательного процесса. – Формирование умений находить и отбирать информацию по предмету	– Затруднения в знании смежных наук. – Слабые умения находить и отбирать информацию по предмету. – Неумение адаптировать научные знания для активизации образовательного процесса
Креативность	– Готовность изменяться, отказываться от стереотипов. – Нахождение оригинальных решений сложных проблем	– Стереотипное поведение. – Нахождение возможных решений проблем в экзаменационной ситуации	– Неготовность к изменениям, к отказу от стереотипов
Психологическая компетентность	– Умение использовать психологические методы в профессиональной деятельности. – Знание возрастной психологии. – Создание стабильной, позитивной, творческой обстановки в классе	– Частичное использование психологических методов, приемов в профессиональной деятельности	– Неумение использовать психологические методы, приемы в профессиональной деятельности. – Слабое знание возрастной психологии

Окончание таблицы

1	2	3	4
Педагогическая компетентность	– Умение организовывать коллективную и индивидуальную деятельность детей. – Отслеживание динамики количественных показателей успешности учебного процесса. – Выявление причин несоответствия показателей прогнозируемым. – Принятие коррекционных решений. – Умение управлять индивидуальным образовательным маршрутом ученика	– Недостаточные умения организовывать коллективную деятельность детей. – Недостаточное умение организовывать индивидуальную деятельность, управлять индивидуальным образовательным маршрутом ученика. – Умение создавать рабочую обстановку. – Средний уровень достижения поставленных целей	– Неумение организовывать коллективную деятельность детей. – Трудности в организации индивидуальной деятельности, управлении индивидуальным образовательным маршрутом ученика. – Неумение принять коррекционные решения. – Низкий уровень достижения целей
Методическая компетентность	– Владение методикой проведения и мониторинга овладения учащимися учебными программами по предмету в течение всего учебного года. – Знание и использование современных образовательных технологий	– Удовлетворительное методическое оснащение учебно-воспитательного процесса. – Хорошее знание и использование только основных образовательных технологий, методов, форм работы, типов, видов, форм уроков	– Недостаточное владение современными разнообразными формами организации познавательной деятельности учащихся. – Слабое владение техникой самоанализа
Готовность педагога к инновациям	– Наличие авторских программ факультативных, предпрофильных, элективных курсов. – Систематическое участие в профессиональных конкурсах. – Подготовка детей к участию в творческих конкурсах и олимпиадах	– Работа по рабочим учебным программам, которые дают положительные результаты. – Эпизодическая работа по подготовке детей к участию в творческих конкурсах и олимпиадах. – Частичное обобщение опыта инновационной работы	– Недостаточно скрупулезная работа по рабочим учебным программам, которые дают положительные результаты. – Отсутствие опыта по обобщению инновационной работы
Общекультурная компетентность	– Высокий уровень способности работать в коллективе. – Заинтересованность результатами коллективной работы	– Хорошая трудовая дисциплина. – Средний уровень активной жизненной позиции	– Пассивная жизненная позиция. – Трудности межличностного общения в коллективе
Профессиональная инициатива	– Многообразие способов реализации профессиональных потребностей, творческой самореализации в целом. – Знание новых подходов к достижению, контролю и оценке образовательных результатов, особенно на экзаменах	– Наличие основных способов реализации профессиональных потребностей педагога. – Участвует в решении ключевых педагогических задач (например, в поддержке самоопределения школьников в профильном и предпрофильном обучении)	– Не осознается педагогом как показатель его личностно-профессионального развития. – Слабое участие в профессиональном общении, в конструировании новых профессиональных сообществ с целью познания

Таким образом, в ходе решения поставленных задач:

– рассмотрено понятие «педагогический профессионализм», как система деятельности педагога;

– определены критерии, по которым мы можем отнести педагога к «профессионалу»;

– сформулированы результаты педагогической деятельности, за которые педагог должен нести ответственность;

– выделены три уровня общего профессионализма учителя с соответствующими показателями профессиональных компетентностей: высокий, средний и низкий.

Все сказанное определяет научную новизну, теоретико-практическую значимость исследования. В качестве перспектив исследования отметим необходимость уточнения содержания направления деятельности мониторингово-диагностических исследований, в котором будет представлен банк методик, направленных на измерение уровней профессионализма учителя. Кроме этого, подчеркнем важность апробации данных исследований в образовательных учреждениях.

Список литературы

1. Дружилов С.А. Профессиональная компетентность и профессионализм педагога: психологический подход // Сибирь. Философия. Образование. Научно-публицистический альманах: СОРАО, ИПК. – Новокузнецк, 2005. – № 8. – С. 26–44.

2. Маркова А.К. Психология профессионализма. – М.: Мир, 2000. – 364 с.

3. Скибицкий Э.Г. Профессионализм педагогов – непременное условие повышения качества дистанционного обучения. – URL: http://safbd.ru/e-library/professionalizm-pedagogov-nepremennoe-uslovie-povysheniya-kachestva-distancionnogo (дата обращения 19.03.2012).

4. Скуднова Т.Д. Трансформации педагогического образования: методология, теория, практика. – Изд-во LapLamber, 2012. – 310 с.

5. Цвелюх И.П. Поддержка профессиональных инициатив педагога в процессе повышения квалификации: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 2006. – 25 с.

6. Яценко Т.С. Социально-психологическое обучение в подготовке будущих учителей. – М.: РГУ, 2003. – 350 с.

References

1. Druzhilov S.A. Professional'najakompetentnost' iprofessionalizmpedagoga: psihologicheskijpodhod // Sibir'. Filosofija. Obrazovanie. Nauchno-publicisticheskij al'manah: SORAO, IPK.g. Novokuzneck. 2005 no. 8. pp. 26–44.

2. Markova A.K. Psihologijaprofessionalizma. M.: Mir, 2000. 364 p.

3. Skibickij Je.G. Professionalizm pedagogov – nepremennoe uslovie povyshenija kachestva distancionnogo obuchenija (**http://safbd.ru/e-library/professionalizm- pedagogov-**nepremennoe-uslovie-povysheniya-kachestva-distancionnogo) (dataobrawenija 19.03.2012).

4. Sovremennyjj ekonomicheskij slovar' (avt. koll.: Rajzberg B.A., LozovskijL.Sh., Starodubceva E.B.). M.: 1997. pp. 262.

5. Cveljuh I.P. Podderzhka professional'nyh iniciativ pedagoga v processepovyshenija kvalifikacii. Avtoref. dis.kand. ped. nauk. M., 2006. 25 p.

6. Jacenko T.S. Social'no-psihologicheskoe obuchenie v podgotovke buduwih uchitelej. M.: RGU, 2003. 350 p.

Рецензенты:

Федоров А.В., д.п.н., профессор, проректор по науке ФГБОУ ВПО «ТГПИ имени А.П. Чехова», г. Таганрог;

Скуднова Т.Д., д.филос.н., профессор кафедры социальной педагогики и психологии ФГБОУ ВПО «ТГПИ имени А.П. Чехова», г. Таганрог.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 378:353.9

РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КУРСОВ ФИЗИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Клещёва Н.А., Шилова Е.С.

ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: klenel@mail.ru

Обсуждается необходимость внедрения в систему технического образования интегративных курсов, ориентированных на обеспечение содержательной преемственности всех циклов инженерной подготовки. Обозначена возрастающая значимость естественнонаучного образования в связи с переходом на двухуровневую систему высшего образования, проанализированы его недостатки в существующей практике преподавания в технической школе. Отмечена ведущая роль физического знания в системе научного знания и системообразующая роль курса физики в структуре инженерной подготовки. Обоснована необходимость разработки интегративного учебного курса, в котором с единых методологических позиций синтезируются основные идеи гуманитарного, естественнонаучного и технического знаний. Предлагается методологическая платформа для отбора и структурирования учебного содержания курса. Показано, что структура естественнонаучной (физической) картины мира может быть представлена в виде двух взаимосвязанных блоков: научной парадигмы и научного знания. Раскрыто многоуровневое содержание каждого блока, соответствующее логике развития научного знания. На основании данного методологического подхода предложены содержание и структура учебного курса «Физические основы современных технологий», рекомендуемого для включения в цикл естественнонаучных дисциплин в системе инженерного образования. Отмечена значимость данного курса для последующего изучения базовых дисциплин технического профиля.

Ключевые слова: целостность инженерной подготовки, естественнонаучное образование, интегративные курсы, методологические принципы структурирования учебного содержания, научная парадигма и научное знание физической картины мира

THE DEVELOPMENT OF SUPPLEMENTARY COURSES OF PHYSICAL CONTENT IN THE SYSTEM OF ENGINEERING EDUCATION

Klescheva N.A., Shilova E.S.

Far-Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: klenel@mail.ru

The expediency of integrative courses implementation to the system of technical education for ensuring the content unity of engineering disciplines is discussed. Increasing importance of natural science education in association with the conversion to the multi-level higher education system is indicated, its disadvantages in teaching practice are analyzed. Special attention is paid to the leading role of physical education in the system of scientific knowledge and to the significance of the physical course in the structure of engineering training. The necessity of developing the integrative methodological course synthesizing the main ideas of humanitarian natural science and technical knowledge is proven. The proposed methodological platform for the representation and structuring the course content is analyzed. It is shown that the structure of the physical theory can be presented in the form of two interrelated blocks: scientific paradigms and scientific knowledge. Multi-level content of each block corresponding with the logic of scientific knowledge is revealed. On the basis of this methodological approach proposed the content and the structure of the course «Physical principles of modern technologies» which is recommended for the submission to the natural sciences course in the system of technical education. The significance of the proposed course for further study of the basic technical disciplines is noted.

Keywords: the content unity of engineering training, the natural science education, the integrative courses, methodological principles of the structuring the content, the scientific paradigms and the scientific knowledge of physical theory

Нормативные образовательные документы регламентируют обеспечение целостности гуманитарного, естественнонаучного и технического знаний при формировании образовательных программ. Однако в практике работы вузов при составлении учебных планов не всегда выполняется данное требование. Цикл гуманитарных и социально-экономических дисциплин практически «распылен» по всей образовательной программе. Содержание дисциплин данного цикла весьма слабо коррелирует с фундаментальными идеями естествознания и основными достижениями технического знания. В свою очередь, содержание рабочих программ дисциплин естественнонаучного цикла, как правило, носит ярко выраженный предметный характер и ориентировано в основном на изложение основ науки, формирующей данную дисциплину. Изложение вопросов мировоззренческого характера носит декларативный характер, в результате чего студенты, приобретая некоторую совокупность знаний по физике, химии, экологии и т.д., не имеют четкого представления о целостности естествознания как феномена общечеловеческой культуры и о фундаментальном единстве гуманитарных и естественных наук.

Совершенно очевидно, что в системе высшей технической школы естественнонаучное образование в силу своего содержательного, познавательного и мировоззренческого потенциала имеет особый социально значимый статус. Изучение математики, физики, химии, информатики, об-

щей биологии с основами экологии должно не только закладывать фундамент для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин, но также формировать научное мировоззрение человека и обеспечивать целостность восприятия студентами научной картины мира.

В этом смысле в технических вузах сложилась довольно парадоксальная ситуация. В образовательные программы студентов гуманитарного и социально экономического профиля всей существующей номенклатуры специальностей высшего профессионального образования включен курс «Концепции современного естествознания». Для студентов технических специальностей государственным стандартом подобный курс не предусмотрен, он рекомендуется в качестве эклективного, но при формировании учебных планов специальностей представителями выпускающих кафедр эти рекомендации, как правило, не учитываются, и в настоящее время данный курс отсутствует практически на всех специальностях технического профиля. На наш взгляд, в структуре инженерного образования необходим учебный курс, интегрирующий научное знание отдельных дисциплин вокруг стержневых идей современной естественнонаучной картины мира, как глобальной модели Природы. Основная образовательная доминанта данного курса должна быть ориентирована на раскрытие единых, характерных для всего естествознания, методологических подходов к рассмотрению любых процессов и явлений.

Очевидно, что «выкраивать» учебные часы на данный курс необходимо за счет внутренних резервов кафедр, обеспечивающих подготовку по данным дисциплинам и, в первую очередь, кафедры физики. В этом есть определенная целесообразность. Физике, как науке, принадлежит доминирующее и определяющее значение в системе естествознания. Являясь, по своей сути, целостной наукой о природе, физика объединяет все естественнонаучные теории на основе единых методологических принципов существования и развития всего материального мира. Кроме того, физика, как учебный предмет, изучается в течение трех семестров, на нее отводится наибольшее число часов среди всех естественнонаучных дисциплин. При определенном совершенствовании традиционной рабочей программы можно организовать учебный курс, посвященный мировоззренческим и методологическим аспектам современного естествознания.

В Дальневосточном федеральном университете кафедрой физики проводится такая работа, и для ряда технических специальностей разработан курс «Физические основы современных технологий». Данный курс читается в четвертом учебном семестре, к этому времени студенты технических специальностей «предметно» готовы к осознанию структурного и содержательного единства естествознания: прочитаны курсы математики, физики, химии, экологии.

При разработке содержания рабочей программы курса основная трудность заключалась в выборе исходных методологических установок отбора и структурирования учебного материала, подлежащего усвоению. Основная образовательная цель курса была ориентирована на формирование в процессе преподавания не просто совокупности знаний, а системы знаний, со структурой, адекватной структуре физических теорий. Для этого необходимо было определить концептуальные основания органичного включения в содержание курса методологических и логических знаний, позволяющих в процессе обучения «внутренне» соединить физическое (естественнонаучное) знание с методами его познания.

Интеграция научного знания описываемого курса была осуществлена с использованием категориального аппарата концепции взаимосвязи общенаучной, естественнонаучной и физической картин мира [1, 2]. Понятие «картина мира» выступило межпредметной категорией-инвариантом, вокруг которого было структурировано учебное знание естественнонаучных дисциплин. Для осознания студентами общих для всего естествознания принципов организации научного знания необходимо было предложить концептуальные основы универсальной процедуры методологического анализа всего естественнонаучного знания. С учетом ведущей роли физического знания такая работа была проведена для некоторых физических теорий, определяющих содержание и структуру физических картин мира. Вся совокупность фундаментальных идей, категорий, понятий, принципов и законов соответствующей теории была подвергнута процедуре методологического анализа и структурирована в иерархическую многоуровневую систему понятий, соответствующую логике развития научного знания. Научной базой этого исследования была выбрана концепция научных революций Т. Куна [3], рассматривающая развитие науки как «двухфазный» процесс: фаза поиска «научного обоснования» сменяется фазой «нормальной науки», которая, исчерпав свои возможности, снова сменяется фазой поиска научного обоснования. На этой основе концептуальная структура фи-

зической теории была представлена в виде двух взаимосвязанных блоков: *научной парадигмы физической теории и научного знания физической теории.* Каждый из выделенных блоков, в свою очередь, является сложным структурным образованием, «движение» которых друг к другу и формирует физическую теорию. Опишем наполнение каждого блока и взаимодействия между их элементами.

1. *Научная парадигма.* Решение задачи системного анализа и структурирования понятийного аппарата научной теории в первую очередь связано с поиском системообразующего фактора, позволяющего обобщать научное знание теории в рамках современной научной картины мира. Существенным оказывается введение системы фундаментальных понятий, которые служат основанием теории, раскрывают сущность явлений окружающего мира и открывают возможность для развитой понятийной систематизации и структурирования. В качестве такой системы понятий выступают универсальные философские категории, инвариантные при переходе от одной дисциплины к другой. В рамках концепции научной картины мира в основе системы философских инвариантов лежат понятия о материи, способах и формах её существования.

Понятие *материи* является исходной «клеточкой» построения любой научной теории. Студенты должны осознавать, что окружающий нас мир в целом есть многообразие видов материи с присущими им различными формами движения – способами существования материи. При построении конкретной картины природы представления о материи и движении должны быть дополнены соответствующими представлениями о пространстве, времени, формах существования материи. Кроме того, множество материальных объектов, образующих материю, связывается в единое целое посредством внешних и внутренних связей, характеризующихся философскими категориями причинности и закономерности (определяющими, в свою очередь, категорию «взаимодействие»).

Таким образом, диалектический ряд: *материя движение пространство-время взаимодействие* является фундаментом любой научной парадигмы и «руководит» последующей структурной организацией, как парадигмы, так и всей научной картины мира.

Совместно с ним фундамент научной парадигмы образуют *общенаучные представления* (основополагающие понятия, идеи, принципы) соответствующей физической теории, которые выполняют функцию переходного звена от философского уровня методологического анализа теории к уровню ее научного знания. Содержание этого структурного элемента полностью определяется общефилософскими представлениями, конкретизирует их в качестве ориентирующих идей, верно отражающих отдельные стороны реальных свойств неисчерпаемой в своём движении и развитии материи.

2. *Физическое знание.* Научная парадигма формирует второй блок научной теории – непосредственно физическое знание. Структура физического знания была представлена в виде трех понятийных уровней, которые соответственно обозначены: *эмпирический базис, теоретический базис* и непосредственно *ядро* физического знания и всей физической картины мира.

Эмпирический базис образуют понятия и законы, систематизирующие данные опыта и выраженные в соответствующей научной форме. Ценность эмпирических знаний связана с их «надежностью», «незыблемостью» (абсолютной объективностью в пределах погрешностей измерений) – именно это качество эмпирических знаний обеспечивает им в динамике познания две структурообразующие функции – служить источником теоретического знания и выступать в качестве критерия его истинности.

Теоретический базис физического знания образуют фундаментальные понятия и законы, построенные в результате процесса математической конкретизации общефилософских представлений и основополагающих идей (т.е. на основе научной парадигмы) с целью придания им математической формы количественной теории. Студенты должны четко осознавать методологический статус теоретических знаний, связанный с их относительной универсальностью, т.е. способностью «единообразно» объяснять результаты потенциально бесконечного числа экспериментальных исследований иногда достаточно разнородного круга физических явлений и процессов.

Целостность физического знания обеспечивается «движением» эмпирического и теоретического базисов навстречу друг другу, обусловленным диалектическим характером индуктивно-дедуктивного метода физического познания. Средства и методы математики, логические операции анализа, синтеза, обобщения, абстрагирования и т.д., вовлеченные в процесс физического познания, приводят к построению фундаментальных физических законов, составляющих ядро физической теории.

Как уже отмечалось, первоначально содержание научной парадигмы определяет содержание физического знания, формиру-

ющего научную теорию. Но этот процесс не односторонний. По мере накопления физического знания появляются новые эмпирические данные, требуются теоретические построения, не вписывающиеся в рамки существующей парадигмы. Таким образом, рост знаний, возникновение физических парадоксов, приводит к появлению гипотез и формулировке теоретических постулатов, которые, в свою очередь, способствуют формированию новой физической картины мира.

По-нашему мнению, парадигматика Т. Куна позволяет достаточно логично представить горизонтальные и вертикальные субординации научного знания как физической, так и всей естественнонаучной картины мира. Для практики преподавания особый интерес представляет сама схема формирования выделенных понятийных структур физической картины мира. Такая схема подробно проиллюстрирована в работе [4] на примере классической механики, входящей в качестве структурной единицы в метасистему физической науки и сформировавшей механистическую картину мира.

На таких методологических позициях формировалось содержание курса «Физические основы современных технологий». Структурно курс состоит из трех фундаментальных разделов. В первом разделе непосредственно осуществляется интеграция учебного знания естественных наук с единых мировоззренческих позиций. Прослеживается генезис и развитие естественнонаучной картины мира. На примере учебного знания классической физики показывается, как вся совокупность фундаментальных понятий, идей, принципов, законов и теорий может быть представлена во взаимосвязи в виде физической картины мира, как изменение научных представлений о фундаментальных философских категориях приводит, в конечном счете, к смене механистической картины мира электродинамической. В качестве курсовой работы студентам предлагается самостоятельно провести структуризацию учебного материала по химии (биологии) и представить его содержание в виде многоуровневого понятийного аппарата химической (биологической) картины мира. Такой подход к построению данного раздела курса решает две важные задачи: *мировоззренческую* – прослеживается единый научный базис естествознания, общие закономерности преемственности научного знания, определяемые доминирующим значением физического знания, и *обучающую* – осуществляется повторение понятийного аппарата дисциплин, только на более высоком уровне обобщения и систематизации знаний.

Во втором разделе рассматриваются фундаментальные теории современной физики (квантовая механика, атомная и ядерная физика), составляющие основу квантовополевой картины мира. Только, в отличие от традиционного преподавания этих разделов в курсе общей физики, изложение ведется с позиций формирования научной парадигмы и научного знания данной картины мира, которые рассматривались в предыдущем разделе.

Третий раздел курса посвящен трансдисциплинарным направлениям современного естествознания и в нем отражены современные концепции происхождения Вселенной, элементы эволюционно-синергетической парадигмы развития живой и неживой природы. Содержание данного раздела носит вариативный характер, определяемый профилем специальности, на которой читается данный курс.

Включение курса «Физические основы современных технологий» в образовательную практику специальностей технического профиля позволяет, в определенной мере, решить проблему содержательной целостности всего инженерного образования. Предлагаемая стратегия формирования содержания данного курса, ориентированная на акцентирование ведущей фундаментальной роли физического знания и методов его познания в системе научного знания, латентно подчеркивает системообразующую роль курса физики в структуре инженерной подготовки. Большая часть дисциплин технического цикла опирается в своей основе на фундаментальные физические теории. Научное знание физики, обладающее наивысшим уровнем естественнонаучной систематизации и построенное в соответствии с единой методологией науки, может и должно регулировать процесс организации и развития всего спектра инженерных дисциплин. Включение категориального аппарата концепции взаимосвязи общенаучной, естественнонаучной и физической картин мира в практику преподавания позволяет связывать между собой содержание учебных дисциплин различных циклов обучения на основе единой методологии, отражающей общие принципы построения и развития научного знания.

С этих позиций представляется обоснованным всю совокупность инженерных дисциплин объединить в ряд направлений, в основании каждого из которых лежит соответствующая физическая теория и соответственно формируемый ею раздел общей физики как учебного предмета. Так, классическая механика является основой дисциплин механического цикла, классическая

электродинамика формирует теоретический фундамент электротехнических дисциплин, теория колебаний и волн составляет фундаментальное ядро радиотехнического направления и т.д.

Проведенный предметный анализ образовательных стандартов и учебных планов различных направлений технического университета позволил выделить такие комплексы дисциплин [5]. Так, например, «образовательная цепочка» механического цикла состоит из следующих дисциплин: физика – теоретическая механика – сопротивление материалов – теория машин и механизмов – детали машин

Представление научной теории соответствующего раздела физики в виде многоуровневой иерархической понятийной структуры позволило построить внутри каждой дисциплины систему взаимосвязанных модулей, отражающую логико-дидактическую структуру дисциплины и последовательность изучения учебной информации. Структура каждого модуля представляется графической схемой, подчеркивающей причинно-следственные связи и функциональные зависимости между понятийными элементами изучаемой темы. При разработке модульных программ особое внимание уделялось преемственности научного и учебного знания дисциплин, образующих соответствующие «образовательные цепочки»: последний модуль изучаемой дисциплины одновременно становился «входным» в следующую дисциплину.

Предлагаемая интегративная стратегия изучения фундаментальных дисциплин потребовала определенной корректировки традиционных учебных планов. Так, например, практически на всех специальностях инженерных направлений философия изучается в шестом или седьмом учебном семестре. Совершенно очевидно, что такое искусственное отделение фундаментальных философских основ научного знания от его непосредственного включения в аппарат всего естествознания не только не позволяет представить в учебном процессе преемственность циклов дисциплин, но и негативно влияет на весь процесс формирования научного мировоззрения. По нашему мнению, философия совместно с соответствующим разделом физики должна формировать «дидактическую вертикаль» образовательного процесса любой специальности технического профиля.

Таким образом, представляется целесообразным рекомендовать организацию дополнительных интегрированных курсов мировоззренческого физического содержания в образовательную практику специальностей технического профиля. Подобные курсы, содержательно синтезируя гуманитарное, естественнонаучное и техническое знания, способствуют более прочному осознанию студентами целостности научной картины мира и универсальности способов ее познания.

Список литературы

1. Ахиезер А.И., Рекало М.П. Современная физическая картина мира. – М.: Знание, 1980. – 80 с.

2. Ефименко В.Ф.Методологические основы преподавания физики: учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1987. – 78 с.

3. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1972. – 208 с.

4. Клещева Н.А. Методологические аспекты обеспечения целостности обучения в техническом вузе. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 178 с.

5. Клещева Н.А., Штагер Е.В. Методология проектирования интегративной модели подготовки специалиста в техническом вузе: методическое пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 88 с.

References

1. Akhiezer A.I., Rekalo M.P. Sovremennaja fizicheskaja kartina mira. Moskva: Znanie, 1980. 80 p.

2. Efimenko V.F.Metodologicheskie osnovy prepodavanija fiziki: uchebnoe posobie. Vladivostok: Izd-vo DVGU, 1987. 78 p.

3. Kun T. Struktura nauchnykh revoljucijj. M.: Progress, 1972. – 208 p.

4. Kleshheva N.A. Metodologicheskie aspekty obespechenija celostnosti obuchenija v tekhnicheskom vuze. Vladivostok: Dalnauka, 2010. 178 p.

5. Kleshheva N.A., Shtager E.V. Metodologija proektirovanija integrativnojj modeli podgotovki specialista v tekhnicheskom vuze: metodicheskoe posobie. Vladivostok: Izd-vo DVGTU, 2007. 88 p.

Рецензенты:

Потапова М.В., д.п.н., зав. кафедрой общей и теоретической физики ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический университет» Министерства образования и науки РФ, г. Челябинск;

Грибова В.В., д.т.н., заведующая лабораторией интеллектуальных систем Института автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВО РАН), г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 635.41

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ШПИНАТА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Авдеенко С.С.

ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский, e-mail: awdeenko2009@ yandex.ru

В условиях Ростовской области впервые изучены особенности формирования продуктивности 7 сортов шпината, рассмотрены вопросы замачивания семян, как приема подготовки семян к посеву, а также особенности получения урожая зелени шпината при различных сроках посева. Изученные сорта шпината можно разделить на две группы: до 30 дней (Исполинский, Вирофле) и 31–35 дней (Виктория, Жирнолистный, Матадор, Стоик, Годри). Установлено, наибольшая урожайность шпината в группе спелости до 30 дней наблюдалась у сорта Вирофле – 10,1 т/га, наиболее продуктивный сорт со сроком созревания 34 дня – Стоик (12,6 т/га). Замачивание семян сорта Исполинский оказало влияние как на посевные качества семян, так и на продолжительность периода от посева до появления всходов и от всходов до уборки. Дополнительное замачивание семян в растворе Байкал ЭМ1 в концентрации 1:2000 позволяет увеличить урожай зеленых листьев шпината на 1,6 т/га и сократить срок поступления продукции на 3–4 дня. Для обеспечения наиболее раннего поступления продукции следует проводить посев в 1–2 декаде сентября.

Ключевые слова: шпинат, длина листа, урожайность, срок посева, подготовка семян

EXPERIENCE OF CULTIVATION OF SPINACH IN THE ROSTOV REGION

Avdeenko S.S.

Don State Agrarian University, Persianovsky, e-mail: awdeenko2009@ yandex.ru

In the conditions of the Rostov region features of formation of productivity of 7 breeds of spinach for the first time are studied, questions of wetting of seeds, as method of preparation of seeds to crop, and also feature of reception of a crop of potherb of spinach are considered at various times of crop. The studied breeds of spinach can be divided on two bunches: till 30 days (Giant, Virofle) and 31–35 days (Victoria, Zhirnolistnyj, the Matador, Stoik, Godri). It is established, the greatest productivity of spinach in bunch of maturity till 30 days was observed at a breed of Virofle – 10,1 t/hectares, the most productive breed with time of maturing 34 days – Stoik (12,6 t/hectares). Wetting of seeds of a breed Giant has influenced both sowing qualities of seeds, and on duration of the season from crop to seeding emergence and from shoots before harvesting. Additional wetting of seeds in solution Baikal in concentration 1:2000 allows to increase a crop of green leaves of spinach by 1,6 t/hectares and to reduce time of receipt of production to 3–4 days. For maintenance of the earliest receipt of production it is necessary to spend early sowings in 1–2 decade of September.

Keywords: spinach, length of sheet, productivity, crop time, preparation of seeds

Шпинат – Spinacia oleracea (шпинат огородный) – двудомное однолетнее травянистое растение семейства маревые (амарантовые). Выращивают шпинат в открытом грунте всех зон страны, так как он скороспел, холодостоек и достаточно высокоурожаен для зеленной культуры. Семена шпината прорастают при температуре 4°С, всходы и взрослые растения выдерживают заморозки до 6°С. Оптимальная температура для роста и развития шпината 15°С. Потребительская спелость наступает через 30–45 дней после появления всходов. Продукцию получают в течение всего лета при посеве в 2–3 срока [7]. Это требовательная к плодородию почвы и влаге культура. В условиях длинного дня в сухую и жаркую погоду рост листовых розеток задерживается, листья грубеют, растения преждевременно стрелкуются [6].

Поэтому посевы шпината в летний период не всегда дают хороший урожай. В летнее время посевы шпината можно проводить только на участках, предварительно увлажненных поливом [5].

Материал и методы исследований

Изучение морфобиологических особенностей и хозяйственно-ценных признаков сортов шпината, сроков посева и приемов замачивания семян в условиях Ростовской области проводили на опытно-коллекционном участке кафедры плодоовощеводства и виноградарства Донского ГАУ в 2004–2005 гг. в соответствии с общепринятыми методиками. Данные по урожаю обработаны методом дисперсионного анализа. Схема посева: 45×8 см, норма высева 25 кг/га, глубина заделки семян 2 см. В опытах с подготовкой семян и сроками посева использовали сорт Исполинский.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тёплый промерзающий. Реакция почвенной среды нейтральная или слабощелочная. Климат Ростовской области характеризуется умеренно жарким летом и умеренно холодной зимой. В теплый период выпадает 200–250 мм осадков. Сумма активных температур – 3000–3200°С, продолжительность безморозного периода 165–170 дней. Погодно-климатические условия в годы наблюдений были благоприятными для роста и развития растений шпината.

Результаты исследований и их обсуждение

Шпинат – одна из наиболее скороспелых культур, при этом по срокам созревания основной продукции в условиях Ростовской области изученные сорта шпината можно разделить на две группы: до 30 дней (Исполинский, Вирофле) и 31–35 дней (Виктория, Жирнолистный, Матадор, Стоик,

Годри). Сортов с периодом вегетации более 35 дней в нашем опыте не было.

У шпината уборка начинается при формировании 5–6 хорошо развитых листьев, в нашем опыте общее количество листьев на растении было от 10,2 шт. (Виктория) до 15,0–15,2 шт. (Жирнолистный, Вирофле и Матадор). При этом за 30–35 дней вегетационного периода изученные сорта формируют надземную массу высотой 12,2–16,8 см (табл. 1). Нами установлено, что растения, имеющие более широкий и длинный лист, соответственно формируют и более высокий урожай, а растения, образующие длинный черешок, – полу- и приподнятую розетку листьев.

Таблица 1

Продуктивность сортов шпината (среднее 2004–2005 гг.)

Сорт	Период до технической спелости, дней	Высота, см	Количество листьев, шт.	Масса растения, г	Урожайность, т/га
Исполинский – стандарт	30	16,4	11,0	33,4	9,0
Вирофле	30	12,9	15,1	37,4	10,1
Жирнолистный	32	16,6	15,0	38,5	10,4
Матадор	33	16,8	15,2	42,6	11,5
Годри	33	16,0	14,6	43,0	11,6
Стоик	34	16,5	14,8	46,7	12,6
Виктория –	35	12,2	10,2	32,6	8,8
$НСР_{095}$					0,31–0,52

Наибольшая урожайность в среднем за годы исследований в группе спелости до 30 дней наблюдалась у сорта Вирофле – 10,1 т/га, что превышает сорт Исполинский, относящийся к этой же группе спелости на 1,1 т/га. Во второй группе спелости максимальную урожайность показал сорт – Стоик, величина урожайности которого превышала стандарт на 3,6 т/га.

Предпосевная подготовка семян овощных культур является важным фактором повышения урожайности и качества продукции, снижения себестоимости и увеличения рентабельности производства овощной продукции. Основной целью проведения различных приемов предпосевной подготовки семян является быстрое выведение семени из состояния покоя и на этой основе получение ранних и дружных всходов, а также более ранней продукции. Особую роль такие приемы играют при выращивании культур с большим (более 15–20 дней) периодом от посева до появления всходов [1, 2].

Системы применения современных регуляторов роста и развития растений очень разнообразны. Они являются существенным фактором повышения продуктивности, стимулирования собственного иммунитета растений, позволяют индуктировать у растений комплексную неспецифическую устойчивость по многим болезням грибного, бактериального и вирусного происхождения, а также к другим неблагоприятным факторам среды (засуха, низко- и высокотемпературные стрессы). Таким образом, применение регуляторов роста решает очень важную проблему – позволяет увеличить полевую всхожесть и приблизить ее к лабораторной [9].

Замачивание семян обеспечивает быстрый старт проростков, что особенно эффективно при весенних холодных условиях посева.

В наших исследованиях замачивание семян сорта Исполинский в различных растворах (1% $KMnO_4$, Эпин-экстра, Байкал ЭМ1 в разведении 1:2000 и 1:2500) оказало влияние как на посевные качества семян, так и на продолжительность периода от посева до появления всходов и от всходов до уборки, что положительно сказалось на величине урожая (табл. 2).

Энергия прорастания характеризует жизнеспособность семян, от которой зависит быстрота их прорастания. Семена с высокой энергией прорастания дают более ранние и дружные всходы. Использование изучаемых препаратов способствует увеличению энергии прорастания на 6–10% по сравнению с контрольным вариантом, повышению лабораторной всхожести на 2–4%. Высеянные в полевых условиях обработанные препаратами семена имели полевую всхожесть в пределах 87–92%, что на 3–8% больше, чем на контроле.

При анализе периода роста растений шпината нами установлено, что обработка семян эпином-экстра и Байкалом ЭМ1 способствует сокращению периода появления всходов на 2–3 дня и от всходов до уборки на 3–4 дня, тем самым позволяя получить продукцию шпината раньше.

Таблица 2

Показатели жизнеспособности, вегетационный период и урожай шпината в зависимости от приемов замачивания семян (среднее 2004–2005 гг.)

Вариант	Показатель					
	энергия прорастания, %	всхожесть, %		период, дней		урожайность, т/га
		лабораторная	полевая	от посева до массовых всходов	от всходов до уборки	
Вода (контроль)	72	94	84	7	30	9,0
1 % $KMnO_4$	78	94	87	6	29	9,6
Эпин-экстра	80	98	88	5	27	9,8
Байкал ЭМ1 – 1:2000	82	98	92	4	26	10,6
Байкал ЭМ1 – 1:2500	81	96	89	4	26	10,3
$НСР_{095}$						0,29-0,42

В среднем за годы исследований по изучению влияния стимуляторов роста наибольшая урожайность получена при замачивании семян в растворах Байкал ЭМ1 – 1:2000 – 10,6 т/га и Байкал ЭМ – 1:2500 – 10,3 т/га, что на 1,3–1,6 т/га выше контроля (при $НСР_{0,95}$ = 0,29 – 0,42 т/га). Несколько меньше прибавка урожая от действия эпин-экстра (0,8 т/га) и 1 % $KMnO_4$ (0,6 т/га).

Шпинат – растение холодостойкое. Его высевают в разные сроки: ранневесенние, летние и под зиму [3, 6].

При ранневесеннем сроке посева продукция поступает в мае. Для получения продукции в более ранние сроки проводят осенний посев шпината во второй половине сентября. Семена прорастают с осени и растения перезимовывают в стадии розетки в поле, а в апреле-мае убирают урожай [4, 8].

Нами установлено, что ранне-весенние и поздне-весенние сроки посева шпината не способствуют формированию большой вегетативной массы растений (табл. 3).

Таблица 3

Влияние сроков посева на рост и развитие шпината (среднее 2004–2005 гг.)

Срок посева	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Масса растений, г	Урожайность, т/га
Ранне-весенний – 10 апреля – контроль	16,4	11,0	33,4	9,0
Весенний – 20 апреля	19,0	11,0	39,6	10,7
Весенний – 5 мая	18,8	10,0	38,2	10,3
Весенний – 15 мая	18,7	6,0	28,9	7,8
Осенний – 1 декада сентября	22,3	14,0	68,0	13,6
Осенний – 2 декада сентября	20,8	12,0	57,0	11,4
Осенний – 3 декада сентября	20,5	11	53,5	10,7
$НСР_{095}$				0,34–0,48

Изучение сроков сева шпината в богарных условиях Ростовской области показало, что наибольшее количество продукции получено при весеннем сроке сева 20 апреля и 5 мая, а также при осеннем севе – в 1–2-ю декаду сентября. Растения шпината на вариантах отличались наибольшей высотой количеством листьев и соответственно массой 1 растения. Так, если средняя масса 1 растения при весенних сроках сева 35 г, с варьированием от 28,9 до 39,6 г, то при осенних сроках посева она выше на 24,5 г с варьированием в зависимости от конкретного срока с 53,5 до 68 г/растение.

При анализе величины урожайности нами установлено, что наибольший выход продукции получен при посеве шпината 5 мая и 20 апреля а также в 2-ю и 1-ю декаду сентября и составил соответственно 10,3–10,7 и 11,4–13,6 т/га (при $НСР_{095}$ = 0,34–0,48 т/га).

Посев шпината в ранневесенний и поздний сроки не приводит к получению высокого урожая. Так, растения, высеянные в середине мая, быстро проходят стадии развития и сформировав 5–6 листьев, стрелковались и теряли потребительские свойства, вследствие чего урожай получался невысокий. При посеве шпината в 3 декаде сентября растения не успевают сформировать мощную корневую систему, позволяющую перезимовывать растениям.

Следовательно, осенние посевы достаточно хорошо используют осенние, зимние и ранневесенние осадки, формируя высокий урожай в наиболее ранние сроки. В условиях без орошения умелое сочетание 2–3 сроков посева весной и 1–2 сроков посева в сентябре позволит производителям иметь свежую продукцию открытого грунта с начала апреля и до наступления высоких температур.

Заключение

В условиях Ростовской области наиболее продуктивные сорта шпината из группы спелости до 30 дней – Вирофле и от 31 до 35 дней – сорт Стоик. Из данных сортов можно составить конвейер поступления зеленной продукции высокого качества.

С целью повышения показателей посевных качеств семян шпината, сокращения периода от посева до всходов, получения наиболее ранней продукции рекомендуется предпосевное замачивание семян салата в растворе Байкала ЭМ1 в концентрации 1:2000.

В богарных условиях Ростовской области для равномерного поступления продукции шпината из открытого грунта в весенний период необходимо вести как традиционные ранневесенние, так и осенние (1–2-я декада сентября) посевы.

Список литературы:

1. Авдеенко С.С. Особенности и перспективы использования стимуляторов роста на малораспространенных культурах // Развитие инновационного потенциала агропромышленного производства, науки и аграрного образования: материалы Международной научно-практической конференции. – пос. Персиановский: ДонГАУ, 2009. – С. 7–9.

2. Авдеенко С.С. Особенности применения регуляторов роста на зеленных культурах // Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – 2006. – Т. 2. Технология и земледелие. – С. 22–26.

3. Боголепов Г.Г. Продуктивность шпината при различных сроках посева в открытом грунте // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 17–19.

4. Боголепов Г.Г. Шпинат в озимой культуре // Интродукция нетрадиционных и редких с.-х. растений: материалы IV Международ. науч-практ. конф. – Ульяновск, 2002. – Т. 2. – С. 65–67.

5. Василенко Н.Г. Малораспространенные овощи и пряные растения. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 216 с.

6. Зеленные и пряные овощные культуры / Ю.И. Муханова и др.. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 200 с.

7. Овощи – родник здоровья / сост. Г.В. Боос, В.И. Буренин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Лениздат, 1985. – 221 с.

8. Патрон П.И. Интенсивное овощеводство Молдавии. – Кишинев: Картя Молдованяскэ, 1985. – 446 с.

9. Шаповал О.А. Регуляторы роста растений // Защита и карантин растений. – 2002. – №11. – С. 41–42.

References

1. Avdeenko S.S. Osobennosti i perspektivy ispol'zovanija stimuljatorov rosta na maloraspostranennyh kul'turah//Razvitie innovacionnogo potenciala agropromyshlennogo proizvodstva, nauki i agrarnogo obrazovanija [Feature and prospect of use of growth stimulants on rare cultures // Development of innovative potential of agroindustrial production, a science and agrarian formation.]. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – pos. Persianovskij, DonGAU, 2009, pp. 7–9.

2. Avdeenko S.S. Osobennosti primenenija reguljatorov rosta na zelennyh kul'turah [Feature of application of growth regulators on sheet cultures] / Vseros. nauch.-issled. in-t ovowevodstva, 2006, T. 2, Tehnologija i zemledelie, pp. 22–26.

3. Bogolepov G.G. Produktivnost' shpinata pri razlichnyh srokah poseva v otkrytom grunte [Productivity of spinach at various times of crop in an open ground] //Ovowevodstvo i teplichnoe hozjajstvo. 2006, no. 5. pp. 17–19.

4. Bogolepov G.G. Shpinat v ozimoj kul'ture [Shpinat in winter-annual culture]/ Materialy IV Mezhdunarod. nauch-prakt. konf. «Introdukcija netradicionnyh i redkih s.-h. rastenij. Ul'janovsk, 2002, T. 2. pp. 65–67.

5. Vasilenko N.G. Maloraspostranennye ovowi i prjanye rastenija [Rare vegetables and spicy plants]. Moskva, Sel'hozizdat 1962. 216 p.

6. Muhanova Ju.I. i dr. Zelennye i prjanye ovownye kul'tury [Sheet and spicy vegetable cultures]. M.: Rossel'hozizdat, 1981. 200 p.

7. Ovowi – rodnik zdorov'ja [Vegetables – a health spring]/ Sost. G.V. Boos, V.I. Burenin. 2-e izd., pererab. i dop. L.: Lenizdat, 1985. 221 p.

8. Patron P.I. Intensivnoe ovowevodstvo Moldavii [Intensive vegetable growing of Moldova]. – Kishinev, Kartja Moldovanjaskje, 1985. 446 p.

9. Shapoval O.A. Reguljatory rosta rastenij [Growth regulators of plants]//Zawita i karantin rastenij. 2002, no. 11, pp. 41–42.

Рецензенты:

Борисов В.А., д.с.-х.н., профессор, зав. отделом земледелия и агрохимии, зам. директора по науке ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства» РАСХН, Московская область, Раменский район, д. Верея;

Зеленская Г.М., д.с.-х.н., профессор, профессор кафедры растениеводства ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 316.621

ФАКТОРЫ АКТИВНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ РОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖИ

Авакян А.А.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет», Санкт-Петербург, e-mail:avakyan19@rambler.ru

В статье представлены результаты авторского эмпирического исследования, проведенного в 2012 г., в ходе которого выявлены факторы, влияющие на активный тип экономического поведения российской молодежи. Исследование проводилось путем анкетирования. В анкетировании участвовали 400 человек (178 мужчин и 222 женщин). Опрос проводился среди респондентов-жителей Санкт-Петербурга от 16 до 70 лет. Анкета включала в себя несколько блоков, подробно характеризующих различные аспекты экономического поведения современной российской молодежи: 1) вопросы, посвященные представлениям молодежи о жизненном успехе и способах его достижения; 2) вопросы, характеризующие профессиональные ориентации и сформированность профессиональных намерений молодёжи; 3) вопросы, отражающие экономическое поведение российской молодежи в сфере накопления, потребления, а также в сфере формирования доходов. Установлено, что на выбор активного типа экономического поведения молодежи влияют внешние факторы (социального контекста и взаимодействий) и внутренние (личностные) факторы. Первую группу (личностных) факторов преимущественно составляют частные факторы: система ценностей, уровень адаптивности субъекта в современных условия, установки. К группе внешних факторов относятся: профессиональные ориентации и предпочтения и экономические мотивы.

Ключевые слова: молодежь, активное экономическое поведение, личностные факторы, профессиональные намерения, адаптивность, экономические мотивы

FACTORS OF ACTIVE ECONOMIC BEHAVIOR OF MODERN RUSSIAN YOUTH

Avakyan A.A.

St. Petersburg state university of engineering and economics, Saint-Petersburg, e-mail:avakyan19@rambler.ru

The paper presents the results of original empirical research conducted in 2012, during which identified factors that influence the active type of economic behavior of the Russian youth. The study was conducted by questionnaire. In the survey involved 400 people (178 men and 222 women). The survey was conducted among respondents, residents of St. Petersburg from 16 to 70 years. The questionnaire included a few blocks, describing in detail the various aspects of economic behavior of modern Russian youth: 1) questions on young people's ideas about success in life and how to achieve it, and 2) the issues that characterize the professional orientation and formation of professional intentions of young people, and 3) questions that reflect the economic behavior of the Russian youth in savings, consumption, as well as in income generation. Found that the choice of an active type of economic behavior of young people affected by external factors (social context and interactions) and internal (personal factors) factors. The first group (personal) factors largely account for a single factor: the system of values, the level of adaptability of the subject in modern conditions of installation. The group of external factors include: professional orientation and preferences, and economic motives.

Keywords: youth, active economic behavior, personal factors, professional intentions, adaptability, economic motives

Факторы формирования активного экономического поведения молодежи представляют собой значительный интерес как с социологической, так и с управленческой точки зрения по ряду причин. Во-первых, актуален поиск новых мотивов стимулирования активного экономического поведения молодежи. Во-вторых, более важно, но менее очевидно прогнозирование экономического поведения молодежи. Таким образом, именно экономическое поведение молодежи оказывает наибольшее влияние на развитие страны, на тенденции и перспективы ее развития, в связи с чем необходимо постоянно изучать его и анализировать.

В нашей работе особое значение мы отводим молодежи, находящейся на начальном этапе включения в трудовую деятельность в условиях рыночной экономики, т.е. учащуюся молодежь в системе среднего общего и профессионального образования и экономически активную молодежь, получившую профессиональное образование (безработные и работающие), возрастные границы которой варьируются в пределах от 16 до 30 лет. Кроме возрастного признака (количественная характеристика), к основным характеристикам молодежи как социально-демографической группы относятся и качественные характеристики: особенности социального положения молодых людей, их место и функции в социальной структуре общества, а также характерные особенности их интересов, особенности их самосознания и структуры ценностей.

На основе вышесказанного и нашем видении считаем, что «активное экономическое поведение» можно определить как вид социального поведения, отражающий участие личности в экономической жизни общества посредством различных форм экономической деятельности, при которой

усилия действующего обусловлены его инициативностью, сознательностью, ответственностью, собственными интересами, способствуют удовлетворению его потребностей, а сама деятельность направлена на прогрессивные изменения окружающей среды, предусматривает положительный экономический эффект для личности и общества и способствует экономическому росту и росту благосостояния.

Автор согласен с Федотовой Н.Н. [5] в том, что основными факторами, определяющими поведение молодого человека на рынке труда, являются: ориентация на традиционную или современную ценностно-нормативную систему, уровень адаптированности к новым правилам экономического поведения. В то же время на формирование поведенческих стратегий влияют и другие факторы, например, возраст, так как между возрастом и социальными возможностями существует тесная связь. Региональные особенности рынка труда существенно влияют на социально-профессиональную мобильность молодого человека, определяют его возможности включения в новые формы занятости, а значит, и распространенность того или иного типа стратегий.

Все факторы, влияющие на выбор стратегии поведения молодых людей на рынке труда, исследователем А.Н. Савиновой [3] были разделены на две группы: субъективные и объективные. К *субъективным факторам* отнесены – уровень субъективного контроля (локуса-контроля), мотивация к образованию и труду, самооценка человеком своих профессиональных качеств, опыта и возможностей, оценка материального положения. К *объективным факторам* – демографические (возраст, образование, пол, семейное положение), принадлежность к семьям из различных социально-профессиональных групп, возможность помощи со стороны родителей, несоответствие полученной в вузе специальности и специализации потребностям рынка труда), тип вуза, профиль обучения в вузе.

В контексте нашего исследования несомненный интерес представляет типология экономического поведения по степени активности. Отправной точкой анализа возможных типов поведенческих стратегий молодежи в сфере труда в нашем случае будут служить предложенные П. Сорокиным [4] и Н. Кондратьевым [1] типологии в стремлении оценить степень активности людей. Именно различная степень напряженности социального поля взаимодействия людей по поводу разбалансированности/соответствия между человеческими потребностями и возможностями их удовлетворения, т. е. наличными ресурсами, определяет степень активности/пассивности человеческого поведения.

Наше эмпирическое исследование по экономическому поведению российской молодежи направлено на выявление отдельных компонентов (установки, ценности, профессиональные ориентиры, конкретно-экономическую направленность деятельности человека в экономической сфере и мн. др.) экономического поведения, характеризующих активный тип экономического поведения.

Анализ полученной информации по результатам эмпирического исследования позволил выявить ряд наиболее важных, на наш взгляд, факторов, формирующих установку российской молодёжи на активное экономическое поведение, которые можно условно разбить на 2 группы:

1) личностные факторы;

2) факторы социального контекста и взаимодействий.

Первую группу (личностных) факторов преимущественно составляют частные факторы: система ценностей, уровень адаптивности субъекта в современных условиях, установки.

I. Личностные факторы – это те особенности, качества и способности, которыми обладает сам индивид: индивидуальность, характер, волевые качества, способности, навыки, стремления.

В ходе исследования в системе ценностей молодежи выявлены основные позиции относительно их понимания о выражении жизненного успеха, формирующего имидж экономически успешного человека. По мнению опрошенных, основными критериями выражения жизненного успеха, формирующего имидж экономически успешного человека являются:

1) полезные связи (66 %);

2) деньги (62 %);

3) умение достигать цели, не обращая внимания на общепринятые нормы (50 %) и «жизнь в крупном городе» (50 %).

Именно эти характеристики, по мнению респондентов, составляют имидж (портрет) экономически успешного человека.

В ходе исследования в системе ценностей молодежи установлены основные приоритетные способы достижения жизненного успеха, формирующие имидж экономически успешного человека в понимании молодежи:

1) полезные связи (73 %);

2) образование (68 %);

3) пробивные способности (54 %).

Также по результатам исследования было установлено, *чего не хватает сегодня молодому человеку:*

1) материального достатка (25 %);

2) культуры, воспитанности (23 %)*;*

3) нравственных принципов (22 %).

Уровень адаптивности субъекта в современных условиях. Адаптивность в большинстве научных концепций рассматривается современными исследователями и теоретиками как свойство личности, определяющее успешность её существования в меняющейся окружающей реальности [2].

На сегодняшний день одним из факторов успешной адаптации человека является наличие у него таких качеств, как высокая профессиональная компетентность, самостоятельность, творческая инициатива, предприимчивость и адаптивность. Уровень адаптивности субъекта в современных условиях, активность экономического поведения молодежи во многом детерминирована связанными между собой факторами оценки социально-экономической сферы и перспектив самореализации в условиях рынка.

Группа оценки молодежью социально-экономической сферы преимущественно составляют индикаторы:

1) материальное положение. В ходе исследования было установлено, что материальное положение большинства молодежи: «среднее положение (живут более-менее прилично)» (67 %);

2) степень удовлетворенности жизни для большинства молодежи, которую она ведет «средняя», т.е. «скорее не устраивает» (38 %);

3) оценка состояния экономического кризиса в стране.

На вопрос: ««Считаете ли вы, что страна постоянно находится в состоянии экономического кризиса?», 42 % респондентов ответили «Определенно да».

Для оценки перспектив самореализации в условиях рынка выделены соответствующие им индикаторы:

1) готовность современной российской молодежи к занятиям предпринимательством: «Те, кто сильно хотят стать предпринимателем и прилагают большие усилия, в скором времени добиваются своего» (28 %), «готова и хочет, но существует очень много барьеров и трудностей для честного открытия своего дела» (29 %);

2) гарантированный стабильный доход вместо высокого разового нестабильного.

На вопрос: «Как Вы думаете, если бы знакомым вам представителям современной российской молодежи предложили бы гарантированный стабильный доход, предпочли ли бы они его вместо высокого разового нестабильного?», 32 % респондентов ответили «Определенно да» и 31 % «Скорее да, чем нет».

В ходе исследования выявлены основные установки российской молодежи относительно:

1) *работы по специальности.* После окончания обучения в большинстве работает по другой профессии (48 %); «работа по специальности» – не важный критерий, главное найти работу (51 %);

2) *уровень заработной платы* в первый год после окончания учебного заведения. После окончания вуза в первый год большинство молодежи планируют устроиться на работу, где размер заработной платы составляет 21000–25000 рублей (33 %);

3) уровень экономической, самостоятельности при повышении доходов: работать на нескольких работах, подрабатывать (74 %); будет искать любую подходящую работу (59 %);

4) «сколотить» состояние (разбогатеть).

Установки относительно увеличения и улучшения материального благосостояния осуществляются молодежью на основе трех групп критериев:

1) стартовый капитал родителей, их связи, поддержка (59 %);

2) высокая должность, власть, связи (57%);

3) везение и счастливый случай (52 %).

II. Факторы социального контекста и взаимодействий – это группа внешних факторов. Соответствие жизненных ориентаций личности и средств их обеспечения достигается как за счет собственных ресурсов, так и при помощи привлеченных ресурсов, предоставляемых другими людьми в процессе социального взаимодействия. К этой группе факторов относятся: профессиональные ориентации и предпочтения и экономические мотивы.

1. Профессиональные ориентации и предпочтения

Профессиональные намерения – осознанное отношение к определенному виду профессиональной деятельности, включающее знания о предназначении профессии, стремление избрать эту профессию в качестве основного вида трудовой деятельности.

С целью изучения сформированности профессиональных намерений, предпочтений, в том числе карьерных устремлений выделены соответствующие им индикаторы:

1. Структура мотивационных предпочтений при выборе будущего места работы. В число наиболее важных предпочтений, которыми руководствуется большинство молодежи при выборе работы, вошли:

а) возможность получать хороший заработок (89 %);

б) возможность профессионального роста (78 %);

в) удобный график работы (63 %).

2. Источники информации о потенциальном месте работы. Поиск работы осуществляется молодежью на основе использования трех лидирующих источников:

а) интернет (78 %);

б) друзья, знакомые, родственники (73 %);

в) учебное заведение (57 %).

3. Профессионально важные качества.

Профессионально важные качества личности специалиста, доминирующие в модели выпускников вузов по мнению респондентов:

а) высокий профессионализм, компетентность (86 %);

б) работоспособность, здоровье (64 %);

в) ответственность, надежность (63 %).

4. Степень осведомленности о содержании профессии. В ходе исследования выявлено, что большинство выпускников профессиональных учреждений «о своей профессии знает достаточно» (55 %).

2. Экономические мотивы

К основным экономическим мотивам молодежи следует отнести:

1) мотивы, относящиеся к *деньгам*. В целом респонденты высоко оценивают мотивы молодежи, относящиеся к *деньгам* – «желание заработать большее количество денег» (46 %);

2) мотивы, относящиеся к накоплению *богатства:* «хочет стать богатым, даже с риском уголовного наказания (46 %) и «хочет стать богатым, но только законным путем» (46 %). На вопрос: ««Как Вы думаете, на что направлены усилия молодежи в отношении материального положения?», 68 % респондентов ответили – «чтобы жить богаче»;

3) мотивы сбережений у современной молодежи направлены на приобретение квартиры, машины и других особо ценных материальных благ (66 %); на отдых и развлечения (55 %);

4) мотивы инвестирования. Исследование показало, что большинство молодых людей биржевыми сводками не интересуется» (82 %). На вопрос: «Как Вы думаете, является ли современная российская молодежь сторонниками инвестиционного поведения (сберегательного)?», 60 % респондентов ответили – «скорее нет, чем да».

Именно эти характеристики, по мнению респондентов, характеризуют экономические мотивы современной молодежи и формируют установку российской молодёжи на активное экономическое поведение.

Выводы

1) получены подтверждения гипотезы о влиянии степени двух видов факторов: внешних (факторы социального контекста и взаимодействий) и внутренних (личностные факторы) на формирование активного экономического поведения современной российской молодёжи;

2) результаты исследований дают основания предположить, что основным направлением повышения экономической активности молодежи должна стать ориентация молодежи на создание собственного благосостояния посредством реализации своих трудовых мотиваций. В неотъемлемой связи должны решаться проблемы труда, занятости и экономического поведения молодежи.

Список литературы

1. Кондратьев Н.Д. Основные проблемы экономической статики и динамики. – М., 1991.

2. Макарычев А.А., Егорова Л.С. Уровни профессиональной адаптивности личности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://sisp.nkras.ru/issues/2011/4/makarychev.pdf (дата обращения: 19.08.2012).

3. Савинова А.Н. Стратегии поведения выпускников вузов на рынке труда: дис. ... канд. социол. наук. – Самара, 2006. – 196 с.

4. Сорокин Питирим. Человек. Цивилизация. Общество. – М., 1992.

5. Федотова Н. Жизненные стратегии молодежи [Электронный ресурс] // Сайт Поволжского межрегионального учебного центра. – URL: http://www.pmuc.ru. (дата обращения: 19.08.2012).

References

1. Kondratev N.A. The main problem of economic statics and dynamics. M., 1991.

2. Makarychev A.A., Egorova L.S. Levels of professional adaptability of the individual. [Electronic resource]. Available at: http://sisp.nkras.ru/issues/2011/4/makarychev.pdf (accessed 19 August 2012).

3. Savinova Anna Nikolaevna. The strategy of behavior of graduates in the labour market: dis... kand. sociol. Sciences. Samara, 2006. 196.

4. Pitirim Sorokin. People. Civilization. Company. M., 1992.

5. Fedotova N. Life strategies of young people [Electronic resource] // the Website of the Volga interregional training center. – URL: http://www.pmuc.ru. (accessed 19 August 2012).

Рецензенты:

Бразевич С.С., д.с.н., профессор, зав. кафедрой социологии и управления персоналом Санкт-Петербургского университета управления и экономики, г. Санкт-Петербург;

Безлепкин Н.И., д.ф.н., профессор, зав. кафедрой философии Санкт-Петербургского университета управления и экономики, г. Санкт-Петербург.

Работа поступила в редакцию 26.09.2012.

УДК 308

ОБ ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Гринкруг Л.С., Мердеева Б.С., Фишман Б.Е.

ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», Биробиджан, e-mail: kubos_84@mail.ru

На эмпирическом и теоретическом уровнях дано определение объекта социальной реальности. Отмечено, что при исследовании указанных объектов дополнительным источником существенной информации о них являются реальные люди, включенные в изучаемые процессы, участвующие в изучаемых отношениях. Приведен перечень частных проблемно-ориентированных задач исследования объектов социальной реальности, в которых участники изучаемых процессов могут стать субъектами исследования. Охарактеризована роль новых субъектов на различных этапах проведения исследования. Представлена возможность организации перехода таких участников из объектной в субъектную позицию, благодаря попаданию в специальным образом организованные проблемные ситуации. Сформулированы основные условия, необходимые для обеспечения субъектности участников: 1) создание условий, стимулирующих становление субъектности участников и естественным образом мотивирующих их активность; 2) использование процедур, обеспечивающих получение независимых мнений, оценок, установок участников исследования объекта.

Ключевые слова: объект социальной реальности, задачи исследования объектов социальной реальности, информационная база исследования, субъектность участников, моделирование объекта исследования, проблемные ситуации для участников

ABOUT INFORMATION SUPPORT OF RESEARCH OF SOCIAL REALITY'S OBJECTS

Grinkrug L.S., Merdeeva B.S., Fishman B.E.

Sholom-Aleichem Priamursky State University, Birobidzhan, e-mail: kubos_84@mail.ru

The definition of social reality's object is given on the empirical and theoretical levels. It is noted that in the study of these objects an additional source of essential information about them can be considered real people involved in the studied processes and relationships. The list of particular problem-oriented research tasks of social reality's objects is presented. Participants of studied processes can become research subjects while solving these tasks. The role of new actors of investigation at various stages of carrying out research is characterized. The possibility of organizing the transition of such participants from the object's to the subject's position thanks to getting into specially organized problem situations is presented. The basic conditions necessary to provide the subjectivity of participants are formulated: 1) creating conditions that stimulate the formation of the participants' subjectivity thanks to motivation their activity; 2) the usage of procedures that provide the receiving of independent opinions, estimates and attitudes of participants of object's investigation.

Keywords: the object of social reality, research problems of social reality's objects, information base of research, subjectivity of the participants, modeling of research's object, the problematic situations for participants

Известно, что социальная реальность включает в себя социальные группы и общности, социальные связи и отношения, социальные действия, социальные институты, социальные нормы и ценности [7]. При этом сложность и многообразие проявлений социальной реальности, свидетельствующие о ее системной природе, приводят к многочисленным определениям данного понятия.

Понятие «социальная реальность» можно описать с позиции двух подходов: эмпирического подхода, основанного на практическом опыте изучения, интерпретации реальных фактов действительности, и теоретико-концептуального подхода, позволяющего осмыслить и теоретически описать не только наблюдаемые явления окружающей действительности, но и взаимосвязи между ними, охарактеризовать возможное развитие рассматриваемых процессов.

На основе анализа определений социальной реальности, имеющихся в литературе, в дальнейшем под «социальной реальностью» понимается:

- *на эмпирическом уровне* – существующие в действительности социальные явления и процессы, а также совокупность общих условий общественной жизни и форм взаимодействия людей, социальных групп и общностей, общества как целого;
- *на теоретическом уровне* – открытая система, которая представляет процессы, идущие в социуме, связи между социальными позициями, отображение действительности, сотворенной человеком на основе преобразования природы и включения ее предметов и свойств в социальное содержательное функционирование [6].

Для конкретного исследования того или иного процесса социальной реальности выделяется некоторая ее область. Как правило, рамки этой области определяются актуальной проблемой и включают в себя конкретную часть социальной реальности. Объект исследования (если речь идет именно об исследовании, а не о его имитации) всегда содержит неопределенность: неизученные процессы, непознанные связи и т.п.

Каждый исследователь рассматривает выделенный им объект социальной реальности на основе собственного восприятия и имеющегося опыта. Таким образом, изучение объекта социальной реальности включает в себя сформированное представление модели рассматриваемого объекта, имеющее для исследователя субъективную значимость. В силу различия ценностных миров, мотиваций, установок, накопленного опыта и предпочтений субъективные представления различных исследователей не могут быть тождественны. Порой между такими представлениями имеются весьма существенные отличия [1].

Рассматривая возможные уровни представления, можно считать, что «объект социальной реальности»:

• *на эмпирическом уровне* – это выделенная субъектом (исследователем, наблюдателем и т.д.) часть существующего мира социальных явлений и процессов, условий общественной жизни и форм взаимодействия людей, которая представляет интерес для ее познания и/или преобразования;

• *на теоретическом уровне* – это относительно целостная часть представления социальной реальности, отображающая обобщение знаний о конкретных социальных процессах, выделенных социальных отношениях и позициях, факторах, существенно воздействующих на рассматриваемые явления и процессы.

Отметим, что объект социальной реальности (в дальнейшем – ОСР) имеет границы и взаимодействует с остальной социальной реальностью (социальной реальностью других субъектов). Он всегда имеет определенное назначение, причем объект социальной реальности всегда отделен от субъекта и несводим к субъекту.

Любой ОСР, будучи относительно целостным, представляет собой самостоятельный фрагмент действительности. В то же время, по своей природе, он системен и имеет сложную структуру. Чаще всего его изучение и моделирование в полной мере возможно лишь на основе синтеза исследований, проводимых методами различных наук.

Поскольку объект конкретного исследования определяется реальным несоответствием между тем, что имеется в социальной реальности, и тем, что должно быть, то представляют интерес условия возникновения таких несоответствий. Как отмечено Лапыгиным Ю.Н., несоответствия чаще всего возникают в следующих случаях:

– выявления новых фактов и явлений, которые не укладываются в рамки существующих представлений об объекте;

– расхождения между имеющимися знаниями об объекте и изменившимися условиями их применения;

– неадекватности результатов, получаемых при функционировании объекта, поставленным целям этого функционирования;

– невозможности эффективного использования ранее разработанных методов управления процессами, протекающими в объекте;

– обнаружения противоречия между конкретными представлениями о данном объекте и общей моделью (теоретическим описанием) объектов данного типа [3].

Вместе с тем, сложно согласиться с высказанным в указанной работе утверждением о том, что любой вид рассматриваемого несоответствия, по сути, представляет условия, порождающие проблему. По нашему мнению, каждое несоответствие – это определенная проекция имеющейся проблемы в пространство сознания конкретных людей (групп людей) и соответствующих отношений. Именно потребность разрешить определенную проблему предопределяет необходимость выделения соответствующего ОСР. Таким объектом в идеале должна стать та часть социальной реальности, которая обеспечивает максимально полную проекцию проблемы, т.е. наиболее разнообразную совокупность рассматриваемых несоответствий.

В зависимости от назначения можно выделить следующие возможные варианты исследования ОСР:

– описание и характеристика ОСР для формирования (уточнения) представления об объекте, в том числе, при необходимости учета выявленных новых фактов;

– анализ и моделирование ОСР, связанные с тем, что имеющаяся модель не соответствует изменившимся условиям функционирования объекта;

– разработка методов и средств для исследования и оценки ОСР с целью компенсации недостаточности реально используемых инструментов диагностики;

– обоснование и выбор направления совершенствования (оптимизации) функционирования ОСР при рассогласовании между результатами функционирования объекта и заявленными целями (требованиями);

– изучение возможности повысить эффективность управления процессами, протекающими в ОСР.

Выполнение любого исследования невозможно без формирования соответствующей концептуальной модели рассматриваемого ОСР. Такая модель включает в себя три взаимосвязанные характеристики объекта:

– проблемно-ориентированное определение объекта;

– описание взаимодействия объекта с внешней средой;

– структурно-функциональное представление объекта.

Известно, что разработка концептуальной модели представляет собой создание исходной модели объекта, которую исследователь использует в дальнейшей научной работе для достижения поставленных целей. В такой модели описываются сведения о природе и параметрах (характеристиках) процессов, имеющих место в исследуемом объекте, о виде и степени взаимодействия между ними, о месте и значении каждого процесса в общем процессе функционирования объекта [4].

Традиционно концептуальная модель объекта строится на основе информации, полученной в ходе анализа нормативных, научных, методических и иных источников. Такой анализ позволяет обобщить имеющуюся информацию и выработать стартовое понимание для дальнейшего исследования. При этом исследователь (группа исследователей) играет роль субъекта проводимой деятельности.

Если выполняется изучение естественнонаучных объектов, то указанная субъектность означает, что носителями смыслов решаемой проблемы является только исследователь (группа исследователей). Все другие люди – это разнообразные потребители получаемых результатов.

Принципиально иное положение характеризует исследование ОСР. В силу природы таких объектов происходит расширение состава носителей знаний о них. Ведь помимо исследователя (группы исследователей), непосредственно изучающего ОСР, всегда имеются реальные люди, включенные в изучаемые процессы, участвующие в изучаемых отношениях. Знания таких участников, их оценки, суждения, опыт и интуиция представляют собой источник существенной информации, который традиционно используют в объектном режиме, проводя опросы, организуя интервью, изучая мнения и т.п.

Переход к субъектности указанных участников по отношению к процессам исследования соответствующих ОСР способен обеспечить новое качество получаемых результатов. В условиях независимости опыта, знаний, оценок, суждений людей, включенных в изучаемые процессы, такой переход может создать полезную избыточность информационной базы исследования. Тем самым станет возможным использовать разнообразные методы фильтрации посторонней по отношению к изучаемым процессам («шумовой») информации, например, на основе использования метода скользящего среднего [2].

Что касается реальных участников изучаемых процессов, то, как правило, они не являются профессиональными исследователями. Занять субъектную позицию они могут только вследствие попадания в специальные, искусственно создаваемые проблемные ситуации. Такие ситуации переводят участников в состояние личной и/или групповой бифуркационной неустойчивости, так что поиски выходов из таких состояний становятся настоятельной потребностью. Отсюда вытекает, что профессиональный исследователь (группа исследователей) должен расширить методику исследования ОСР, чтобы она содержала образовательные социальные практики, создающие необходимые проблемные ситуации.

Рассмотрим задачу проблемно-ориентированного определения объекта. При ее решении целесообразно создавать для участников проблемные ситуации с целью:

– сбора общей информации о самом рассматриваемом объекте (при этом могут быть определены смысловые характеристики и свойства объекта);

– выявления и осознания проблем функционирования и/или развития объекта (могут быть выделены, описаны и проанализированы несоответствия в объекте; возможно также выполнение осмысления существующих проблем);

– формирования критериев отбора и конкретизации ресурсных ограничений с целью обеспечения анализа и выбора проблем проводимого исследования (при этом формулируются смысловые основания для оценки различных проблем исследования, определяют ограничения, влияющие на возможности их разрешения);

– субъективной оценки выявленных проблем функционирования и/или развития объекта с целью отбора конкретной проблемы исследования (может быть выполнена индивидуальная оценка различных проблем по сформированным критериям; при этом осуществляется выбор конкретной проблемы исследования).

В рамках выполнения описания взаимодействия объекта с внешней средой проблемные ситуации для участников необходимо создавать при:

– определении состава ближайшего окружения объекта (могут быть выявлены и описаны объекты окружающей среды, с которыми участники взаимодействуют в силу своей включенности в процессы, протекающие в объекте);

– установлении функций, выполняемых объектом (возможно выделение, осмысление и анализ основных функций объекта);

– выявлении внешних воздействий на объект со стороны его ближайшего окружения (при этом определяются те воздействия, которые участники, будучи включенными в процессы, протекающие в объекте, испытывают со стороны объектов ближайшего окружения);

– описании связей (потоков) между объектом и его ближайшим окружением (могут быть охарактеризованы материальные, энергетические, информационные взаимодействия, которые имеют место между ними и объектами ближайшего окружения);

– конкретизации состава ближайшего окружения объекта, непосредственно взаимодействующих с ним (уточняется описание объектов окружающей среды, с которыми участники взаимодействуют в силу своей включенности в процессы, протекающие в объекте);

– выделении составляющих объекта, непосредственно взаимодействующих с его ближайшим окружением (для каждого выделенного объекта ближайшего окружения могут быть определены и описаны иные (помимо себя) составляющие объекта, которые с участниками взаимодействуют);

– задании требований, предъявляемых к границе объекта (может быть выполнено совместное обобщение всей имеющейся информации о взаимодействии с ближайшим окружением объекта и осмысление условий, которым должна удовлетворять граница объекта).

Наконец, рассмотрим решение задач структурно-функционального представления объекта. Здесь целесообразно создавать для участников проблемные ситуации в ходе:

– формирования функциональной (процессной) макроструктуры объекта, в которой совокупность компонентов (макрокомпонентов) верхнего уровня полностью описывают функционирование объекта (при этом могут быть выделены и осмыслены процессы, протекающие в объекте, в который участники включены; возможно также определение составляющих выделенных процессов);

– субъективной оценки соответствия разработанной макроструктуры объекта рассматриваемой проблеме и цели исследования (могут использоваться процедуры индивидуальной оценки необходимости каждой выделенной функциональной (процессной) составляющей для решения поставленной проблемы и достижения цели исследования);

– определения совокупности доступных для наблюдения (измерения) проявлений, которые позволяют охарактеризовать макрокомпоненты объекта (могут быть сформулированы проявления (деятельностные и поведенческие индикаторы), которые дают возможность как с позиции системы и включенных в нее людей, так и с позиции внешнего исследователя, охарактеризовать и оценить составляющие выделенных процессов);

– участия в установлении соответствия каждого проявления рассматриваемым макрокомпонентам объекта (может быть индивидуально выполнена оценка степени соответствия (принадлежности) каждого проявления составляющим объекта);

– формирования критериев отбора оптимального состава совокупности проявлений, необходимых для адекватной оценки макрокомпонентов объекта (при этом формулируются смысловые основания, которые могут быть использованы в оценивании значимости каждого проявления для характеристики составляющих объекта);

– интерпретации смысла предложенных уровней развития макрокомпонентов объекта (может быть реализована субъективная верификация предложенных исследователем характеристик состояний или уровней развития составляющих процессов).

Таким образом, целенаправленно создавая проблемные ситуации, исследователь формирует специальные условия для участников, инициирующие становление у них субъектной позиции по отношению к ОСР, в который они включены, и позволяющие им применить свои знания и опыт для решения рассматриваемых проблем функционирования объекта.

Обычно проблемная ситуация возникает для участников, если им предъявляют для осмысления и/или разрешения ряд проблемных задач и заданий [5]. Такие задачи играют роль ведущего компонента системы внешних и внутренних противоречий – движущих сил, вводящих участников в бифуркационно неустойчивое психологическое состояние. Естественное стремление выйти из такого состояния (самостоятельно или в общности) стимулирует поиск путей и средств разрешения проблемной ситуации. При реализации соответствующих образовательных социальных практик предъявление проблемной ситуации может быть технологически реализовано и как условие необходимости обосновать и совершить реальный выбор (позиции, аргументации, группы участников и др.), и как дискуссия, и как круглый стол, и как «мозговой штурм», и как генерация идей и др.

Для того чтобы участники эффективно выполнили поиск выхода из ставшей для них актуальной проблемной ситуации, исследователь должен занять позицию модератора. В данной позиции он формирует совокупность вопросов, каждый из которых понуждает участников осмыслить и доопределить исходную или измененную ситуацию. В результате формируется последовательность микрозадач, пошагово обеспечивающих разрешение или преобразование исходной проблемной ситуации. Исследователь (группа исследователей) фиксирует найденное на каждом шаге решение и предъявляет его участникам для рефлексии и/или в качестве информации, необходимой для осмысления и доопределения последующих шагов. Заметим, что разрешение каждой проблемной ситуации всегда «содержит» конкретных участников с их мотивацией, уникальным опытом, знаниями, умениями. Как правило, другая группа участников может по-своему доопределить и иначе решить ту же проблемную ситуацию [5].

Множественность реальных участников изучаемых процессов означает наличие соответствующего количества потенциальных источников знаний об этих процессах. Тем самым обеспечивается возможность формирования избыточности информации об объекте. Каждый источник знаний об объекте субъективен, но совместное использование «на равных» различных источников позволяет объективизировать получаемые представления. Иными словами, осуществляя обращение к включенным в объект носителям знаний о нем, мы создаем условия для целенаправленного использования полезного свойства избыточной информации.

Ключевым фактором, необходимым для описанной выше субъектной активности участников, является их мотивация, осознаваемая потребность в изучении рассматриваемой проблемы, готовность участвовать в процессе ее разрешения. Таким образом, первое условие, обеспечивающее расширение состава субъектов исследования за счет участников изучаемых процессов, означает необходимость для исследователя применять такие социальные практики, которые стимулируют становление субъектности участников и естественным образом мотивируют их активность. Такое возможно только, если поиски выхода из проблемных ситуаций, в которые попадает каждый участник, важны и личностно значимы для него.

Вместе с тем, принципиально значимым является еще и второе условие: обеспечить независимость мнений, оценок, установок носителей информации. Поэтому при проектировании и организации процедур получения эмпирических данных от участников, включенных в изучаемые процессы, условие независимости собираемой информации является обязательным для реального обеспечения ее полезной избыточности.

Список литературы

1. Бергер П. Социальное конструирование реальности. Трактат по социологии знания / П. Бергер, Т. Лукман. – М.: Медиум, 1995. – 323 с.

2. Бокс Дж. Анализ временных рядов, прогноз и управление: пер. с англ. / Дж. Бокс, Г. Дженкинс / под ред. В.Ф. Писаренко. – Кн. 1. – М.: Мир, 1974. – 406 с.

3. Лапыгин Ю.Н. Системное решение проблем. – М.: Эксмо, 2008. – 212 с.

4. Финаев В.И., Павленко Е.Н., Заргарян Е.В. Аналитические и имитационные модели: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во Технологического института ЮФУ, 2007. – 310 с.

5. Фишман Б.Е. Гуманитарные технологии педагогической поддержки становления педагога // Педагогическое образование и наука. – 2009. – № 11. – С. 4–8.

6. Фишман Б.Е. Об источниках нечеткости структуры объектов социальной реальности / Б.Е. Фишман, Б.С. Мердеева // Развитие человеческого потенциала системы высшего образования: проблемы и пути решения: сборник докладов третьей международной научно-практической конференции. Биробиджан, ноябрь 2011 г. / под общ. ред. Б.Е. Фишмана. – Биробиджан: Изд-во ФГБОУ ВПО «ДВГСГА», 2011. – С. 87–90.

7. Фомин А.П. Педагогическое сознание в условиях виртуализации социальной реальности: автореф. дис. ... д-ра филос. наук, специальность: 09.00.11 – социальная философия. – СПб., 2009. – 38 с.

References

1. Berger, P. Socialnoe konstruirovanie real'nosti. Traktat po sociologii znanija / P. Berger, T. Lukman. M.: Medium, 1995. 323 p.

2. Boks Dzh. Analiz vremennyh rjadov, prognoz i upravlenie: Per. s angl. / Dzh. Boks, G. Dzhenkins // Pod red. V.F. Pisarenko. Kn. 1. M.: Mir, 1974. 406 p.

3. Lapygin, Ju.N. Sistemnoe reshenie problem / Ju.N. Lapygin. – M.: Jeksmo, 2008. 212 p.

4. Finaev V.I., Pavlenko E.N., Zargarjan E.V. Analiticheskie i imitacionnye modeli: Uchebnoe posobie / V.I. Finaev., E.N. Pavlenko, E.V. Zargarjan. – Taganrog: Izd-vo Tehnologicheskogo instituta JuFU, 2007. 310 p.

5. Fishman, B.E. Gumanitarnye tehnologii pedagogicheskoj podderzhki stanovlenija pedagoga // Pedagogicheskoe obrazovanie i nauka. 2009. no. 11. pp. 4–8.

6. Fishman, B.E. Ob istochnikah nechetkosti struktury obektov socialnoj realnosti / B.E. Fishman, B.S. Merdeeva // Razvitie chelovecheskogo potenciala sistemy vysshego obrazovanija: problemy i puti reshenija: sbornik dokladov tret'ej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Birobidzhan, nojabr 2011 g. / Pod obw. red. B. E. Fishmana. – Birobidzhan: Izd-vo FGBOU VPO «DVGSGA», 2011. – pp. 87–90.

7. Fomin, A.P. Pedagogicheskoe soznanie v uslovijah virtualizacii socialnoj realnosti // Avtoreferat diss. na soiskanie uchenoj stepeni doktora filosofskih nauk, special'nost': 09.00.11 – socialnaja filosofija. Sankt-Peterburg, 2009. 38 p.

Рецензенты:

Чье Е.У., д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматики и системотехники Тихоокеанского государственного университета Минобрнауки России, г. Хабаровск;

Байков Н.М., д. соц.н., профессор, зам. директора по научной работе Дальневосточного института управления – филиала РАНХиГС при Президенте РФ, г. Хабаровск.

Работа поступила в редакцию 27.09.2012.

УДК 316.74.001

СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЗОВАНИЯ КАК ФАКТОРА ФОРМИРОВАНИЯ «СРЕДНЕГО КЛАССА»

Замогильный С.И., Горемыко М.В.

Энгельсский технологический институт Саратовского государственного технического университета им. Ю.А.Гагарина, Энгельс, e-mail: sizamogilny@mail.ru

Статья посвящена одной из ключевых проблем. «Средний класс» в индустриальных странах выступает в качестве важнейшего элемента социального организма, который создает высокий уровень социальной ответственности. При формировании «среднего класса» очень важны культурная политика и радикальные меры в сфере образования. Это наблюдается в таких странах, как Южная Корея, Япония или Тайвань, принадлежащих к регионам с одним и тем же видом экономической структуры, так называемого «конфуцианского капитализма». Его симптомами являются свободная рыночная экономика, частная собственность и государственное регулирование экономики, а ключевыми вопросами в системе управления являются мораль и образование.

Ключевые слова: «средний класс», мораль, образование, социальная ответственность

SOCIOLOGICAL ASPECTS OF EDUCATION AS A FACTOR IN THE FORMATION OF «MIDDLE CLASS»

Zamogilnyy S.I., Goremyko M.V.

Saratov State Technical University named after Gagarin Y.A. Engels Technological Institute (branch of), Engels, e-mail: sizamogilny@mail.ru

The article by Zamogilnuy S.I. and Goremyko M.V. «Sociological aspects of the analysis of education as a factor in the formation of «middle class» refers to the fact that the formation of «middle class» in Russia proclaimed the key upgrades. It distinguished itself in all the industrialized countries as a key element of the social organism, creating a high level of social responsibility. In the formation of «middle class» cultural politics and radical measures are very important in the field of education. This is evidenced by such countries as South Korea, Japan or Taiwan, which belongs to the regions with the same kind of economical structure, the so-called «Confucian capitalism». Its symptoms are: a free market economy, private property, but economic development is under the control of the state. The key point in the control system are the morals and education.

Keywords: «middle class», morality, education, social responsibility

Формирование «среднего класса» провозглашено правящей элитой России в качестве одного из стратегических направлений развития и ключевым моментом модернизации. В данном случае политики не открывают ничего нового: «средний класс» уже проявил себя во всех развитых индустриальных странах как ключевое звено социального организма, придающее ему необходимую гибкость и стабильность, цементирующее его социальную структуру и создающее высокий уровень социальной ответственности.

Последний аргумент наиболее важен в контексте перемен и разломов времени, поглотившего «старые» социальные группы, приведшего к шоку невиданной маргинализации рабочего класса, колхозного крестьянства и интеллигенции, кризису власти и управления. Передел собственности приводит к вопросу о том, кто всем этим распоряжается – конкретные люди или некая безликая, анонимная и распыленная сила? Современный этап развития российского общества показывает кардинальные изменения в ее социальной структуре, углубление процессов дифференциации по групповому, классовому и национальному признаку. Между отдельными социальными группами, обществом, группами власти и группами богатства существуют жесточайшие формы отчуждения.

Общество потребления не может вернуть человеку чувство значимости и самоуважения, уводит его в иллюзорную реальность и поощряет благосостояние как таковое с призрачными шансами на выживание.

«Средний класс сегодня – это сложный конгломерат составляющих его социально-профессиональных групп, субъекты которых привыкли действовать индивидуально, не осознают пока общности своих интересов и зачастую не только не идентифицируют себя с группой, но и не чувствуют себя представителями среднего класса. Во многом это связано с преобладанием в медиапространстве «западного» образа среднего класса с его высоким уровнем жизни, который соответствует скорее высшему слою и который для многих недоступен. Наличие непротиворечивых, однозначных образов среднего класса (предпринимателя, менеджера и профессионала), с которыми

индивид мог бы себя идентифицировать, является важным элементом формирования средних слоев в социальной структуре России» [5, с. 122].

Органы власти, политические институты, отдельные политические лидеры в настоящее время не соответствуют требованиям времени. Их формирование осуществляется не в едином социокультурном и правовом пространстве, а в коридорах бюрократии. В то же время действия и стиль мышления правящей элиты требуют наполнения новой культурой: нравственно-гуманитарной, экологической, стратегического видения системы управления, гармонизированного функционирования и развития сложнейших социальных систем в постсоветском пространстве современной России.

Наряду со сменой политических режимов происходят эволюционные изменения технологического порядка, связанные с т.н. теорией «Третьей волны», окончательно концептуализированной социологом, журналистом и политологом Э. Тоффлером. П. Гуревич подчеркивает, что Э. Тоффлер «строил свои выводы в русле новейшей американской социологии, в этом смысле он мало чем отличался от Белла или Бжезинского Державная нить этой социологии – развитие техники и ее роль в преображении социальных процессов»[1]. «Третья волна», по Тоффлеру, – лавинообразное распространение информационного общества: « Она вызвана повсеместным распространением компьютеров, турбореактивной авиации, гибких технологий. В информационном обществе складываются новые виды семьи, стили работы, жизни, новые формы политики, экономики и сознания... Символы «Третьей волны»-целостность, индивидуальность и чистая, человеческая технология. Ведущую роль в таком обществе приобретают сфера услуг, наука и образование. Корпорации должны уступить место университетам, а бизнесмены – ученым…»[2].

Обсуждение методологических предпосылок социальной теории выдвигается на первый план в момент глубоких социальных изменений, а следовательно, и кризисов социальных систематизаций. Эффективная концепция развития должна опираться на теорию социальной дифференциации, в которой выявлены ее носители, способы их интеграции, тенденции развития и формы их сознания. Теория социально-классовой структуры выступает в качестве ядра социальной науки, и именно здесь находится «стык» философии и социологии, политэкономии, истории и политологии. Политизация общества предполагает осознанную ориентацию интересов больших групп населения на практические действия. Опыт развитых стран показывает, что в них шли цикличные процессы смены приоритетов по отношению к результатам социальной дифференциации и по профессиональному, и по социально-классовому признакам. Можно упомянуть как о «революции белых воротничков» в развитых индустриальных странах Запада, так и о создании «техноструктур» и т.н. «среднего класса» в Южной Корее и Тайване.

Во всяком случае, назрела необходимость в теоретических разработках, касающихся перспектив, форм и методов развития «среднего класса» в России. Для его исследования нужны надежные инструменты, прежде всего разработки в сфере методологических проблем анализа этого социального феномена. Можно ли говорить о том, какая парадигма является наиболее важной для понимания этого социального феномена: теория социально-классовой структуры или же теория социальной стратификации?

Считается, что наиболее точное определение среднего класса дал Макс Вебер. Согласно его представлениям об этом элементе социальной структуры, средний класс – это промежуточное звено между привилегированным и обездоленным классами – социальная группа мелких собственников и тех наемных работников, кто продавал на рынке труда свои навыки и умения, – крестьян, ремесленников, чиновников, лиц свободных профессий, рабочую аристократию. Таким образом, по логике Вебера к среднему классу относились как те, кто владел небольшой собственностью, так и те, кто не имел собственности, но имел высокую квалификацию [3, с. 154]. Критерии принадлежности к среднему классу весьма разнообразны даже по отношению к средствам производства: от доходов с капитала до зарплаты наемного рабочего. Средний класс неоднороден, он делится на низший, средний и высший слои.

Современные российские исследователи придерживаются двух различных концепций. Согласно первой из них средний класс в России отсутствует. Во второй отмечается аморфность его существования, незавершенность формирования, его неустойчивый характер как социальной страты. Ещё одна часть ученых отождествляет средний класс со средними слоями: что-то типа совокупности лиц с доходами от прожиточного минимума до небольшой груп-

[1] П. Гуревич. А волны истории плещут // Тоффлер Э. Третья волна: пер. с англ. / Э. Тоффлер. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2004. – 781, [2] с. 5.

[2] Там же. с. 5.

пы олигархов (человек 500). Чудовищные ножницы!

Базовые функции среднего класса – это функция стабилизации и функция содействия прогрессу. В научных кругах идут дискуссии по поводу этого понятия: «Претерпев многократные интерпретации, сегодня оно достаточно размыто, и вряд ли можно ожидать, что в будущем приобретет точную и однозначную трактовку. Нельзя отрицать ярко выраженную эмоциональную окрашенность представлений о «среднем классе». Содержательные признаки среднего класса (его ценности, установки, мотивы и стереотипы поведения) приобретают исключительно позитивный и прогрессивный характер, транслируемый посредством СМИ. Все это дает основания полагать, что «средний класс» – позитивно маркированная идеологема» [5, с. 112].

Почему идеологемма среднего класса оказалась востребованной в современной России? «Идеологизированный образ западного среднего класса стал одной из основ идеологии российских либеральных реформ» [5, с. 112]. Российскому обществу был предложен вариант вселенской борьбы за доход, престиж профессии и уровень образования – все, как на Западе. На основе этих общих признаков и поныне формируется мораль, общая идеология, образ жизни и поведение.

Какую роль играют «вторичные» факторы классообразования?

Ответ на этот вопрос позволяет проставить ряд социологических проблем. Среди них наибольшую важность представляет социологический анализ образования и культуры в формировании «среднего класса». Например, какую роль в формировании «среднего класса» может играть современная социокультурная ситуация в России? Мы должны четко уяснить факторы воспроизводства и усвоение культурных образцов, норм и ценностей в процессе образования, определить место социологии науки как части социологии культуры в формировании «среднего класса» и мотивацию его социальной ответственности.

В формировании «среднего класса» огромное значение играют культурная политика и проблемы управления культурой и образованием. Об этом говорит, по крайней мере, наглядный и показательный опыт таких стран, как Южная Корея, Япония или Тайвань. Южнокорейские генералы еще в 60-е годы поставили себе целью создание мощного «среднего класса» за счет реформирования университетов и системы образования и сформулировали задачи государства в осуществлении культурной и социокультурной политики в формировании социально-ответственных субъектов. Феномен Южной Кореи заключается в том, что, на глазах одного поколения беднейшая страна мира, находящаяся где-то на уровне Папуа-Новой Гвинеи, превратилась в мощнейшую индустриальную державу. Интересна форма ее классообразования, т.к. Корея – это страна победивших олигархов. Корейские странообразующие гигантские компании, экспортирующие свою продукцию во все страны мира, «чеболи», являются семейными предприятиями. Их президенты – сыновья назначенных 40 лет назад диктатором Пак Чжон Хи: «Правительство когда-то назначило главных промышленников, которые до сих пор передают компании сыновьям по наследству» [1, с. 16]. Роль чеболь распространилась далеко за пределы «страны утренней свежести», и уже сегодня эти финансово-промышленные конгломераты существенно влияют на мировое производство, технологию и торговлю. По своей структуре чеболь напоминают японские дзайбацу. Возникновение первых чеболь относится ещё к периоду японского колониального господства в Корее. Большинство из них имеет семейно-клановый характер, они построены, главным образом, по вертикали, объединяя компании, действующие в разных отраслях промышленности.

Тайвань проводил свою модернизацию на основе китайских культурных традиций и плановой экономики. Технологический прорыв осуществлялся не в безвоздушном пространстве, а в определенной социокультурной среде, которая формировала как специфический типа руководителя, так и уникального исполнителя. В основе «экономического чуда» Тайваня лежат китайские культурные традиции, в особенности такая важная доминанта, как конфуцианство. Один из крупнейших исследователей истории Тайваня Вэй Воу называет экономическую модель этой страны «конфуцианским капитализмом». Южную Корею, Гонконг, Сингапур и Японию относят к регионам, имеющим однотипную экономическую структуру. В отличие от них специфику развития Вьетнама и Китайской Народной Республики проф. Вэй Воу именует «конфуцианским социализмом». Отличительные особенности конфуцианского капитализма следующие – наряду со свободной рыночной экономикой, частной собственностью и непрерывным увеличением количества частных предприятий, экономическое развитие находится под полным контролем государства. Но в этих обеих формах ключевым моментом выступает как мораль, так и образование.

Т.М. Малева указывает на ряд обстоятельств, характеризующих средний класс как идеологическую категорию. В России средний класс обозначает скорее «высший средний» слой, а не срединное положение в социальной структуре. Его образ – идеализирован и характеризует ожидания социально и экономически активных групп общества, уровень и стиль жизни которых приближен к стандартам западного аналога. В результате получается, что «все эти элементы долженствования, идеализации в описании установок населения и заимствования образов из чужих социальных сред в описании жизненных стандартов определяют средний класс как весьма сложную мифологему, связанную с перенесением на российскую реальность внешних ценностно нагруженных образов своего потенциального будущего, определяемого через подсмотренное чужое настоящее» [4, с. 17].

Соответственно появление обновленного среднего класса является свидетельством их успеха, тем самым оправдывая их проведение в общественном сознании. Задача формирования российского среднего класса была объявлена приоритетной Комитетом по экономической реформе Правительства РФ в 1998 г., «однако финансовый кризис того же года внес свои коррективы в положение тех групп населения, которые могли бы быть отнесены к среднему классу» [5, с. 112–113].

В памяти народа сохраняется память о том, чем закончился его порыв конца 80-х-начала 90-х годов к переменам. Те люди, которые выходили на митинги в начале 90-х – были представителями среднего класса, сложившегося при социализме: интеллигенция, служащие, «второй эшелон» власти. Общественное настроение изменялось не в связи с материальными потерями, а в связи с обманом. Для русского духовно-нравственные ценности более важны, чем материальные. Общество в целом и интеллигенция в частности испытывает глубокий психологический дискомфорт. Агентство Transparensy International отвела нам 147 место из 170 – уровень Кот д Ивуар, Танзании и Зимбабве. Российский средний класс формируется сейчас как деревце в неблагоприятных условиях тундры – болезненным и деформированным, но, тем не менее, удивительно живучим. Вывести его из состояния угнетённости может не только и не столько политическая воля высшего государственного руководства, сколько существенное изменение системы социальных ценностей в масштабах государства, что немыслимо без нравственной, экономической и аксиологической санации общества, искоренения лжи, коррупции, непорядочности в сфере управления.

Список литературы

1. Бремя белого инженера. Как выпускники российских технических вузов творят корейское экономическое чудо // Русский репортер. – 2011. 22–29 декабря. – С. 14–28.

2. Варивончик И.В. Американский средний класс и политика правящих администраций (1993-2012) // США. Канада. Экономика-политика-культура. – 2012. – № 5. – С. 17–38.

3. Вебер М. Основные понятия стратификации // Социологические исследования. – 1994. – № 5. – С. 154.

4. Средние классы в России: экономические и социальные стратегии / под ред. Т.М. Малевой. – М., 2003. – С. 17.

5. Владыкина М.И. Средний класс России: социальные функции в условиях модернизации общества // Вестн. Моск. ун-та. Сер.18 Социология и политология. – 2012. – № 1. – С. 111–122.

6. Скакун Е.В., Кляус Н.С. Средний класс в республике Беларусь // Демографическая и социальная структура общества в период системной трансформации: сборник материалов республиканской науч.практ. конф., Брест, 12–13 мая 2011 г. Брест.гос. ун-т имени А.С.Пушкина. Брест: Бргу, 2011. – 129 с. С. 65–69.

7. Collins R. ‘Weber’s last theory of capitalism: a sistematization’// American Sociological Review. – 1980. – № 45. – P. 925–942.

References

1. Bremja belogo inzhenera. Kak vypuskniki rossijjskikh tekhnicheskikh vuzov tvorjat ko-rejjskoe ehkonomicheskoe chudo // Russkijj reporter. 2011. 22-29 dekabrja. pp. 14–28.

2. Varivonchik I.V. Amerikanskijj srednijj klass i politika pravjashhikh administra-cijj (1993-2012) // SShA. Kanada. Ehkonomika-politika-kul’tura. 2012. no. 5. pp. 17–38.

3. Veber,M. Osnovnye ponjatija stratifikacii / M.Veber // Sociologicheskie issle-dovanija. 1994. no. 5. pp. 154/

4. Srednie klassy v Rossii: ehkonomicheskie i socialnye strategii / Pod red.T.M.Malevojj. M., 2003. pp. 17.

5. Vladykina M.I. Srednijj klass Rossii: socialnye funkcii v uslovijakh modernizacii obshhestva // Vestn. Mosk. un-ta. Ser.18 Sociologija i politologija. 2012. no. 1. p. 111–122.

6. Skakun E.V., Kljaus N.S. Srednijj klass v respublike Belarus // Demograficheskaja i social’naja struktura obshhestva v period sistemnojj transformacii: sbornik ma-terialov respublikanskojj nauch.prakt. konf., Brest, 12–13 maja 2011 g. Brest.gos. un-t imeni A.S.Pushkina. Brest: Brgu, 2011. 129 p. pp. 65–69.

7. Collins R. ‘Weber’s last theory of capitalism: a sistematization’// American Sociological Review. 1980. no. 45. pp. 925–942.

Рецензенты:

Кочетов А.Н., д.и.н., профессор, профессор кафедры экономической социологии Саратовского социально-экономического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Саратов;

Тарасов И.Н., д.полит.н., профессор, зав. кафедрой философии и политологии Саратовского социально-экономического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 25.09.2012.

УДК 304.2

ИНТЕГРАЦИЯ ПОСТСОВЕТСКОГО ПРОСТРАНСТВА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

[1]Логашенко Ю.А., [2]Гайдукова Г.Н.

[1]Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, e-mail: Ilogashenko@kantiana.ru;

[2]ФГАОУВПО НИУ «Белгородский государственный университет», Белгород, e-mail: G_Gaidukova@bsu.edu.ru

В статье обсуждаются проблемы и перспективы, связанные с интеграционными процессами на территории постсоветского пространства, в том числе в приграничных районах. Анализируются результаты исследования отношения жителей приграничного региона (Калининградская область) к интеграции стран бывшего СССР. Обсуждается видение жителями региона проблем и перспектив интеграционных процессов. Основными индикаторами отношения жителей приграничного региона к проблемам и перспективам интеграции постсоветского пространства выделены потребность населения в интеграции постсоветского пространства, эмоциональное отношение к интеграционным процессам, степень интереса к возможным изменениям в ходе интеграционных преобразований, оценка трудностей и перспектив, обусловленных интеграционными процессами, оценка готовности выступать участником интеграционных преобразований. Сформулирован ряд научно-практических рекомендаций, которые могут быть полезны структурам, осуществляющим руководство регионом или совместными проектами в рамках интеграционных преобразований.

Ключевые слова: постсоветское пространство, отношение, интеграционные процессы, приграничный регион

INTEGRATION OF POST-SOVIET AREA: PROBLEMS AND PERSPECTIVES

[1]Logashenko Y.A., [2]Gaidukova G.N.

[1]Immanuel Kant Baltic federal university, Kaliningrad, e-mail: Ilogashenko@kantiana.ru;

[2]National Research University «Belgorod State University», Belgorod, e-mail: G_Gaidukova@bsu.edu.ru

The consideration problems and perspectives associated with the integration processes in the post-Soviet area, including in border areas have been focused in the papers. The results of the research the attitudes by residents of the border region (Kaliningrad's region) to the integration of the Post-Soviet countries are analyzed. The vision the population of the region problems and prospects of integration processes had been discussed. The main indicators of attitude the population of the border region to the problems and prospects of integration the post-Soviet area allocated to the need of the population in the post-Soviet area integration, emotional attitude to the integration processes, the degree of interest in the possible changes in the course of integration reforms, evaluation of challenges and prospects arising from the integration processes, assessment of readiness to act participant in the integration of transformations. The range of scientific and practical recommendations, which may be useful structures, performing administration of region or joint projects in the framework of the integration of transformations had been formulated.

Keywords: post-Soviet space, the attitude, the integration processes, the border areas

Вот уже двадцать лет прошло с момента распада Советского Союза. За этот период на территории этой некогда огромной страны произошло много событий, начиная от разного рода и уровня конфликтов (грузино-абхазский, грузино-южноосетинский, карабахский, чеченский и др.) и заканчивая возникновением различных интеграционных образований (рождение Содружества Независимых Государств, Евразийского Экономического сообщества, Таможенного Союза и др.). Анализируя внутреннее содержание термина «постсоветское пространство», А.В. Власов рассуждает о том, «что является связующим звеном, краеугольным камнем этой системы», сопоставляя противоположные взгляды, что а) «между русским элементом и нерусскими народами в составе (советской) империи отсутствовало реальное единство, подменявшееся административным ресурсом ограничения и подавления» и б) «Советский Союз – это не просто государственное образование, а государственно-цивилизационное образование», которое не может одномоментно перестать существовать, так как «осколки общей цивилизации не в состоянии отделиться или изолироваться друг от друга за столь краткий с исторической точки зрения срок». Автор указывает на противоречивые тенденции в развитии постсоветского пространства, связывая их с отсутствием «чётких правил игры» внутри системы отношений стран СНГ и влиянием внешних сил на эту систему [1].

Таким образом, актуальность нашей работы обусловлена, с одной стороны, противоречивыми с точки зрения интеграции тенденциями в развитии постсоветского пространства, и, с другой стороны, многообразием разнонаправленных, неоднозначных публикаций по теме исследования в печатных и интернет-ресурсах. Каковы же взгляды современных учёных на проблемы

и перспективы интеграции постсоветского пространства?

Материалы и методы исследования

Наибольшее внимание учёных направлено на экономический сектор, что и понятно, учитывая роль экономики в развитии государства и общества. Ряд авторов отмечает [2, 4, 10, 12], что вплоть до 2008 года доминировали дезинтеграционные тенденции, проявляющиеся в сокращении доли взаимной торговли новых государств, в разрушении десятилетиями сложившейся производственно-технологической кооперации, в разрушении обрабатывающей промышленности вкупе с «резким сокращением потребления энергоносителей и сырьевых товаров». Только создание Таможенного союза (ТС) Белоруссии, Казахстана и России «дало мощный импульс активизации интеграционных процессов на всем постсоветском пространстве», что способствовало улучшению экономической ситуации в странах-участниках и позволило им относительно безболезненно пережить экономический кризис 2008–2009 гг.

В числе проблем, возникающих на пути интеграции постсоветского пространства, называются также:

• процессы, связанные с русским языком: в настоящее время «происходит дискриминация, вытеснение из официальных сфер общения русского языка, сдающего свои прочные позиции советского периода на территориях бывших союзных республик» [13];

• некоторые политические тенденции, выражающиеся в явлении так называемого «нового цезаризма» [11];

• негативные тенденции в социальной сфере государств постсоветского пространства [9]. В качестве причин, приводящих к нестабильности социальной сферы, называются демографические, экономические, образовательные, этнополитические.

Однако, наряду с проблемами интеграции постсоветского пространства, специалисты говорят о достижениях последних лет в этой области, а также отмечают перспективы сотрудничества стран СНГ. В основном обсуждение перспектив сводится к идее о том, что сближение позиций стран-участниц возможно, если обозначенные выше проблемы будут решены. К числу прогнозируемых перспектив относят возможность вступления новых стран в уже существующие интеграционные объединения (Таможенный союз, ЕЭП) [2]. Отмечается также, что, несмотря на болезненность процесса интеграции, «существовавшие более 70 лет экономические и хозяйственные связи, общность культуры и менталитета» являются перспективной основой для развития дальнейшего сотрудничества [3].

Таким образом, согласно результатам теоретического анализа, обсуждаемые темы локализованы преимущественно в области экономики, производства и политики, реже – образования, ещё реже – социальной сферы. Вопрос о проблемах и перспективах в социальной и духовной сферах слабо проработан. Несомненна связь между всеми сферами жизни общества – политической, экономической, социальной, духовной. Но, концентрируя внимание на первых двух, нельзя не принимать во внимание остальные. К сожалению, улучшения в экономике и политике не всегда автоматически ведут за собой улучшения в социальной и духовной сферах. Тем более, если речь идёт о приграничных регионах. Осуществляя те или иные преобразования, любая власть должна иметь в виду настроения населения, его представления о грядущих изменениях и готовность поддерживать (или тормозить) их.

По нашим наблюдениям, существует противоречие между ролью, значением для властных, управленческих структур осведомлённости об отношении жителей приграничного региона к интеграционным процессам, с одной стороны, и степенью изученности этого явления, с другой, что и явилось проблемой нашего исследования.

В ходе исследования мы:

1) выявили отношение жителей приграничного региона (Калининградской области) к проблемам и перспективам интеграционного процесса;

2) разработали научно-практические рекомендации для руководства приграничного региона (Калининградской области) по оптимизации отношения к интеграционным преобразованиям у населения.

Объектом нашего исследования выступает отношение как социально-психологический феномен, как «целостная система индивидуальных, избирательных, сознательных связей личности с различными сторонами объективной действительности» [5].

В качестве *предмета* мы выделяем отношение жителей Калининградской области к проблемам и перспективам интеграции постсоветского пространства.

При разработке концепции исследования мы опирались на психологическую теорию отношений Мясищева В.Н. [5].

В качестве показателей и индикаторов отношения жителей приграничного региона (Калининградской области) к проблемам и перспективам интеграции постсоветского пространства мы выделяем следующие:

• потребность населения в интеграции постсоветского пространства;

• эмоциональное отношение к интеграционным процессам вообще и проблемам и перспективам, в частности;

• выраженность интереса к возможным изменениям в ходе интеграционных преобразований;

• оценка трудностей и перспектив, обусловленных интеграционными процессами;

• оценка готовности выступать участником интеграционных преобразований.

По нашему мнению, указанные параметры позволят нам составить представление об отношении жителей региона к проблемам и перспективам, которые могут возникнуть в ходе интеграции постсоветского пространства.

Если говорить об ожидаемых результатах, мы предполагаем, что:

а) потребность населения Калининградской области в интеграции постсоветского пространства слабо выражена (средний или ниже среднего уровня), в связи с чем готовность осуществлять какую-либо деятельность, связанную с интеграционными процессами, будет проявляться на низком уровне;

б) эмоциональное отношение к интеграционным процессам носит слабовыраженный положительный характер;

в) интерес к возможным изменениям в ходе интеграционных преобразований слабо выражен;

г) оценка трудностей и перспектив, обусловленных интеграционными процессами, характеризуется преобладанием первых над вторыми в сознании респондентов;

д) вероятнее всего, существуют различия между группами населения в зависимости от возраста, пола, социального статуса, этнической принадлежности, длительности проживания на территории области, места жительства (город/село).

Для изучения отношения жителей Калининградской области к интеграции на постсоветском пространстве мы использовали анкету, разработанную нами. Анкета состоит из пяти блоков. Первые три блока представляют собой опросники, по 10 вопросов в каждом, составленные по принципу суммарных оценок Р. Лайкерта [6]. Четвёртый блок включает два открытых вопроса о проблемах и перспективах интеграции постсоветского пространства. Шестой блок содержит вопросы о социально-демографических характеристиках респондента. При обработке анкеты оцениваются суммарные оценки по каждому блоку в среднем по группе, а также отдельно оценка каждого утверждения в среднем по группе.

В исследовании приняли участие 90 человек. Из них 68 респондентов – женщины и 22 – мужчины. Выборка удовлетворяет исследовательской концепции: преобладает трудоспособное население с высшим образованием. Для анализа данных использовались средние арифметические значения и критерий углового преобразования Фишера (φ*) [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Подводя итог исследованию, отметим, что результаты исследования частично подтвердили нашу гипотезу. Причём подтвердился, пожалуй, только последний пункт о наличии различий между разными группами респондентов. В остальном результаты оказались более позитивными, чем мы предполагали.

Так,

а) потребность у респондентов, принявших участие в исследовании, не слабо, а скорее, средне выражена (среднее значение по группе составляет 37,24 балла из 50 возможных); субъективная оценка готовности осуществлять какую-либо деятельность, связанную с интеграционными процессами, проявилась на среднем и высоком (а не на низком, как предполагалось) уровне;

б) эмоциональное отношение к интеграционным процессам носит не слабовыраженный, а, скорее, сильно выраженный положительный характер (среднее значение по группе составляет 41,06 баллов);

в) интерес к возможным изменениям в ходе интеграционных преобразований средне (а не слабо, как предполагалось) выражен – большая часть выборки с интересом контактирует (3,63 б., Mo = 4) с представителями других государств постсоветского пространства и не испытывает большой тревоги (4,27 б., Mo = 5) от возможного повышения интенсивности взаимодействия с ними;

г) оценка трудностей и перспектив, обусловленных интеграционными процессами, характеризуется преобладанием вторых над первыми, а не наоборот – респонденты назвали больше перспектив от сотрудничества со странами бывшего СССР в рамках интеграции, чем трудностей;

д) действительно, существуют различия между некоторыми группами респондентов, а именно – между мужчинами и женщинами по эмоциональному и поведенческому компоненту отношения, а также между разными возрастными группами по некоторым компонентам отношения. В остальном различия отсутствуют.

По результатам исследования мы сформулировали ряд научно-практических рекомендаций, которые могут быть полезны структурам, осуществляющим руководство регионом или совместными проектами в рамках интеграционных преобразований.

1. Следует систематически освещать в СМИ положительные перспективы и результаты от совместных проектов с государствами бывшего СССР, чтобы интерес к интеграционным процессам, уверенность в их ценности и необходимости получали подкрепление. При этом важно не замалчивать трудности, возникающие в ходе реализации подобных проектов, а обозначать их и привлекать заинтересованных жителей региона к их обсуждению. Информирование, однако, не должно быть чрезмерным, чтобы избежать эффекта насыщения, но дозированным, постоянно поддерживающим интерес к данной тематике.

2. Учитывая мнение респондентов о большей значимости культурных и экономических совместных проектов, а также готовность респондентов в них участвовать, следует акцентировать внимание на них, создавая информационные поводы и привлекая население региона в качестве организаторов, участников, экспертов.

3. Принимая во внимание межгрупповые различия, обнаруженные нами, следует использовать разные формы информирования и вовлечения в интеграционные процессы, ставить акценты на разных достоинствах и выгодах для мужчин и женщин, для жителей разного возраста и различного семейного статуса.

4. Следует иметь в виду позитивные перспективы, отмеченные респондентами, так как они, по нашему мнению, указывают на «проблемные зоны», нуждающиеся в улучшении. Например, некоторые респонденты указали на позитивные перспективы для сельского хозяйства, для туризма по постсоветскому пространству – вероятно, есть такие потребности.

5. Особое внимание следует обратить на негативные перспективы, которые видят респонденты. Современная ситуация на рын-

ке труда, связанная с постоянным притоком трудовых мигрантов из стран Средней Азии, становится всё более тревожной – на это обратили внимание многие участники исследования. Применительно к этой проблеме следует, по нашему мнению, жёстче регламентировать условия допуска трудовых мигрантов в регион. *Во-первых,* следует отбирать потенциальных работников по ряду критериев, таких как, например, свободное владение русским языком на бытовом уровне, знание элементарных социальных норм общества, в котором работник будет находиться довольно длительное время. Мы считаем, что с потенциальными работниками следует проводить групповые или, в отдельных случаях, индивидуальные психологические консультации на предмет исключения патологических или сильно акцентуированных личностей, неадекватное поведение которых может быть спровоцировано незнакомой (и от этого тревожной) социальной ситуацией. *Во-вторых*, с контингентом трудовых мигрантов следует, на наш взгляд, проводить «культурный ликбез» – цикл лекционных, семинарских, а ещё лучше тренинговых занятий, призванных познакомить с местной культурой, принципами поведения в обществе, допустимых способах решения конфликтов и т.п.

Но данные рекомендации могут быть эффективны только в том случае, если все заинтересованные стороны будут планомерно, последовательно смело и, главное, честно идти по пути интеграционных преобразований, привлекая все возможные ресурсы и инструменты.

Статья подготовлена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы. Проект «Управление развитием приграничных регионов в хронотопе постсоветского пространства». № 14.A18.21.0090 (рук. В.П. Бабинцев).

Список литературы

1. Власов А. Доминирующая роль России на постсоветском пространстве – прошлое, настоящее…будущее? – URL: http://www.ia-centr.ru/expert/4446 (дата обращения 12.08.2012).

2. Глазьев С. Итоги и перспективы интеграционных процессов на постсоветском пространстве. – URL: http://www.glazev.ru/econom_polit/295 (дата обращения 12.08.2012).

3. Ковалева О. С. Фактор культуры в обосновании политических приоритетов России в евразийском геополитическом пространстве: история и современность. – URL: http://www.vestnik-mgou.ru/mag/2011/ist_i_pol_nauki/4/st18.pdf (дата обращения 13.08.2012).

4. Леонова О.Г. Евразийский союз: два проекта. – URL: http://elibrary.ru/download/27404763.pdf (дата обращения 13.08.2012).

5. Мясищев В.Н. Психология отношений – М.: Изд-во МПСИ, 2004. – 400 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.koob.ru/myasischev_v/psihologiya_otnosheniy.

6. Почебут Л.Г. Взаимопонимание культур: Методология и методы этнической и кросс-культурной психологии. Психология межэтнической толерантности: учебное пособие. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007. – С. 162–164.

7. Пьянов А.Е. Статус русского языка в странах СНГ. – URL: http://elibrary.ru/download/84349648.pdf (дата обращения 13.08.2012).

8. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. – СПб.: ООО «Речь», 2002. – 350 с.

9. Сонин О.В. Социальное развитие государств СНГ: проблемы и пути решения. – URL: http://elibrary.ru/download/68153054.pdf (дата обращения 13.08.2012).

10. Старшинова Н.А. Таможенный союз России, Белоруссии и Казахстана: содержание, проблемы и перспективы. – URL: http://elibrary.ru/download/41632058.pdf (дата обращения 13.08.2012).

11. Усманов С.М., Буданова И.А. Неясные контуры будущего: Перспективы нового цезаризма на постсоветском пространстве. –URL: http://elibrary.ru/download/56401803.pdf (дата обращения 13.08.2012).

12. Шамахов В.А. Интеграция экономики и инновационное развитие на постсоветском пространстве. – URL: http://elibrary.ru/download/96532113.pdf (дата обращения 13.08.2012).

13. Шеляхина Н.В. Феномен языковой дискриминации на постсоветском пространстве// ФӘН-НАУКА, Периодический журнал научных трудов. – 2012. – №2(5).

References

1. Vlasov A. Dominiruyuschaya rol Rossii na postsovetskom prostranstve – proshloe, nastoyaschee … buduschee? URL: http://www.ia-centr.ru/expert/4446 (data obrascheniya 12.08.2012).

2. Glazev S. Itogi i perspektivy integratsionnykh protsessov na postsovetskom prostranstve. URL: http://www.glazev.ru/econom_polit/295 (data obrascheniya 12.08.2012).

3. Kovaleva O.S. Faktory kultury v obosnovanii politicheskikh prioritetov Rossii v evraziyskom geopoliticheskom prostranstve: istoriya i sovremennost. URL: http://www.vestnik-mgou.ru/mag/2011/ist_i_pol_nauki/4/st18.pdf (data obrascheniya 13.08.2012).

4. Leonova O.G. Evraziyskiy soyuz: dva proekta. URL: http://elibrary.ru/download/27404763.pdf (data obrascheniya 13.08.2012).

5. Myasischev V.N. Psikhologiya otnosheniy – M.: Izd–vo MPSI, 2004. – 400 s. [Elektronnyy resurs] URL: http://www.koob.ru/myasischev_v/psihologiya_otnosheniy.

6. Pochebut L.G. Vzaimoponimanie kultur: Metodologiya i metody etnicheskoy i kross–kulturnoy psikhologii. Psikhologiya mezhetnicheskoy tolerantnosti: Uchebnoe posobie. 2-e izd. SPB.: Izd–vo S.-Peterb. un–ta, 2007. pp. 162–164.

7. Pyanov A.E. Status russkogo yazyka v stranakh SNG.. URL: http://elibrary.ru/download/84349648.pdf (data obrascheniya 13.08.2012).

8. Sidorenko E.V. Metody matematicheskoy obrabotki v psilhologii. SPB.: OOO «Rech», 2002. 350 p.

9. Sonin O.V. Sotsialnoe razvitie gosudarstv SNG: problemy i puti resheniya. URL: http://elibrary.ru/download/68153054.pdf (data obrascheniya 13.08.2012).

10. Starshinova N.A. Tamozhenniy souz Rossii, Belorussii i Kazakhstana: soderzhanie, problemy i perspektivy. URL: http://elibrary.ru/download/41632058.pdf (data obrascheniya 13.08.2012).

11. Usmanov S.M., Budanova I.A. Neyasnye kontury buduschego: Perspektivy novogo tsezarizma na postsovetskom prostranstve. URL: http://elibrary.ru/download/56401803.pdf (data obrascheniya 13.08.2012).

12. Shamakhov V.A. Integratsiya ekonomiki i innovatsionnoe razvitie na postsovetskom prostranstve. URL: http://elibrary.ru/download/96532113.pdf (data obrascheniya 13.08.2012).

13. Shelyakhina N.V. Fenomen yazykovoy diskriminatsii na postsovetskom prostranstve// FƏN–NAUKA, Pereodicheskiy zhurnal nauchnykh trudov. 2012. no. 2(5).

Рецензенты:

Данакин Н.С., д.соц.н., профессор кафедры социологии и управления ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород;

Шаповалова И.С., д.соц.н., доцент, профессор кафедры управления персоналом ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 09.10.2012.

УДК 691.175.5/8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ОЛИГОПЕПТИДОВ НА АГРЕГАТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СУСПЕНЗИЙ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

Баталин Б.С., Южаков К.Н., Нечаева А.Е., Хорошавина А.И.

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: bobata@list.ru

Наномодификация строительных материалов не может по теоретическим и экономическим соображениям состоять в получении строительных материалов из наночастиц. Не целесообразно в большинстве случаев и введение в состав строительных материалов готовых наночастистиц, полученных по уже известным технологиям. Необходима разработка таких рецептур и технологий, которые позволили бы осуществить самосборку наноструктур в ходе технологических воздействий на сырьевую смесь при производстве материалов и изделий при относительно невысоких температурах. Наиболее доступно для технологии строительных материалов применение самосборки органо-неорганических наноструктур. Мерой энергетической устойчивости силикатных структур является степень связности кремнекислородного каркаса F_{Si}. В статье изложены методы и результаты исследования влияния коллоидного раствора олигопептидов на агрегативную устойчивость алюмосиликатно-водных дисперсных систем. Показано, что при температуре до 100 °С взаимодействие КРОП с дисперсной фазой происходит, если F_{Si} силиката (алюмосиликата) не превышает величины 0,333. Взаимодействие выражается в диспергировании агрегированных систем, что установлено по уменьшению средневзвешенного диаметра частиц дисперсной фазы и увеличении ее удельной поверхности. При этом, чем ниже значение F_{Si}, тем более отчетливо выражена дезагрегация дисперсной системы. Силикаты и алюмосиликаты с F_{Si} более, чем 0,333 при той же температуре с КРОП практически не взаимодействуют.

Ключевые слова: коллоидный раствор, дисперсная система, олигопептиды, силикаты, алюмосиликаты, агрегативная устойчивость, связность кремнекислородного каркаса, наноструктура, самосборка

INFLUENCE ON COLLOIDAL SOLUTION OLIGOPEPTIDES AGGREGATE STABILITY SUSPENSIONS ALUMINOSILICATE

Batalin B.S., Yuzhakov K.N., Nechayeva A.E., Khoroshavina A.I.

FGBOU VPO «Perm National Research Polytechnic University», Perm, e-mail: bobata@list.ru

Nanomodifikatsiya building materials can not, for the theoretical and economic considerations be to obtain building materials from nanoparticles. Not appropriate in most cases and the introduction of the building materials ready nanochastistits obtained for known technologies. Need to develop formulations and technologies that would enable self-assembly of nanostructures in the course of technological effects on raw material mixture in the production of materials and products at relatively low temperatures. Best available technology for the use of building materials self-assembly of organic-inorganic nanostructures. A measure of energy sustainability silicate structures is the degree of connectivity of the silicon skeleton FSi. The article describes the methods and results of studies of the effect of a colloidal solution of oligopeptides on aggregate stability of aluminosilicate-water dispersion systems. It is shown that at temperatures up to 100 °C CROP interaction with the dispersed phase occurs if FSi silicate (aluminosilicate) does not exceed 0,333. Interaction is expressed in the dispersion of aggregated systems, installed to reduce the average particle diameter of the dispersed phase and increasing its surface area. In this case, the lower the FSi, the more clearly expressed disaggregation dispersed system. Silicates and aluminosilicates with FSi more than 0,333 at the same temperature with a crop hardly interact.

Keywords: colloidal solution, dispersed system, oligopeptides, silicates, aluminosilicates, aggregate stability, coherence of the silicon frame, nanostructure self-assembly

Наномодификация строительных материалов не может по теоретическим научным и экономическим соображениям состоять в получении строительных материалов из наночастиц. [8, 10].Как показывает еще не большая практика, не целесообразно в большинстве случаев и введение в состав строительных материалов готовых наночастистиц, полученных предварительно по уже известным технологиям. Это связано как с дороговизной такого метода, так и с трудностями сохранения наночастиц в исходном состоянии в связи с их высокой агрегативной неустойчивостью – автогрануляция, комкование. К тому же многие виды наночастиц ядовиты. Выходом из положения может быть разработка таких рецептур и технологий, которые позволили бы осуществить самосборку наноструктур в ходе технологических воздействий на сырьевую смесь при производстве материалов и изделий в объеме формирующегося материала (изделия). Реальность такой возможности показана в ряде наших разработок.

Ранее нами было показано, что коллоидный раствор олигопептидов (КРОП), применяемый в качестве, пенообразователя для получения пенобетона существенно увеличивает агрегативную устойчивость портландцементов различных составов [2].

Было высказано предположение, что КРОП образует с минералами портланд-

цемента наноструктуру, обеспечивающую капсулирование некоторого количества воды, что предотвращает гидратацию минералов, и, следовательно, сохранность цемента в течение длительного времени.

Было установлено также, что КРОП, введенный в керамическую массу, позволяет существенно увеличить формуемость керамических масс, повысить прочность керамического черепка и его морозостойкость при снижении плотности [3].

Возможность образования наноструктур между органическими и неорганическими соединениями принципиально достаточно хорошо известна [6, 7].

Однако, как уже сказано выше, есть существенная разница между применением органо-неорганических нанообразований для целей электроники, информационных, в том числе цифровых технологий, квантовой оптики и т.п. и применением аналогичных нанообразований в области строительных материалов и конструкций. Поэтому в случае необходимости получения изделий большой массы и объема наиболее целесообразно применять технологию самосборки наноструктур.

По технологическим соображениям самосборка должна осуществляться в ходе формирования структуры материала. Примером такого процесса может служить формирование структуры ситалла в стекле под влиянием активаторов кристаллизации (часто называемых катализаторами, что не совсем правильно). [11]. Однако это высокотемпературный процесс и его невозможно использовать для наномодификации большей части реально используемых в строительстве веществ. Поэтому необходим поиск таких процессов, которые позволяли бы инициировать самосборку наноструктур при относительно невысоких температурах. В этом смысле наиболее доступно для технологии строительных материалов применение самосборки органо-неорганических наноструктур.

Мерой энергетической устойчивости силикатных структур принято считать степень связности кремнекислородного каркаса f_{si}

$$f_{\mathrm{Si}} = \frac{m\mathrm{SiO}_2}{mR_2O + mRO + 2mRO_2 + 3mR_2O_3 + 5mR_2O_5 + 7mR_2O_7},$$

где f_{Si} – степень связности кремнекислородного каркаса силикатного минерала; mR_xO_y – молярное содержание соответствующего оксида в минерале.

Наименьшая связность присуща островным силикатам, наибольшая – каркасным. Кроме кремния, большинство обычных в структуре силикатов элементов – щелочные, щелочеземельные и некоторые другие – являются модификаторами. Однако ряд элементов – бор, свинец, фосфор и другие – могут быть и каркасообразователями.

Судя по имеющимся в литературе сведениям, наиболее склонны к образованию органо-силикатных наноструктур слоистые силикаты. Это слюды, гидрослюды, глинистые минералы, в частности – монтмориллонит. [9]. Для наших экспериментов были выбраны вещества, названия которых приведены в табл. 1а, б.

В нашем случае использование степени связности кремнекислородного каркаса не совсем корректно, так как выбранные нами веществе не все состоят из одного минерала. В то же время можно считать, что формула в нашем случае отражает отношение количества кремния к количеству кислорода в системе – F_{Si}. Известно [4], что это отношение определяет силу адгезии жидкостей и пыли к поверхности силиката. Можно предположить, что способность силиката к образованию гипотетических органо-силикатных наноструктур также должна зависеть от этого соотношения.

Связность кремния с кислородом F_{Si} в исследованных системах такова:

цемент – 0,164;
терриконик – 0,259;
иллит – 0,265;
диабаз – 312;
монтмориллонит – 0,333;
фарфор – 0,367;
микрокремнезем – 0,456;

В качестве второго компонента использовали коллоидный раствор олигопептидов, соответствующий по способу получения и составу пенообразователю БГ-20, описанному в патенте [5].

Хроматографический анализ показал, что в состав этого раствора входят олигопептиды аланин $CH_3–NH_2–CHCOOH$, глицин $NH_2–CH_2–COOH$ и метионин $CH_3–S–CH_2CH_2CH\ (NH_2)\ COOH$, составляющие в сумме около 50 масс.% коллоидной части. Кроме того, в состав раствора входят октадиценовая, пальметиновая и олеиновая кислоты, их метиловые эфиры, этиленоксид, гуанидин и карбаминово-метиловый эфир. Воды в растворе 70 масс.%.

Было исследовано влияние КРОП на агрегативную устойчивость алюмосиликатно-водных дисперсных систем, в которых дисперсной фазой служили тонкоизмельченные материалы, приведенные в табл. 1 а, б.

Таблица 1 а

Химический состав сырьевых материалов А – масс.%

Материал	Химический состав, масс,%										
	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	H_2O	MnO	TiO_2	P_2O_5
Диабаз	10,9	0,15	55,4	26,8	1,6	3,96	0,36	0,51		–	–
Портландцемент	65,2	3,1	22,3	6,4	4,4	–		–	–	–	–
Фарфор	2,7	2,06	70,0	25,0	–	0,15	0,09	–	–		–
Терриконик	0,38	0,11	50,8	17,1	5,31	0,33	2,35	–		1,27	0,09
Микрокремнезем	0,71	0,97	90,1	1,93	–	0,87	1,16	2,25	0,20	0,01	1,18
Иллит	5,57	1,84	63,4	12,8	4,76	1,75	2,02	6,75	–	0,74	–
Монтмориллонит	0,81	0,37	56,5	37,0	0,89	0,51	2,12	8,60	–	1,14	–

Таблица 1б

Моли

Материал	Химический состав, моли										
	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	H_2O	MnO	TiO_2	P_2O_5
Диабаз	1.94	0,04	9,23	2,62	0,10	0,64	0,04	0,28			
Портландцемент	11,63	0,77	3,75	0,63	0,28						
Фарфор	0,48	0,52	11,60	2,45		0,02	0,01				
Терриконик	0,07	0,03	8,46	1,68	3,33	0,05	0,24			0,16	0,01
Микрокремнезем	0,13	0,24	15,02	0,19		0,14	0,12	1,25	0,03		8
Иллит	0,99	0,46	10,57	1,26	0,30	0,28	0,21	3,75		0,09	
Монтмориллонит	0,14	0,09	9,42	3,63	0,06	0,08	0,23	4,78		0,15	

Чтобы получить суспензии, материалы измельчали в лабораторной фарфоровой мельнице, а затем растирали в фарфоровой ступке до полного прохождения пробы через сито 0,14. Порошки смешивали с водой в соотношении 1:1 по массе. Каждую суспензию делили на две части. Одну оставляли без добавок, а во вторую вводили КРОП в количестве 5% по массе от массы суспензии. Одновременно из суспензий приготавливали микропрепараты по методу О.М. Астреевой [1]. Микропрепараты исследовали с помощью поляризационного микроскопа МИН-8 и фотографировали с помощью цифровой фотокамеры Olympus FE-100. В микропрепаратах подсчитывали количество наблюдаемых частиц на единицу площади препарата и размеры частиц. Для подсчетов использовали окулярную сетку и окулярную линейку. Предварительно определили цену деления линейки и размер стороны ячейки сетки. Кроме того, подсчитывали число пересечений частиц с линиями окулярной сеткой. По этим данным рассчитывали удельную поверхность S дисперсной фазы.

За степень агрегации А приняли величину d_τ/d_0, где d_0 – средневзвешенный размер частиц в момент приготовления суспензии; d_τ – то же в момент времени τ.

Замеры производили в препаратах с добавкой КРОП и без нее параллельно в один прием с разницей не более 1 часа.

Исследования препаратов производили сразу после изготовления, через 3, 7, 14, 21 и 28 суток.

Для определения структуры агрегированных и неагрегированных частиц использовали электронную микроскопию.

Предполагали, что с увеличением степени связности должна уменьшаться самопроизвольная агрегация частиц материала. При этом взаимодействие с КРОП должно зависеть не только от кремнекислородного отношения, но также от температуры системы.

Результаты экспериментов приведены на диаграммах (рис. 1, 2).

Исходные данные для построения диаграмм приведены в табл. 2.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

При температуре до 100°С взаимодействие КРОП с силикатами происходит, если F_{Si} силиката (алюмосиликата) не превышает величины 0,333. Взаимодействие выражается в диспергировании агрегированных систем, что установлено по уменьшению средневзвешенного диаметра частиц дисперсной фазы, и в увеличении ее удельной поверхности. При этом, чем ниже значение F_{Si}, тем более отчетливо выражена достигнутая агрегативная устойчивость дисперсной системы.

Силикаты и алюмосиликаты с F_{Si} более, чем 0,333 при той же температуре с КРОП практически не взаимодействуют.

Таблица 2

Исходные данные по результатам экспериментов

№ п/п	Вид дисперсной фазы	d_1	d_2	S_1	S_2	F_{Si}
1	цемент	3	75	330	790	0,164
2	терриконик	10	120	310	650	0,259
3	иллит	12	130	410	520	0,265
4	диабаз	15	130	300	430	0,312
5	монтмориллонит	17	90	300	390	0,333

Примечания:
d_1 – средневзвешенный диаметр дисперсной фазы без КРОП, мкм;
d_2 – то же в присутствии КРОП;
S_1 – удельная поверхность дисперсной фазы без КРОП, м^2/кг;
S_2 – то же в присутствии КРОП;
F_{Si} – связность кислорода с кремнием для этой фазы.

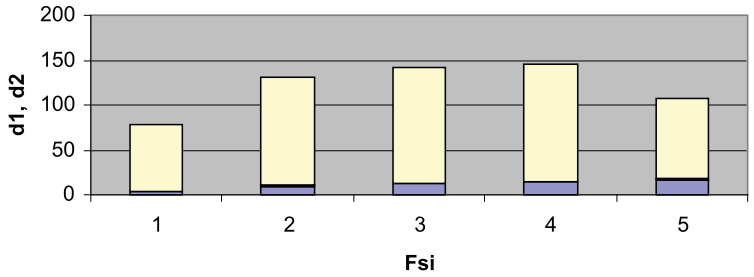


Рис. 1. Зависимость средневзвешенного диаметра d от значения F_{Si} дисперсной фазы: верхний ряд – без КРОП: нижний ряд – в присутствии КРОП

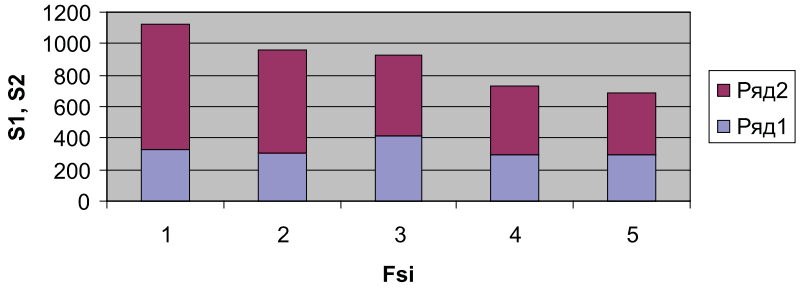


Рис. 2. Зависимость удельной поверхности S от значения F_{Si} дисперсной фазы: верхний ряд – в присутствии КРОП; нижний ряд – без КРОП

Результаты экспериментов могут быть использованы для повышения агрегативной устойчивости порошков силикатного состава, например, портландцементов и глин. Планируется эксперимент для выявления особенностей поведения системы при более высоких температурах, от 200 до 1100 °С

Список литературы

1. Астреева О.Н. Петрография вяжущих материалов. – М.: Госстройиздат, 1959.

2. Баталин Б.С. Исследование влияния белкового пенообразователя на процесс твердения портландцемента // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2010. – № 054. – С. 646–649. – http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2010/054.pdf

3. Баталин Б.С., Белозерова Т.А., Сеньков С.А. Влияние коллоидного раствора олигопептидов на свойства керамических материалов // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2011. – № 045. – С. 579–588. – http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2011/045.pdf.

4. Баталин Б.С., Правина Н.А. Адгезионная прочность контактной зоны стеклокомпозиционных материалов // Стекло и керамика. – 1992. – №6. – С. 12–14.

5. Способ получения пенообразователя и пенообразователь, полученный этим способом: патент РФ №2284308 / Баталин Б.С., Пряхин И.П., Козлов И.А. Зарегистрирован в Гос. реестре изобретений РФ 27.09.2006.

6. Васильев Р.Б. Квантовые точки. – Интернет ресурс www.hsms.msu.ru.

7. Земцов А.Е., Тренихин М.В. Структура поверхности и поверхностные свойства наночастиц сульфида кадмия // Труды I-й Международной Российско-Казахстанской кон-

ференции по химии и химической технологии. – Алматы, 2008, – С. 67–79.

8. Королев Е.В. Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении // Научный интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве». – 2009. – №1. – С. 66–79.

9. Кротиков В.А. Органосиликатные композиции: каталог-справочник. – Л., 1980. – 340 с.

10. Лукашин А.В., Елисеев А.А. Слоистые двойные гидроксиды. – Интернет ресурс. fmg.inorg.chem.msu.ru www.hsms.msu.ru.

11. Харитонов Н.П., Кротиков В.А., Островский В.В. Органосиликатные материалы, их свойства и технология применения. – Л., 1979. – 128 с.

References

1. Astreeva O.N. Petrografiya vyazhuschih materialov, M.: Gosstroyizdat, 1959.

2. Batalin B.S. Issledovanie vliyaniya belkovogo penoobrazovatelya na protsess tverdeniya portlandtsementa. Elektronnyj zhurnal «Issledovano v Rossii», 054, pp. 646–649, 2010. http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2010/054.pdf.

3. Batalin B.S., Belozerova T.A., Senkov S.A. Vliyanie kolloidnogo rastvora oligopeptidov na svoystva keramicheskih materialov. Elektronnyj zhurnal «Issledovano v Rossii», 045, pp. 579–588, 2011 g. http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2011/045.pdf.

4. Batalin B.S., Pravina N.A. Adgezionnaya prochnost' kontaktnoy zony steklokompozitsionnyh materialov. Steklo i keramika.1992, no. 6, pp. 12–14.

5. Patent RF №2284308. /Batalin B.S, Pryahin I.P., Kozlov I.A. Sposob polucheniya penoobrazovatelya i penoobrazovatel', poluchennyj etim sposobom. Zaregistrirovan v Gos. reestre izobreteniy RF 27.09.2006.

6. Vasil'ev R.B. Kvantovye tochki. Internet resurs. www.hsms.msu.ru.

7. Zemtsov A.E., Trenihin M.V. Struktura poverhnosti i poverhnostnye svoystva nanochastits sul'fida kadmiya // Trudy I-y Mezhdunarodnoy Rossiysko-Kazahstanskoy konferentsii po himii i himicheskoy tehnologii. Almaty, 2008. pp. 67–79.

8. Korolev E.V. Osnovnye printsipy prakticheskoy nanotehnologii v stroitel'nom materialovedenii. // Nauchnyj internet-zhurnal «Nanotehnologii v stroitel'stve». no. 1, 2009. pp. 66–79.

9. Krotikov V. A..Organosilikatnye kompozitsii. Katalog-spravochnik, L., 1980. – 340 p.

10. Lukashin A.V., Eliseev A.A. Sloistye dvoynye gidroksidy. Internet resurs. fmg.inorg.chem.msu.ru www.hsms.msu.ru.

11. Haritonov N.P., Krotikov V.A., Ostrovskiy V.V., Organosilikatnye materialy, ih svoystva i tehnologiya primeneniya, L., 1979. 128 p.

Рецензенты:

Онорин С.А., д.х.н., профессор, профессор кафедры химии и биотехнологии Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь;

Пономарев А.Б., д.х.н., профессор, профессор кафедры строительного производства и геотехники Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 27.09.2012.

УДК 620.186.14:620.193

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛИ МАРКИ 13ХФА И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ИНИЦИИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПИТТИНГООБРАЗОВАНИЯ

Беликов С.В., Сергеева К.И., Карабаналов М.С., Россина Н.Г., Попов А.А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: kc985432@mail.ru

Основной идеей работы являлось определение неметаллических включений в стали 13ХФА, влияющих на питтинговую коррозию в газонефтепроводных трубах. В процессе исследования показаны преимущества автоматического определения местоположения включений различных классов на поверхности отдельно взятого образца с помощью растровой электронной микроскопии перед методикой травления. Впервые была применена резка включений ионным пучком на растровом электронном микроскопе AURIGA, что позволило установить структуру отдельных включений. Определено, что включения в исследуемой стали являются двухфазными и состоят из магнезиальной шпинели и сульфида кальция и марганца, плотно прилегающих друг к другу. Установлено, что растворение сульфидной части двухфазного включения в хлорсодержащих водных средах является первой ступенью к уменьшению коррозионной устойчивости посредством образования питтинга.

Ключевые слова: низколегированная сталь, неметаллические включения, коррозия, питтинг

STUDY OF NONMETALLIC INCLUSIONS STRUCTURE IN 13CRV STEEL AND THEIR EFFECTS ON INITIATION THE PROCESSES OF PITTING FORMATION

Belikov S.V., Sergeeva K.I., Karabanalov M.S., Rossina N.G., Popov A.A.

Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: kc985432@mail.ru

It is known that some kind of inclusions account for pitting formation in steel tube. Therefore the identification of this sort of nonmetallic inclusions in 13CrV steel was the main idea of this work. The new method for estimation dirty steel was introduced. It involves using scanning electron microscopy and software for detecting dimensions, chemical composition and location every inclusion on the investigated surface. Microstructure of certain inclusions was investigated on nonmetallic inclusion cross-section made cutting ion beam of scanning electron microscope AURIGA. It was found that in nonmetallic inclusions of this steel were two-phase. The first phase is $MgO \cdot Al_2O_3$ spinel inclusion, the second phase is calcium and manganese sulphide. These two parts of one inclusion bear against. This sort of inclusions influences on corrosion processes in steel. It was established that sulphide part of inclusion was thermodynamically unstable in environment with chlorine ion. Therefore calcium and manganese sulphide dissolves and forms pitting.

Keywords: low-alloy steel, nonmetallic inclusions, corrosion, pitting

Наиболее частой и наиболее опасной причиной выхода трубопровода из строя в последнее время является питтинговая коррозия. Питтинговая коррозия относится к локальному виду коррозии пассивных металлов и приводит к развитию углублений небольшого размера (питтингов). Этот вид коррозии очень опасен даже в том случае, когда общая убыль массы металла мала [14].

Давно известно [5], что в качестве центров питтингообразования в нержавеющих сталях могут выступать неметаллические включения различной природы. Относительно низколегированных сталей авторами [9, 10] установлено, что основной причиной аномально высоких скоростей коррозии нефтепромысловых трубопроводов является загрязненность стали неметаллическими включениями особого типа, вносимыми в сталь в процессе ковшевой обработки при неоптимальных технологических параметрах. Такие включения получили название коррозионно-активных неметаллических включений (КАНВ).

Однако существует мнение [7], что определяющего влияния частицы, относимые к КАНВ, на ускорение процесса локальной коррозии не оказывают. Тем не менее те же авторы [7] указывают, что неметаллические включения, независимо от их типа, влияют на стойкость к локальной коррозии, как и любая другая неоднородность, приводящая к электрохимической гетерогенности металла. Отмечается, что степень влияния каждого из них на стойкость к локальной коррозии различна.

Так как результаты исследований, проведенных различными авторами, противоречивы, вопрос о влиянии неметаллических включений (в том числе идентифицируемых в соответствии с [10] как КАНВ) на процессы локальной коррозии остается открытым.

Материал и методы исследования

Материалом исследования в данной работе являлась конструкционная низколегированная сталь марки 13ХФА, полученная по серийной технологии на ОАО «Северский трубный завод», химический состав которой приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемой стали, % по массе

C	Mn	Si	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P	Al	As	Ca	N_2
0,15	0,50	0,25	0,52	0,05	0,02	0,13	0,20	0,005	0,0010	0,02	0,008	0,0014	0,010

Примечание. * – основа Fe.

КАНВ методом травления определялись в соответствии с методикой [6]. Анализ распределения КАНВ, определяемых методом травления, производился на оптическом микроскопе «Epiphot 200» при увеличениях 200 крат.

Построение карт распределения неметаллических включений проведено на растровом электронном микроскопе Jeol JSM 6490-LV с приставкой для микроанализа Inca DryCool и программным обеспечением Inca Feature. Изучение микроструктуры отдельных включений и поперечная резка неметаллических включений осуществлялись с помощью растрового электронного микроскопа ZEISS CrossBeam AURIGA и программного обеспечения Inca Feature посредством резки ионным пучком.

Коррозионные испытания проводились методом периодического погружения в испытательном растворе, состоящем из 5,0 весовых% NaCl и 0,5 весовых% кристаллической уксусной кислоты в дистиллированной воде.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование влияния неметаллических включений на коррозионную стойкость сталей для трубной продукции включало в себя следующие этапы работы:

1) оценку загрязненности материала неметаллическими включениями (в том числе коррозионно-активными неметаллическими включениями) методикой травления;

2) построение карт расположения неметаллических включений на поверхности образца и определение их химического состава;

3) проведение коррозионных испытаний методом периодического погружения.

Определение КАНВ 1 и 2-го типов с помощью травления производилось по методике [6].

Оценка КАНВ посредством растровой электронной микроскопии (РЭМ) осуществлялась с использованием программного обеспечения (ПО) Inca Feature к растровому электронному микроскопу Jeol JSM 6490LV. Был построен набор карт распределения неметаллических включений различного химического состава на поверхности образцов из стали 13ХФА. Результаты построений представлены на рис. 1. Для классификации включений по типам использовались следующие параметры [9, 10]: Class1 – включения, содержащие O, Al, Mg, Ti, Cr, Si, Cu, Class 2 – включения, содержащие O, Al, Mg, S, Ca, Mn, сульфиды – включения, содержащие S, Ca, Mn.

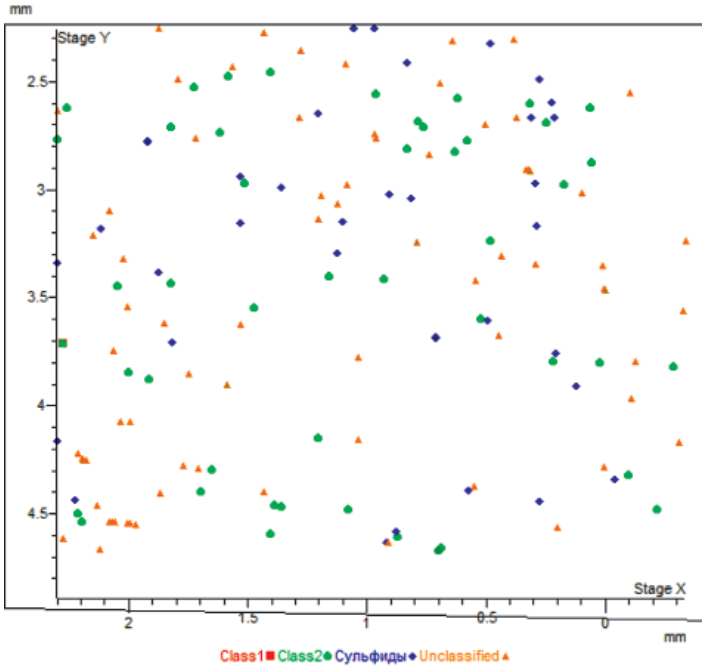


Рис. 1. Пример карты распределения неметаллических включений

Сравнение полученных данных по плотности распределения КАНВ методом травления и РЭМ показало значительное различие. Количество включений, вытравливаемых как КАНВ, в несколько раз меньше результатов, полученных при классификации по химическому составу с помощью РЭМ и ПО (рис. 2).

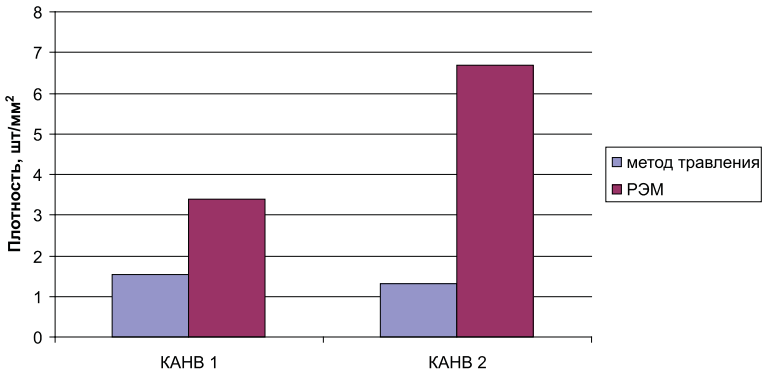


Рис. 2. Диаграмма сравнения значений плотности КАНВ, полученных методом травления и растровой электронной микроскопии на образцах после прокатки

Следовательно, в стали существуют неметаллические включения, которые по химическому составу можно отнести к КАНВ, но не представляется возможным выявить методом травления.

Для выяснения полученных результатов следующим шагом было проведено исследование отдельно выбранных неметаллических включений и определено их влияние на инициирование коррозионного разрушения.

Микроструктура неметаллических включений была изучена на плоскости шлифа и на поперечном сечении включения, полученного с помощью резки исследуемого места ионным пучком (рис. 3).

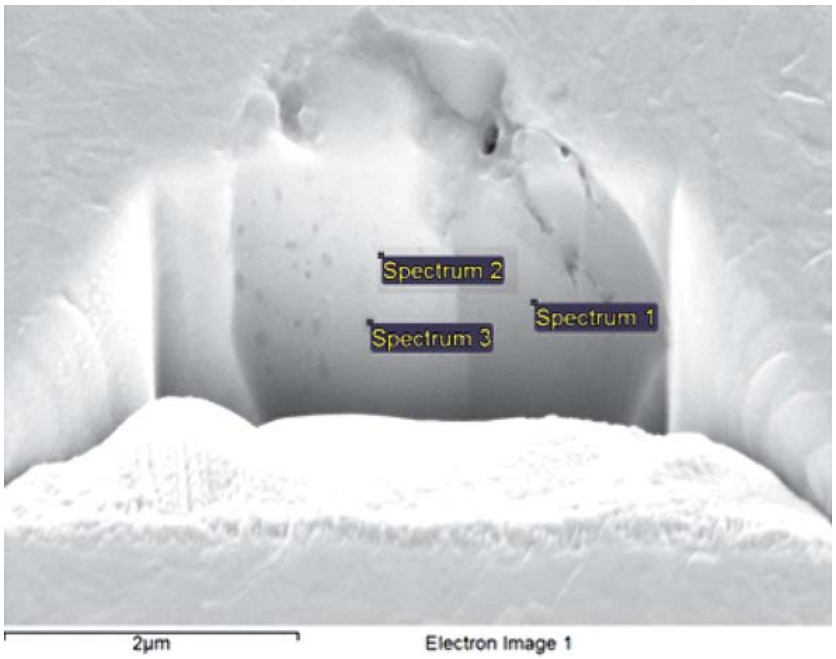


Рис. 3. Поперечное сечение неметаллического включения в стали 13ХФА: Spectrum 1 – S, Ca, Mn; Spectrum 2 – O, Mg, Al; Spectrum 3 – S, Ca

Таким образом, удалось установить, что включения в стали 13ХФА являются двухфазными и состоят отдельно из сульфидной и оксидной частей, плотно прилегающих друг к другу (см. рис. 3). Сульфидная часть представляет собой сульфид кальция с марганцем, а в оксиде алюминия с магнием (вероятнее всего магнезиальная шпинель $MgO \cdot Al_2O_3$) в некоторых случаях наблюдаются отдельные частицы сульфида кальция.

Известно [2], что в системе $MgO\text{-}Al_2O_3$ существует единственное химическое соединение $MgAl_2O_4$. Маленький размер включений (1–3 мкм) указывает на то, что включения не могли прийти из рафинирующего шлака, а образовались в процессе обезуглероживания металла [15], при том что формирование шпинельных включений может происходить даже в том случае, когда присутствие магния не фиксируется по данным химического анализа стали [3].

Наличие сульфида кальция в магнезиальной шпинели объясняется тем [1], что сера может растворяться в виде различных соединений как в сульфидных, так и в оксидных фазах.

При понижении температуры расплавленной стали ниже ликвидуса начинают выделяться сульфидные включения. При этом указывается [1], что часто их образование происходит на включениях окислов, находящихся в жидкой стали в твердом состоянии. Сульфиды главным образом выделяются в процессе кристаллизации [1, 8]. Однако сульфиды марганца образуются еще в жидкой стали, но ниже температуры начала кристаллизации. В работе [4] предположили, что так как ребро тетраэдра серы в сульфиде марганца почти в два раза больше ребра кислородного тетраэдра в магнезиальной шпинели, это благоприятствует росту отложений MnS на поверхности частиц магниевой шпинели при кристаллизации стали. Вероятно, марганцево-кальциевый сульфид образуется при дальнейшем понижении температуры расплавленной стали либо уже в твердом состоянии.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что изначально в жидкой стали формируются оксиды в виде магнезиальной шпинели, далее при начале кристаллизации на поверхности оксидного включения начинают выделяться сульфиды марганца. При дальнейшем охлаждении стали в оксидной и сульфидной части включения происходит растворение сульфида кальция.

Для выявления влияния двухфазных включений на коррозионную стойкость на поверхности материала были отмечены включения известного состава, после чего поверхность образца погружали в коррозионный раствор на 15 минут.

Исследование включений после испытаний на коррозию показало, что на месте двухфазного включения осталась только оксидная часть, а сульфидная растворилась (рис. 4).

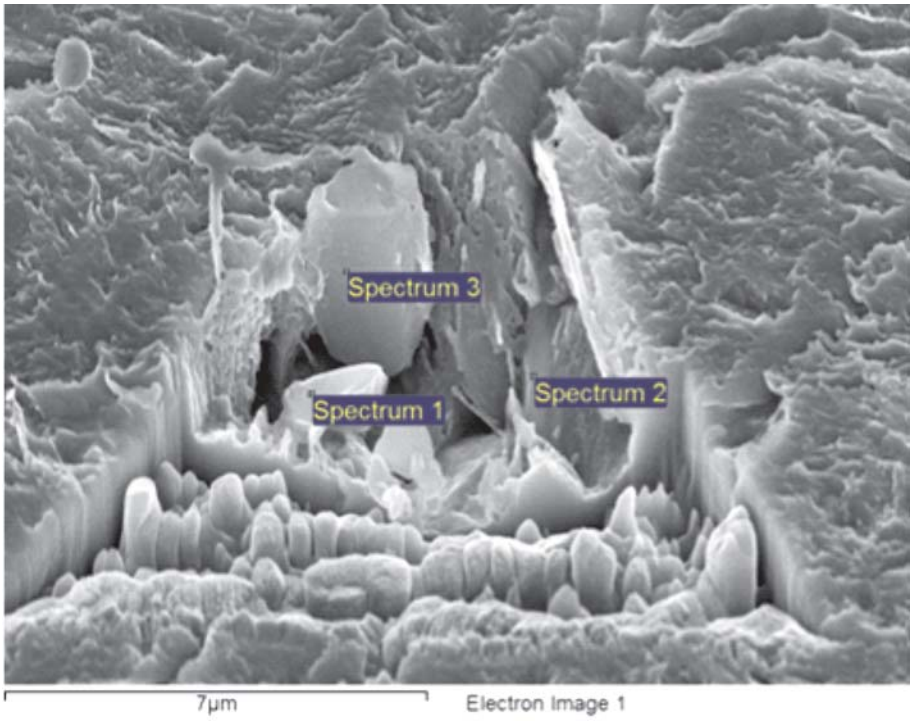


Рис. 4. Неметаллическое включение после погружения в коррозионную среду: Spectrum 1,3 – O, Mg, Al; Spectrum 2 – Fe, Cr, Mn

Подобное поведение сульфидных включений упоминалось в работе [5] при исследовании коррозионной стойкости нержавеющих сталей. Показано, что включения сульфидов или сульфоксидов марганца в стали служат предпочтительными центрами образования питтингов. Провоцирующее действие включений MnS обусловлено, по-видимому, тем, что при контакте с водными средами они легко растворяются с образованием ионов S^{2-}, которые, подобно ионам Cl^-, способны вытеснять с поверхности металла пассивирующий кислород, инициируя тем самым вторичные явления, приводящие к формированию устойчивого питтинга.

Однако исследование, проведенное в работе [13], показало, что включения сульфида марганца влияют на коррозионную стойкость нержавеющих сталей неоднозначно: растворение может происходить как самого включения, там и матрицы вокруг включения, при этом изменения химического состава (в особенности уменьшения содержания хрома) не обнаружено.

Чувствительность к питтингообразованию MnS в хлорсодержащих средах приписывают предпочтительной адсорбции Cl-ионов на этих включениях, что приводит к химическому или электрохимическому растворению сульфидов марганца [12]. Соответственно этому растворению сопутствует локальное снижение pH вокруг включения. Это локальное уменьшение pH и увеличение концентрации Cl^- приводит к образованию питтингов и формированию таких элементов, как H^+, Cl^- и HSO_3^-, которые могут находиться внутри питтинга. Рост питтинга зависит от концентрации Cl-ионов. Если она высока, то происходит ускорение в растворении железа и дальнейшие реакции гидролиза ионов железа продолжают понижать локальный pH, что ужесточает протекание коррозионных процессов.

В работе [11] проведение термодинамических расчетов позволило показать, что MnS термодинамически неустойчив в кислых средах, поэтому активно растворяется в водных средах, содержащих сероводород. CaS является термодинамически неустойчивым во всей области pH и потенциалов. Поэтому скорости растворения сульфидов кальция и марганца намного выше, чем металлической матрицы и оксидных составляющих. Таким образом, механизм локальной коррозии стали запускается на термодинамически неустойчивых сульфидах.

Выводы

Полученные результаты в ходе исследования позволяют прояснить особенности влияния неметаллических включений на снижение локальной коррозионной стойкости низколегированных трубных сталей.

Показано, что применение растровой электронной микроскопии для определения классов неметаллических включений позволяет более точно прогнозировать их влияние на процессы локальной коррозии в стали, чем применение методики травления.

Установлено, что включения в стали 13ХФА являются двухфазными и состоят из магнезиальной шпинели и сульфида кальция и марганца, плотно прилегающих друг к другу.

Определено, что причиной снижения коррозионной устойчивости является растворение сульфидной части включения на первых этапах коррозии, что и инициирует образование питтинга на месте неметаллического включения.

Список литературы

1. Виноград М.И. Включения в стали и ее свойства. – М.: Металлургиздат, 1963. – 252 с.

2. Воробьев Ю.П. Химическое взаимодействие оксидов при образовании неметаллических включений в стали // Физика и химия обработки материалов – 2007 – № 5 – С. 50–56.

3. Новые типы неблагоприятных неметаллических включений на основе $MgO\text{-}A1_2O_3$ и металлургические факторы, определяющие их содержание в металле. Часть I. Причины и механизмы образования в стали неметаллических включений на основе алюмомагниевой шпинели / А.И. Зайцев, И.Г. Родионова, Г.В. Семернин, Н.Г. Шапошников, А.Ю. Казанков // Металлург – 2011 – № 2 – С. 50–55.

4. Новые типы неблагоприятных неметаллических включений на основе $MgO\text{-}A1_2O_3$ и металлургические факторы, определяющие их содержание в металле. Часть II. Механизмы трансформации неметаллических включений на основе алюмомагниевой шпинели. Основные подходы, позволяющие снизить содержание рассматриваемых включений в стали / А.И. Зайцев, И.Г. Родионова, Г.В. Семернин, Н.Г. Шапошников, А.Ю. Казанков // Металлург. – 2011. – № 3. – С. 28–33.

5. Колотыркин Я.М. Металл и коррозия. – М.: Металлургия, 1985. – С. 88.

6. Методика оценки степени загрязненности стали коррозионно-активными неметаллическими включениями. НИФХИ им.Л.Я. Карпова. – ОАО «Северсталь», 2004. – 2 с.

7. Влияние неметаллических включений на стойкость нефтепромысловых трубопроводов к локальной коррозии / И.Ю. Пышминцев, [и др.] // Черная металлургия. – 2010. – № 1. – С. 55–60.

8. Сталь и неметаллические включения: тематический сборник № 1 / под ред. И.Н. Голикова. – М.: Металлургия, 1976. – 192 с.

9. Пути повышения стойкости против локальной коррозии трубопроводов тепловых сетей из углеродистых и низколегированных сталей / И.Г. Родионова, [и др.] // Энергетик. – 2005. – № 10. – С. 24–26.

10. Роль неметаллических включений в ускорении процессов локальной коррозии нефтепромысловых трубопроводов и других видов металлопродукции и оборудования из углеродистых и низколегированных сталей / И.Г. Родионова, [и др.] // Коррозионно-активные неметаллические включения в углеродистых и низколегированных сталях: сб. трудов научно-практического семинара. – М., 2005. – С. 7–15.

11. Термодинамика химической и электрохимической устойчивости коррозионно-активных неметаллических включений / А.Г. Тюрин, И.Ю. Пышминцев, И.В. Костицына, И.М. Зубкова // Защита металлов. – 2007. – Т. 43, №1 – С. 39–49.

12. Jeon S.-H. Effects of sulfur addition on pitting corrosion and machinability behavior of super duplex stainless steel containing rare earth metals: Part 2 / Soon-Hyeok Jeon, Soon-Tae Kim, In-Sung Lee, Yong-Soo Park // Corrosion Science. – 2010. – Vol. 52. – P. 3537–3547.

13. Schmuki P. The composition of the boundary region of MnS inclusions in stainless steel and its relevance in triggering pitting corrosion / P. Schmuki, H. Hildebrand, A. Friedrich, S. Virtanen // Corrosion Science.– 2005. – Vol. 47. – P. 1239–1250.

14. Shibata T., Corrosion. – 1996. – Vol. 52. – № 1. – P. 813.

15. YANG Shu-feng. Behavior of MgO $A1_2O_3$ Based Inclusions in Alloy Steel During Refining Process / YANG Shu-feng, LI Jing-she, ZHANG Li-feng, Kent Peaslee, WANG Zai-fei // Journal of iron and steel research, international. – 2010. – Vol. 17, № 7. – P. 1-6.

References

1. Vinograd M.I. *Vkliucheniya v stali i ee svoystva* [Inclusions in steel and its property] Moscow, Metallurgizdat, 1963. 252 p.

2. Vorobev YU.P. *Phisika I khimiya obrabotki materialov – Physics and Chemistry of Materials Treatment* 2007, no 5, pp. 50–53.

3. Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Semernin G.V., Shaposhnikov N.G., Kazankov A.YU. *Metallurg – Metallurgist* 2011, no 2, pp. 50–55.

4. Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Semernin G.V., Shaposhnikov N.G., Kazankov A.YU. *Metallurg – Metallurgist* 2011, no 3, pp. 28–33.

5. Kolotyrkin YA.M. *Metall i korroziya* [Metal and corrosion] Moscow, Metallurgiya, 1985. pp. 88.

6. *Metodika otsenki stepeni zagryaznennosti stali korrozionno-aktivnymi nemetallicheskimi vklyucheniyami* [Methodology of an assessment of steel grade nonmetallic inclusions bringing to corrosion] NIFHI im. Karpova, OAO «Severstal», 2004. pp. 2.

7. Pyshmintsev I.YU. *Chernaya metallurgiya* 2010, no 1, pp. 55–60.

8. Golikov I.N. *Stal i nemetallicheskie vklyucheniya* [Steel and nonmetallic inclusions] Moscow, Metallurgiya, 1976. pp. 192.

9. Rodionova I.G. *Jenergetik* 2005, no 10, pp. 24–26.

10. Rodionova I.G. *Trudy nauchno-prakticheskogo seminara «Korrozionno-aktivnye nemetallicheskie vklyucheniya v stali»* (Theoretical and practical seminar «Nonmetallic inclusions bringing to corrosion in steel»). Moscow, 2005. pp. 7–15.

11. Tyurin A.G., Pyshmintsev I.YU., Kostitsyna I.V., Zubkova I.M. *Zaschita metallov – Protection of Metals* 2007, Vol. 43, no 1, pp. 39–49.

12. Jeon S.-H. Effects of sulfur addition on pitting corrosion and machinability behavior of super duplex stainless steel containing rare earth metals: Part 2 / Soon-Hyeok Jeon, Soon-Tae Kim, In-Sung Lee, Yong-Soo Park // Corrosion Science Vol. 52, 2010. pp. 3537–3547.

13. Schmuki P. The composition of the boundary region of MnS inclusions in stainless steel and its relevance in triggering pitting corrosion / P. Schmuki, H. Hildebrand, A. Friedrich, S. Virtanen // Corrosion Science vol. 47, 2005. pp. 1239–1250.

14. Shibata T., Corrosion 1996, v. 52, no 1, pp. 813.

15. YANG Shu-feng. Behavior of MgO $A1_2O_3$ Based Inclusions in Alloy Steel During Refining Process / YANG Shu-feng, LI Jing-she, ZHANG Li-feng, Kent Peaslee, WANG Zai-fei // JOURNAL OF IRON AND STEEL RESEARCH, INTERNATIONAL. 2010, Vol. 17, no 7. pp. 1–6.

Рецензенты:

Шешуков О.Ю., д.т.н., доцент, заведующий лабораторией пирометаллургии черных металлов Института металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург;

Сорокин В.Г., д.т.н., профессор, заведующий лабораторией № 76 Центрального научно-исследовательского института металлургии и материалов ОАО «Центральный научно-исследовательский институт металлургии и материалов», г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 537.9

ПОЛУЧЕНИЕ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ОСАЖДЕНИЯ

Вакулов Д.Е., Вакулов З.Е., Замбург Е.Г., Ивонин М.Н., Шумов А.В.

ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет»

Ростов-на-Дону, e-mail: zamburg.evgeniy@gmail.com

Получены прозрачные проводящие нанокристаллические пленки на основе оксида цинка. Проведены исследования влияния расстояния мишень-подложка при импульсном лазерном осаждении на электрофизические параметры нанокристаллических пленок ZnO. Установлено, что с увеличением расстояния мишень-подложка подвижность электронов в полученных нанокристаллических пленках ZnO уменьшается от 24 до 13 $см^2/В·с$; удельное сопротивление увеличивается в пределах от $2,4·10^{-3}$ до $5,3·10^{-3}$ Ом·см; шероховатость уменьшается от 3,2 до 2,7 нм; средний диаметр зерна лежит в диапазоне от 76 до 82 нм. Полученные нанокристаллические пленки ZnO имеют малую шероховатость поверхности и низкое электрическое сопротивление в достаточно широком диапазоне технологических режимов, необходимых для создания прозрачных проводящих покрытий. Результаты исследований могут быть использованы при разработке чувствительных элементов сенсорных устройств, оптоэлектронных приборов, солнечных элементов, фотовольтаических преобразователей, транзисторных структур на основе прозрачных проводящих пленок ZnO.

Ключевые слова: нанотехнологии, прозрачные проводящие покрытия, нанокристаллические пленки, оксид цинка, импульсное лазерное осаждение

FORMING TRANSPARENT CONDUCTIVE NANOCRYSTALLINE ZNO FILMS BY PULSED LASER DEPOSITION

Vakulov D.E., Vakulov Z.E., Zamburg E.G., Ivonin M.N., Shumov A.V.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Southern Federal University», Rostov-on-Don, e-mail: zamburg.evgeniy@gmail.com

We have developed a technology of producing transparent conductive nanocrystalline films of ZnO. Experimental researching were carried out in the module of pulsed laser deposition at multifunctional ultrahigh nanotechnological facilities NanoFab STC-9. Exploration of the surface morplogy of ZnO films used Probe NanoLaboratory NTEGRA Vita, and Hall-effect measurements for measure electrical parameters. We have done analysis of the relationship electrical and morphological characteristics of target-substrate distance at pulsed laser deposition. It was found that increasing target-substrate distance facilitates reducing electron mobility and roughless of surface in the nanocrystalline ZnO films; resistivity increase with augmentation this distance. Transparent conductive nanocrystalline ZnO films which have been obtained, have a low surface roughness and electrical resistance in a wide range of process condition required to create transparent conductive coverage. The researching results can be used to develop sensors, optoelectronic devices, solar cells, photovoltaic inverters, transistor structures based on transparent conductive films of ZnO.

Keywords: nanotechnology, transparent conductive oxides, ZnO, nanocrystalline films, pulsed laser deposition (PLD)

Оксид цинка является одним из наиболее перспективных материалов для создания приборов наноэлектроники и наносистемной техники. Интерес обусловлен рядом электрофизических свойств ZnO: высокой температурой плавления и теплопроводностью, фоточувствительностью, пьезо- и пироэффектом, широкой запрещенной зоной, большой экситонной энергией, химической стабильностью, биологической совместимостью, что позволяет использовать ZnO в качестве прозрачного проводящего оксидного материала. Оксид цинка обладает низким удельным сопротивлением и хорошими оптическими свойствами и является одним из самых перспективных материалов для создания прозрачных проводящих покрытий [5].

Задача получения покрытий с высокой проводимостью при низких температурах подложки (ниже 300°С) и без последующей операции отжига является актуальной, например, при изготовлении многослойных покрытий солнечных батарей (так как при низкой температуре замедляются процессы взаимной диффузии слоев), или при напылении проводящих покрытий на полимерные подложки при температурах, не превышающих температуру размягчения материала.

Однако разработанные к настоящему времени способы термического испарения обеспечивают получение прозрачных проводящих пленок на основе ZnO с низким удельным сопротивлением только при температуре выше температуры размягчения полимерных подложек, что ограничивает область их возможного применения [4].

Целью работы является получение прозрачных проводящих нанокристаллических пленок на основе оксида цинка методом импульсного лазерного осаждения.

Материалы и методы исследования

Одним из наиболее перспективных методов получения наноструктурированных пленок оксидов является метод импульсного лазерного осаждения (ИЛО) [2]. В ходе ИЛО происходит распыление мишени в вакууме импульсами лазера и осаждение материала мишени на подложку, как показано на рис. 1. Достоинствами этого метода является простота реализации, высокая скорость напыления, одинаково хорошее испарение всех химических элементов, содержащихся в мишени [3]. При испарении мишеней при определенных условиях можно получить пленку необходимого стехиометрического состава.

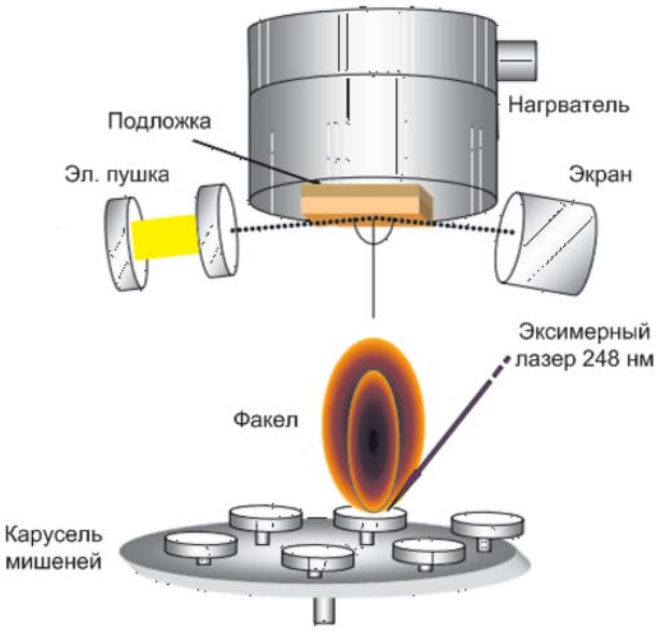


Рис. 1. Схема метода ИЛО

Электрофизические свойства нанокристаллических пленок оксида цинка зависят от энергии испаренных частиц, которая регулируется изменением расстояния мишень-подложка при ИЛО [1].

Экспериментальные исследования проводились в модуле импульсного лазерного осаждения многофункционального сверхвысоковакуумного нанотехнологического комплекса НАНОФАБ НТК-9 (ЗАО «НТ – МДТ», Зеленоград), представленного на рис. 2.

Рис. 2. Модуль ИЛО многофункционального сверхвысоковакуумного нанотехнологического комплекса НАНОФАБ НТК-9

Для исследований морфологии поверхности пленок ZnO использовалась Зондовая Нанолаборатория NTEGRA Vita (ЗАО «НТ – МДТ», Зеленоград). Измерения электрических параметров проводились с помощью системы измерений эффекта Холла HMS-3000 (EcopiaCorp., Корея).

Камера модуля импульсного лазерного осаждения откачивалась с помощью турбомолекулярного насоса до давления $1 \cdot 10^{-6}$ Торр. Осаждение ZnO проводилось на ситалловые подложки размером 1,5×1,5 см. Плотность энергии лазерного излучения на поверхности мишени ZnO составляла 2 Дж/см^2, длина волны лазерного излучения 248 нм, длительность импульса 20 нс. Расстояние мишень-подложка изменялось в диапазоне 75–135 мм.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного эксперимента получены нанокристаллические пленки n-ZnO, АСМ-изображения которых представлены на рис. 3.

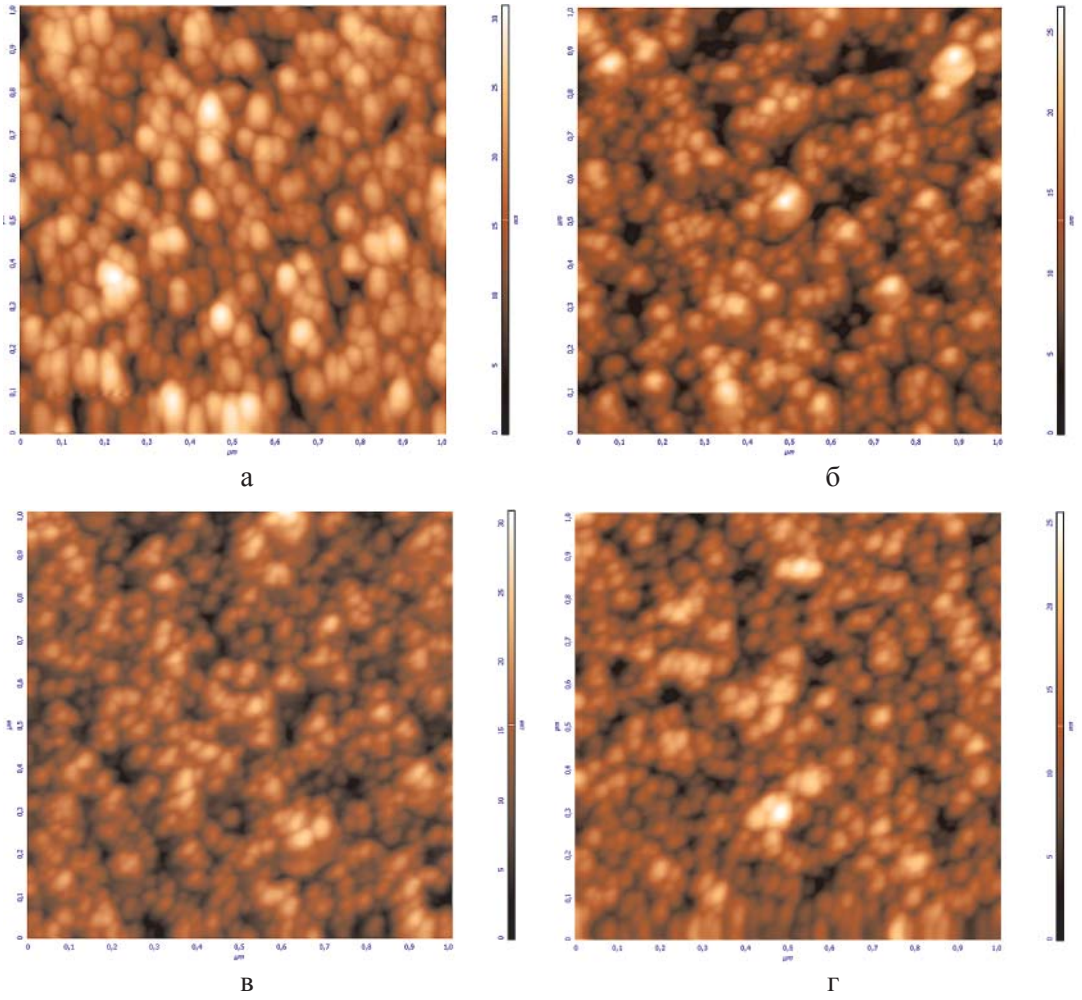


Рис. 3. АСМ-изображения нанокристаллических пленок ZnO, полученных при расстоянии мишень-подложка 75 мм (а), 85 мм (б), 95 мм (в), 135 мм (г)

Установлено, что с увеличением расстояния мишень-подложка подвижность электронов в полученных нанокристаллических пленках ZnO уменьшается от 24 до 13 см^2/В·с; удельное сопротивление увеличивается в пределах от $2{,}4 \cdot 10^{-3}$ до $5{,}3 \cdot 10^{-3}$ Ом·см; шероховатость уменьшается от 3,2 до 2,7 нм; средний диаметр зерна лежит в диапазоне от 76 до 82 нм. Данные зависимости представлены на рис. 4. Таким образом, параметры полученных прозрачных проводящих нанокристаллических пленок ZnO являются стабильными в широком диапазоне технологических режимов.

Полученные нанокристаллические пленки ZnO имеют малую шероховатость поверхности и низкое электрическое сопротивление в достаточно широком диапазоне технологических режимов, необходимых для создания прозрачных проводящих покрытий. Таким образом, при совмещении технологии создания структур с использованием прозрачных проводящих покрытий на основе ZnO с кремниевой технологией снижаются требования к выбору режимов.

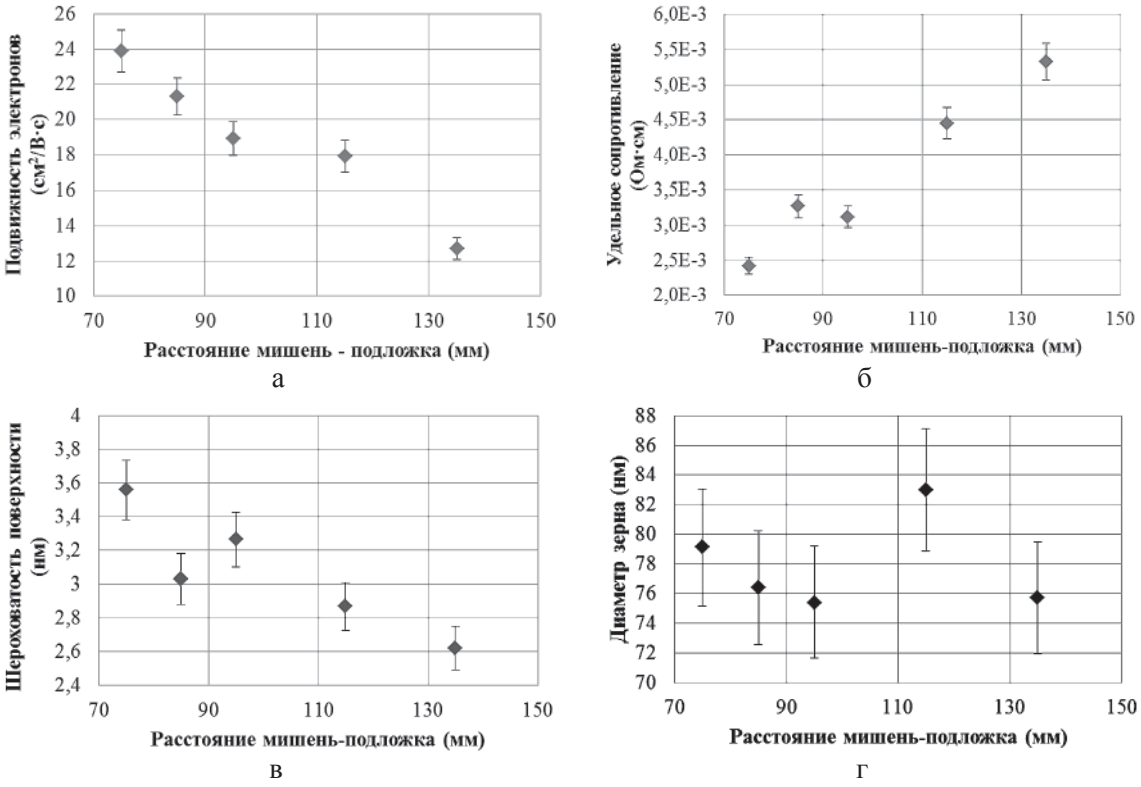


Рис. 4. Зависимость подвижности электронов (а), удельного сопротивления (б), шероховатости поверхности (в), диаметра зерна (г) нанокристаллических пленок ZnO от расстояния мишень-подложка

Заключение

Полученные результаты могут быть использованы при разработке чувствительных элементов сенсорных устройств, оптоэлектронных приборов, солнечных элементов, фотовольтаических преобразователей, транзисторных структур на основе прозрачных проводящих пленок ZnO.

Работа выполнена при поддержке государственными соглашениями № 14.A18.21.0107, № 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. Получение наноразмерных структур на основе нанотехнологического комплекса НАНОФАБ НТК–9 / О.А. Агеев, А.С. Коломийцев, А.В. Михайличенко, В.А. Смирнов, В.В. Пташник, М.С. Солодовник, А.А. Федотов, Е.Г. Замбург, В.С. Климин, О.И. Ильин, А.Л. Громов, А.В. Рукомойкин // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011.– Т. 114. – № 1.– С. 109–116.

2. Коноплев Б.Г., Агеев О.А. Элионные зондовые нанотехнологии для микро- и наносистемной техники // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 12 (89). – С. 165–175.

3. Caricato A.P., Creti A., Luchesa A., Lomascolo M., Martino M., Rella R., Valerini D. Zinc Oxide Nanostructured Layers for Gas Sensing Applications // Laser Physics. – 2011.– Т 21.– №3. – P. 588–597.

4. May-Smith T. Pulsed laser deposition of thick multilayer garnet crystal films for waveguide laser devices // Thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Southhampton. – 2005. – P. 31.

5. Zhong Lin Wang. ZnO nanowire and nanobelt platform for nanotechnology // Materials Science and Engineering R. – 2009.– № 64. – P. 33–71.

References

1. Ageev O.A., Kolomijcev A.S., Mihajlichenko A.V., Smirnov V.A., Ptashnik V.V., Solodovnik M.S., Fedotov A.A., Zamburg E.G., Klimin V.S., Il'in O.I., Gromov A.L., Rukomojkin A.V., Izvestija Juzhnogo federal'nogo universiteta. Tehnicheskie nauki, 2011, T. 114, no. 1, pp. 109 –116.

2. Konoplev B.G., Ageev O.A., Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki, 2008, no. 12 (89), pp. 165–175.

3. Caricato A. P., Creti A., Luchesa A., Lomascolo M., Martino M., Rella R., Valerini D., Laser Physics, 2011, T. 21, no. 3, pp. 588–597.

4. May-Smith T., Thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Southhampton, 2005, p.31.

5. Zhong Lin Wang, Materials Science and Engineering R., 2009, no. 64, pp. 33–71

Рецензенты:

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии, Физико-математического факультета, ФГБОУ ВПО «Таганрогский государственный педагогический институт имени А.П. Чехова, г. Таганрог;

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 629.7.016.3

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ПОВЫШЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ

Ветров В.В., Дунаев В.А., Костяной Е.М., Морозов В.В.

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», Тула, e-mail: ekostyanoy@gmail.com

Рассмотрен комплекс решений, направленных на повышение дальности полета летательных аппаратов (ЛА) ближней зоны. Предложенные решения структурированы в виде концепции, включающей в себя энергобаллистическое и аэробаллистическое направления. Предметом исследования являлась совокупность взаимосвязанных физических процессов, характеризующих функционирование новых технических решений на ЛА рассматриваемого класса с учетом их специфики. Инструментарий исследования представлен набором математических моделей, описывающих газодинамические процессы, процессы упруго-пластического деформирования, процесс функционирования прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ПВРД), движение ЛА по траектории в нестационарных внешних условиях. Указанные модели численно реализованы в виде специализированных программных комплексов. Результаты исследований представлены в виде количественных оценок, отражающих приращение дальности полета при различных уровнях дополнительных энергозатрат. Для классических решений показана целесообразность комбинации ракетного двигателя на твердом топливе, донного газогенератора и участка планирования. Для ЛА, исключающих использование дополнительной бортовой энергетики, обосновано новое техническое решение: трансформируемый кормовой обтекатель. Наибольшее приращение дальности полета получено для комбинации ПВРД и участка планирования с оптимальным аэродинамическим качеством.

Ключевые слова: баллистическая эффективность, трансформируемый кормовой обтекатель, прямоточный воздушно-реактивный двигатель, планирование, донный газогенератор, ракетный двигатель на твердом топливе

REALIZATION OF THE CONCEPT INCREASING THE BALLISTIC EFFICIENCY OF SHORT RANGE MISSILES

Vetrov V.V., Dunaev V.A., Kostyanoy E.M., Morozov V.V.

Tula state university, Tula, e-mail: ekostyanoy@gmail.com

The complex of solutions aimed at increasing the flight range of short range missile is considered. The proposed decisions are structured as the concept including an aeroballistics direction and direction focused on additional energy. The subject of research is combination of interrelated physical processes that characterize the functioning of the new engineering solutions for this class of missile. Research tools represented by a set of mathematical models describing the gas dynamics, the processes of plasto-elastic deformation, process of functioning ramjet, the movement of missile on a trajectory in nonstationary external conditions. These models numerically realized in the form of specialized software packages. Results are presented in the form of quantitative assessments showing the increase range for different levels of additional expenditures of energy. The combination of solid propellant rocket engine, base bleed and program gliding is recommended for classical solutions. A new technical solution (convertible rear fairing) substantiated for missile without additional onboard energy. The largest increment range is obtained for the combination of ramjet and program gliding with optimal lift-drag ratio.

Keywords: ballistic efficiency, convertible rear fairing, ramjet, gliding, base bleed, solid-propellant rocket engine

Для летательных аппаратов (ЛА) вообще и ЛА ближней зоны в частности одной из фундаментальных задач, не теряющих своей актуальности с течением времени, является увеличение дальности полета при сохранении на неизменном уровне габаритно-массовых параметров, а также массы целевого груза [5]. Иными словами, данную задачу можно сформулировать как повышение баллистической эффективности, то есть эффективности использования энергетического потенциала ЛА на траектории для обеспечения максимальной дальности полета при наличии системы габаритно-массовых ограничений. Существует широкий спектр решений, базирующихся на различных вариантах технической реализации и физических принципах. Авторами статьи предложена концепция повышения баллистической эффективности ЛА ближней зоны, в рамках которой разработана системная совокупность возможных проектных решений, ее реализующих [5]. Суть данной концепции заключается в построении иерархической классификации способов и устройств с позиций структуры энергетического потенциала ЛА (рис. 1). Данная концепция подразумевает количественные оценки, характеризующие каждое из возможных решений, и выбор на этой основе проектных приоритетов. Это и является основной целью проводимых исследований. Получение таких оценок сопряжено с решением ряда научных задач в области газовой динамики, внешней баллистики и механики деформируемого твердого тела, специфика которых обусловлена экстремальными условиями функционирования объекта исследования.

Концепция повышения баллистической эффективности ЛА ближней зоны

Характерными особенностями объекта исследования являются активный старт за счет использования метательного заряда, продолжительный энергопассивный участок траектории, существенно нестационарные условия функционирования (высота полета может изменяться в диапазоне 0–30 км, скорость полета в интервале 150–1200 м/с). Во многом именно этими особенностями обусловлены способы повышения баллистической эффективности, представленные на рис. 1.

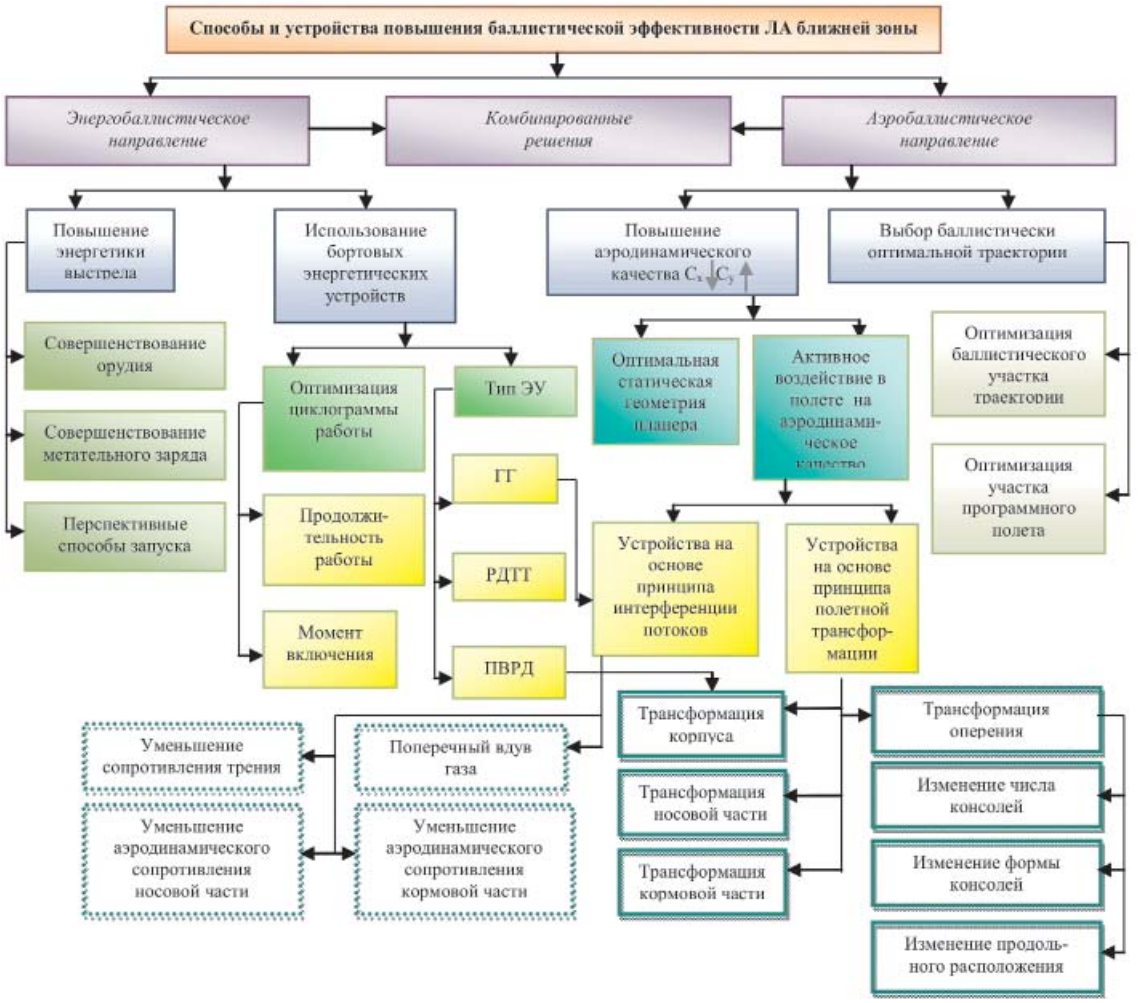


Рис. 1. Классификация способов повышения баллистической эффективности ЛА ближней зоны

В рамках концепции повышения баллистической эффективности ЛА ближней зоны выделено два основных направления: энергобаллистическое и аэробаллистическое. Первое из них ориентировано на рациональное повышение энергетического потенциала ЛА по сравнению с энергетическим потенциалом прототипа. Второе направление подразумевает то, что энергетический потенциал ЛА неизменен и за счет определенных мероприятий необходимо с максимальной эффективностью использовать его для получения наибольшей дальности. При этом существуют решения, которые занимают промежуточное положение (например, использующие принцип интерференции газовых потоков). В рамках проводимого исследования детально рассмотрены следующие решения, направленные на повышение баллистической эффективности ЛА ближней зоны:

1) донный газогенератор (ДГГ), предназначенный для снижения донного сопротивления ЛА;

2) ракетный двигатель на твердом топливе (РДТТ);

3) комбинация РДТТ + ДГГ;

4) прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ПВРД) на твердом топливе;

5) трансформируемый кормовой обтекатель (ТКО) [1];

6) участок программного полета (планирования), на котором реализуется движение

с оптимальным аэродинамическим качеством [5];

7) комбинация РДТТ + ДГГ + планирование;

8) комбинация ПВРД + планирование.

Инструментарий исследования

В качестве количественного показателя, отражающего баллистическую эффективность того или иного решения, рассматривалось относительное приращение дальности полета по сравнению с базовым вариантом, на котором анализируемое решение не применялось. Получение данных количественных оценок сопряжено с комплексными исследованиями, отражающими как баллистическую эффективность применяемых решений, так и аспекты, связанные с функциональной надежностью устройств, эти решения реализующих. Кроме того, зачастую необходимы многовариантная и оптимизационная постановки задачи, что предъявляет особые требования к инструментарию исследования с точки зрения вычислительных ресурсов. В результате сформировалась совокупность используемых математических моделей, включающая в себя модели газодинамических процессов; модели упруго-пластического деформирования; модели, описывающие функционирование ПВРД; модели движения ЛА в нестационарных внешних условиях. Между данными моделями в зависимости от рассматриваемых способов и устройств установлена сложная система взаимосвязей, общий характер которой представлен на рис. 2.

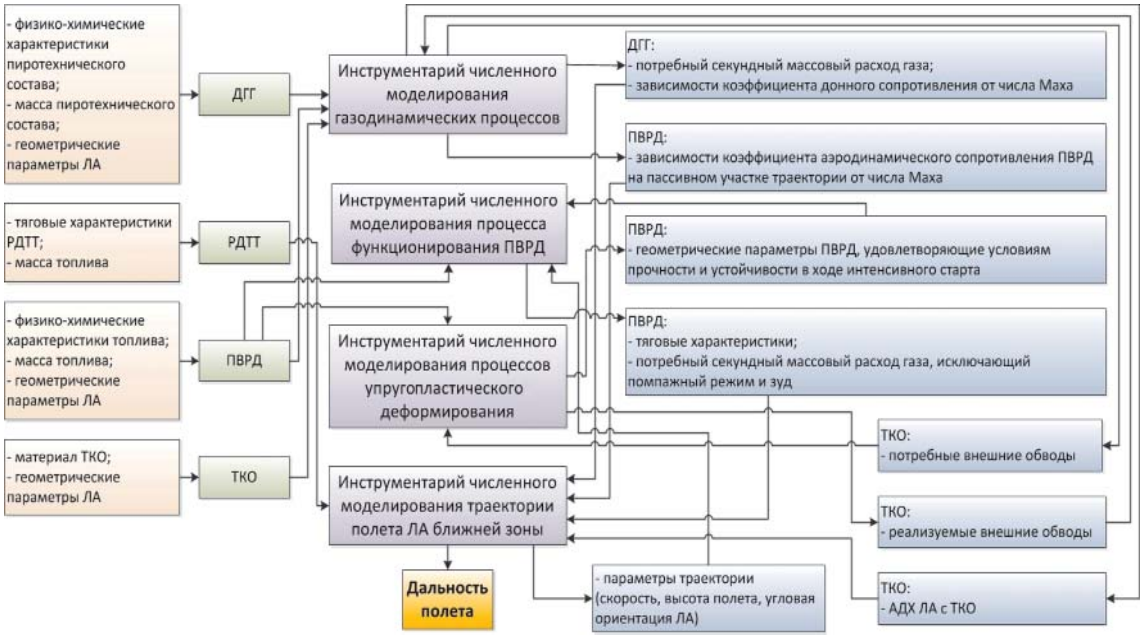


Рис. 2. Структура взаимосвязей между математическими моделями, реализующими инструментарий исследования

В основу математической модели газодинамических процессов положены уравнения движения вязкого теплопроводного газа, дополненные соотношениями для полуэмпирической двухпараметрической диссипативной модели турбулентности [6]. Численная реализация математической модели выполнена с использованием модифицированного метода крупных частиц и оформлена в виде программных комплексов «Вычислительная газодинамическая лаборатория» (свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 11593), «Газовая динамика 3D» (свидетельство о государственной регистрации № 2011610343) и препроцессора для подготовки расчетных сеток «Сеточный генератор» (свидетельство о государственной регистрации № 2010617955).

Для решения задач неизотермического упругопластического деформирования элементов конструкций использована формулировка метода конечных элементов, основывающаяся на отыскании поля перемещений, обеспечивающего минимизацию функционала полной потенциальной энергии системы (функционала Лагранжа). С целью выполнения численных расчетов динамического процесса деформирования применена дискретизация по времени, для чего использованы метод конечных разностей и неявная разностная схема. Указанные модели численно реализованы в виде программного комплекса для моделирова-

ния динамики неизотермического упругопластического деформирования.

Описание процесса функционирования ПВРД с учетом необходимости решения многовариантных и оптимизационных задач выполнено на базе упрощенных соотношений, базирующихся на законах сохранения массы, количества движения и энергии [4], учитывающих уравнение состояния, зависимости из теорий конических течений, косых скачков уплотнения и волн разрежения, а также эмпирические соотношения для пограничного слоя. Численная реализация указанных моделей осуществлена в виде подпрограммы, интегрированной в программу расчета траектории полета ЛА ближней зоны.

Для расчета траектории полета ЛА в воздушной среде использована классическая система уравнений движения. Программа, численно реализующая систему уравнений движения, является модулем, интегрирующим все используемые модели и позволяющим от промежуточных характеристик (аэродинамические коэффициенты, секундный массовый расход, тяга и т.д.) перейти к итоговому количественному показателю – дальности полета.

Результаты исследований

Для сравнения всех вариантов между собой целесообразно одновременно отразить как приращение дальности полета, так и дополнительные энергозатраты, это приращение обеспечивающие (рис. 3). Поскольку в рассматриваемых вариантах дополнительные энергозатраты реализуются за счет применения бортовых энергетических устройств, использующих в качестве источника энергии твердое ракетное топливо либо пиротехнический состав, вместо энергетических характеристик приведена масса топлива (пиротехнического состава), отнесенная к полной массе ЛА. В качестве базового уровня, к которому отнесена дальность полета, принята баллистическая дальность полета прототипа, не оснащенного устройствами для повышения дальности.

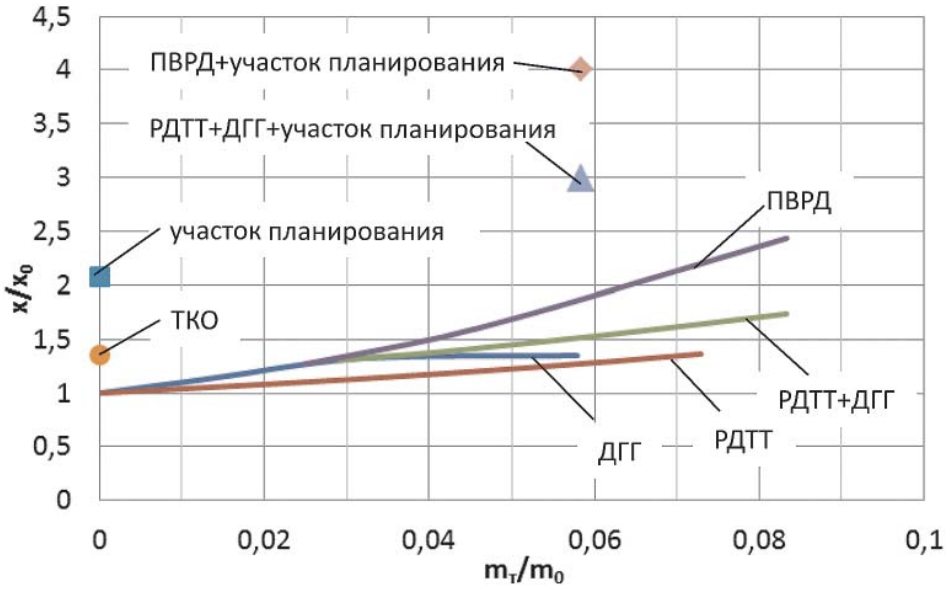


Рис. 3. Зависимость дальности полета от относительной массы топлива (пиротехнического состава) для разных способов повышения баллистической эффективности ЛА ближней зоны

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение РДТТ целесообразно только в случае больших масс топлива (свыше 6 % от полной массы ЛА). При меньших массах топлива рациональнее использовать ДГГ, конкуренцию которому составляет ТКО, преимуществом которого является отсутствие зависимости приращения дальности полета от массы пиротехнического состава, что имеет место в варианте с ДГГ. В предельном случае ДГГ позволяет увеличить дальность полета в 1,35 раза, что соответствует результату, получаемому в случае применения ТКО. Следует отметить, что ТКО прошел не только теоретическое обоснование баллистической эффективности его применения, но также рассматривался с позиций функциональной надежности устройства [2]. Значительный резерв по увеличению дальности полета сосредоточен в реализации участка планирования, позволяюще-

го в полной мере использовать потенциал управляемого ЛА (дальность полета может быть увеличена в 2,07 раза по сравнению с базовым ЛА).

Также показана целесообразность комбинации РДТТ и ДГГ, в случае реализации которой дальность полета оказывается выше, чем для РДТТ либо ДГГ, работающих по отдельности, при неизменной общей массе топливного заряда (пиротехнического состава).

Применение ПВРД является наиболее эффективным с точки зрения дальности полета решением среди всех вариантов, касающихся использования дополнительной бортовой энергетики. При этом необходимо отметить, что из-за габаритных ограничений прототипа рассматривался вариант ПВРД, базирующийся на использовании принципа полетной трансформации для организации необходимой камеры дожигания [3].

Сочетание участка планирования с оптимальным аэродинамическим качеством и способов, связанных с использованием дополнительной бортовой энергетики, позволяет выйти на новый уровень дальностей полета. Для одного из рассмотренных вариантов, который приведен на рис. 3, применение ПВРД дает возможность увеличить базовую дальность полета в 1,87 раза, а добавление участка планирования позволяет повысить это значение еще в 2,13 раза, что в конечном итоге приводит к четырехкратному увеличению дальности полета базового варианта.

Выводы

1. Возможные пути развития ЛА ближней зоны систематизированы в рамках концепции повышения баллистической эффективности.

2. Для реализации концепции повышения баллистической эффективности создан инструментарий исследований, включающий в себя современные средства численного моделирования газодинамических процессов, процессов неизотермического упругопластического деформирования, процессов функционирования ПВРД и движения ЛА по траектории в нестационарных внешних условиях.

3. Классические решения в виде РДТТ и ДГГ выполнили свою историческую функцию и позволили сделать шаг в направлении увеличения дальности полета ЛА ближней зоны, однако им на смену приходят новые варианты, такие как ТКО, по своей эффективности не уступающий ДГГ (обеспечивает приращение дальности полета в 1,35 раза по сравнению с базовым вариантом), но при этом улучшающий динамические свойства ЛА и не зависящий с точки зрения габаритно-массовых параметров от продолжительности полета.

4. Использование участка планирования с оптимальным аэродинамическим качеством позволяет увеличить дальность полета по сравнению с баллистической траекторией в 1,8–2,2 раза.

5. Краткосрочная перспектива развития ЛА ближней зоны связана с комбинацией классических решений (РДТТ + ДГГ) и оптимизацией участка планирования в направлении обеспечения полета на нем с оптимальным аэродинамическим качеством.

6. Долгосрочная перспектива развития ЛА ближней зоны обусловлена сочетанием наиболее эффективных решений, представляющих энергобаллистическое и аэробаллистическое направления совершенствования ЛА ближней зоны. Согласно проведенным исследованиям таким сочетанием является ПВРД и участок планирования с оптимальным аэродинамическим качеством.

7. Жесткие габаритно-массовые ограничения приводят к необходимости поиска и научного обоснования нетривиальных схемно-компоновочных решений, позволяющих реализовать указанное в пункте 6 сочетание. Именно в этом направлении целесообразно сконцентрировать дальнейшие исследования. Необходимо отметить, что теоретическое обоснование данных решений потребует развития инструментария исследования в направлении описания сложных газовых течений смешанного типа с учетом химических реакций, а также процессов импульсного динамического нагружения элементов конструкции сложной конфигурации.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Способ увеличения дальности полета артиллерийского снаряда и устройство для его реализации: патент РФ №2251068. 2007 / Л.И. Алешичева, В.В. Ветров, В.П. Елесин, В.В. Морозов. – Бюл. № 23.

2. Ветров В.В., Дунаева И.В., Панферов П.В. Использование деформируемых кормовых частей в рамках концепции повышения баллистической эффективности снарядов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Вып.2. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – С. 212–216.

3. Ветров В.В., Костяной Е.М. Использование принципа полетной трансформации при реализации управляемого артиллерийского снаряда с ракетно-прямоточным двигателем // Фундаментальные основы баллистического проектирования: III Всероссийская научно-техническая конференция. Санкт-Петербург, 2–6 июля 2012 г.: Сборник материалов. В 2 т. Т. 1 / под ред. Б.Э. Кэрта; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2012. – С. 19–23.

4. Интегральные прямоточные воздушно-реактивные двигатели на твердых топливах (Основы теории и расчета) / В.Н. Адександров, В.М. Быцкевич, В.К. Верхоломов и др. – М.: Академкнига, 2006. – 343 с.

5. Способы повышения баллистической эффективности артиллерийских управляемых снарядов / В.И. Бабичев, В.В. Ветров, В.П. Елесин и др. // Известия РАРАН. – 2010. – Вып. 3(65). – С. 3–9.

6. Chen Q. Comparison of different k-ε models for indoor air flow computations // Numerical Heat Transfer. – 1995. – Part B, Vol. 28. – P. 353–369.

References

1. Aleshicheva L.I., Vetrov V.V., Elesin V.P., Morozov V.V. Patent of Russian Federation no. 2251068.

2. Vetrov V.V., Dunaeva I.V., Panferov P.V. *Izvestija Tul-GU. Tehnicheskie nauki*, 2011, Vol. 2, pp. 212–216.

3. Vetrov V.V., Kostyanoy E.M. *Fundamental'nye osnovy ballisticheskogo proektirovanija: III Vserossijskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija* (Fundamental bases of ballistic design: III All-Russian scientific and technical conference). St. Petersburg, 2012, pp. 19–23.

4. Aleksandrov V.N., Bitskevich V.M., Verkholomov V.K., Graminetskiy M.D., Dulepov N.P., Skibin V.A., Surikov E.V., Khilkevich V.Ya., Yanovskiy L.S. *Integral'nye prjamotochnye vozdushno-reaktivnye dvigateli na tverdyh toplivah (Osnovy teorii i rascheta)* (Integral solid fuel ramjets (Theory and design)). Moscow, Akademkniga, 2006. 343 p.

5. Babichev V.I., Vetrov V.V., Elesin V.P., Kolikov A.A., Kostyanoy E.M. *Izvestija RARAN*, 2010, no. 3(65), pp. 3–9.

6. Chen Q. Comparison of different k-ε models for indoor air flow computations. Numerical Heat Transfer. 1995, Part B, Vol. 28. pp. 353–369.

Рецензенты:

Устинов Л.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Ракетное вооружение» Тульского государственного университета, г. Тула;

Стреляев С.И., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Ракетное вооружение» Тульского государственного университета, г. Тула.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 612.398.11

ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНОВЫХ БЕЛКОВ: ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ТЕПЛО-МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

[1]Глотова И.А., [2]Ряжских В.И., [1]Галочкина Н.А., [1]Макаркина Е.Н., [1]Галочкин М.Н.

[1]ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Воронеж, e-mail: glotova-irina@yandex.ru, apelsinka1988-88@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, e-mail: post@vsuet.ru

Предложен формализованный подход к расчету режимных параметров диффузионных процессов при получении дисперсных систем на основе коллагеновых белков животных тканей путем ферментативного гидролиза балластных биополимеров и последующего извлечения их из измельченных субстратов. На первом этапе разработки физико-математической модели оценивали характер процесса теплообмена, решая задачу о теплопроводности однородной среды с известными теплофизическими характеристиками. При выполнении конкретного участка исследований за основу было взято уравнение теплопроводности в диапазоне 37–40°С. При этом опирались на предположение, что измельченная компонента смеси в дисперсии является сферической геометрической формой. При количественной оценке процессов диффузии белков из элементов коллагенсодержащего сырья исходили из решения дифференциального уравнения диффузии шаровой симметричной задачи с соответствующими краевыми условиями, а также дифференцированием по параметру на основании правила Лейбница. Представлена концентрационная характеристика извлечения балластных белковых фракций из элемента измельчения коллагенсодержащего сырья при обработке ферментными препаратами общепротеолитического действия. Полученные соотношения позволяют прогнозировать степень очистки коллагеновых полупродуктов от балластных белков и оптимизировать технологические режимы с учетом требований к целевому продукту по степени очистки от балластных биополимеров в структуре нативных коллагенсодержащих тканей при переработке сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: диффузионный процесс, коллаген, формализованный подход, протеолитическая активность, балластная белковая фракция

RECEIVING FUNCTIONAL DISPERSE SYSTEMS ON THE BASIS OF COLLAGENIC PROTEINS: THE FORMALIZED APPROACH TO THE DESCRIPTION WARM MACCOOБМЕННЫХ PROCESSES

[1]Glotova I.A., [2]Ryazhskih V.I., [1]Galochkina N.A., [1]Makarkina E.N., [1]Galochkin M.N.

[1]Voronezh State Agricultural University after Emperor Peter the Great, Voronezh, e-mail: glotova-irina@yandex.ru, apelsinka1988-88@mail.ru;

[2]Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh, e-mail: post@vsuet.ru

The formalized approach to calculation of regime parameters of diffusive processes when receiving disperse systems on the basis of collagenic proteins of animal fabrics by a way of fermentativ hydrolysis of ballast biopolymers and their subsequent extraction from the crushed substrats is offered. Objects of research were industrial fermental preparations of a domestic production from microbic sources (Bacillus subtilis, Bacillus megaterium), from animal sources with processing cattle (pepsin, pancreatinum) and from hydrobionts (gepato-pankreas of the Kamchatki crab) which choice is based on a comparative assessment of biochemical and physical and chemical properties of fermental complexes with processing of kollagenso-holding raw materials of the meat industry. At the first development stage of physical and mathematical model estimated nature of process of heat exchange, solving a problem about heat conductivity of a homogeneous environment with known heatphysical characteristics. At performance of a concrete site of researches the heat conductivity equation was taken for a basis in a range of 37–40 degrees. Thus were guided by the assumption that crushed a mix component in dispersion is a spherical geometrical form. At a quantitative assessment of processes of diffusion of proteins from elements of substances containing collagen the solution of the differential equation of diffusion of a spherical symmetric task with the corresponding regional conditions, and also differentiation on parameter on the basis of Leibniz's rule started with. The concentration characteristic of extraction of ballast albuminous fractions from an element of crushing of substances containing collagen is presented when processing by fermental preparations of all-proteolytic action. The received ratios allow to predict extent of cleaning of collagenic semi-products from ballast proteins and to optimize technological modes taking into account requirements to a target product on extent of cleaning of ballast biopolymers in structure of nativny substances containing collagen when processing agricultural animals.

Keywords: diffusive process, the collagen, the formalized approach, proteolytic activity, ballast albuminous fraction

Для реализации потенциала коллагеновых белков как элементов самоорганизующихся биополимерных систем необходимо решить проблему выделения из животных тканей и очистки коллагеновых ингредиентов. Ресурсная обеспеченность источников коллагена достигается за счет побочных продуктов переработки сельскохозяйственных животных [1]. Для обработки с целью модификации состава и свойств биополимерных систем в их составе интерес и перспективу представляют биохимические и физико-химические методы [5, 8].

Гетерогенный характер общей белковой фракции коллагенсодержащих животных тканей обусловливает необходимость этапа их специфической предварительной подготовки для очистки от балластных компонентов и разрыхления структуры преимущественно за счет разрыва поперечных межфибриллярных связей путем химического (известковое золение, кислотное набухание, щелочно-солевая обработка) и ограниченного ферментативного гидролиза [3].

Цель работы – обоснование формализованного подхода к расчету режимных параметров диффузионных процессов при получении дисперсных систем на основе коллагеновых белков животных тканей путем ферментативного гидролиза балластных биополимеров и последующего извлечения их из измельченных субстратов.

Объектами исследования служили промышленные ферментные препараты отечественного производства из микробных источников (Bacillus subtilis, Bacillus megaterium), животных источников при переработке крупного рогатого скота (пепсин, панкреатин) и гидробионтов (гепатопанкреас камчатского краба), выбор которых основан на сравнительной оценке биохимических (таблица) и физико-химических свойств ферментных комплексов применительно к обработке коллагенсодержащего сырья мясной промышленности [1].

Общую протеолитическую активность (ПА) ферментных препаратов находили модифицированным методом Ансона [6] с использованием в качестве субстрата казеина по Гаммерстену при pH 7,2. За единицу ПА принимали количество фермента, которое за 1 минуту при 30°С катализировало переход в неосаждаемое трихлоруксусной кислотой состояние количество казеина по Гаммерстену, содержащее 1 мкмоль тирозина.

Коллагеназную активность – по содержанию оксипролина в смеси, образовавшегося в результате действия фермента на нативный коллаген в фосфатном буферном растворе при температуре 37°С, pH 7,2, соотношении фермент – субстрат 1:1000, продолжительности инкубирования смеси 18 ч. Оксипролин определяли в соответствии с рекомендациями [7].

При выполнении работы следовали стадиям математического моделирования как классической методологии научного исследования, в основе которой лежит рассмотрение сложного объекта в виде целостного множества элементов в совокупности внутренних отношений и связей между ними.

На первом этапе разработки физико-математической модели оценивали характер процесса теплообмена, решая задачу о теплопроводности однородной среды с известными теплофизическими характеристиками [2].

При количественной оценке процессов диффузии белков из элементов коллагенсодержащего сырья исходили из решения дифференциального уравнения диффузии шаровой симметричной задачи с соответствующими краевыми условиями [4], а также дифференцированием по параметру на основании правила Лейбница [2].

Биохимическая характеристика ферментных комплексов препаратов

Ферментный препарат	Источник	Активность		
		общая протеолитическая, ед./г	коллагенолитическая, ед. оптической плотности/мг	липолитическая, ед./г
Протосубтилин Г10х	Bacillus subtilis	400	0,17	-
Пепсин	Слизистая желудка	30	0,01	-
Трипсин	Поджелудочная железа	240	0,01	-
Панкреатин	Поджелудочная железа	120	0,13	40000
Мегатерин Г10х	Basillus Megaterium	700	0,07	20000
Коллагеназа пищевая	Гепатопанкреас камчатского краба	125	0,30	-

Количественная оценка сродства протеолитических ферментов в составе препаратов отечественного производства (протосубтилин Г10х, СТП 100-02-88, мегатерин Г10х, ТУ 00479942-002-94, коллагеназа из гепатопанкреаса камчатского краба, ТУ 9158-002-11734126-94) к специфическим субстратам при биомодификации белков вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности показывает, что по степени сродства к коллагеновым субстратам ФП располагаются в порядке убывания: коллагеназа > мегатерин > протосубтилин, причем сродство препарата коллагеназы к нативным коллагеновым субстратам превосходит сродство к модифи-

цированым путем жидкостных химических обработок (гольевой спилок шкур КРС). Сравнительно низкое сродство коллагеназы к водо- и солерастворимым белкам мяса и низкая максимальная скорость их гидролиза дает этому препарату преимущество в области дифференцированной модификации коллагеновых белков. Остальные протеолитические препараты имеют широкий спектр активности по отношению к белкам мяса, с преимущественным действием на водо- и солерастворимые фракции, в связи с чем могут быть использованы в процессах селективного выделения из животных тканей очищенных коллагеновых субстанций, без существенных потерь коллагена и с минимальными нарушениями его нативной структуры.

Реализация технологической схемы получения коллагеновых масс из нетрадиционного сырья при конфигурировании конкретного производства требует формализованного описания функционирования предложенной технологии на основе методов математического моделирования, при этом ее ключевым этапом является обработка сырья специальными препаратами ферментов или их композициями. Очевидно, что применение математического моделирования требует детализации разнообразных физико-химических процессов, сопровождающих последовательные операции по удалению балластных биополимеров, сопутствующих коллагеновым белкам в нативной структуре животных тканей.

При выполнении конкретного участка исследований за основу было взято уравнение теплопроводности в диапазоне 37–40°С. При этом опирались на предположение, что измельченная компонента смеси в дисперсии является сферической геометрической формой (рис. 1).

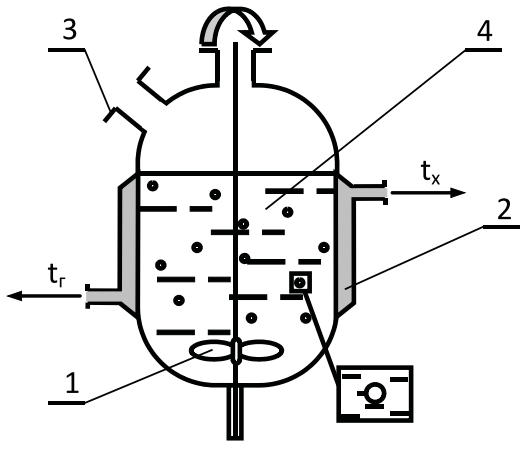


Рис. 1. Расчетная схема:
1 – мешалка; 2 – рубашка; 3 – загрузочное отверстие; 4 – суспензия

Заслуживает внимания факт, что, хотя раствор ферментного препарата (или композиции препаратов) имеет температуру t_o, близкую к диапазону, исходя из их биохимических и физико-химических свойств оцененному как оптимальный, в начале процесса температура дисперсной фракции ниже t_o. В связи с этим на первой стадии разработки физико-математической модели представляется целесообразным оценить характер процесса теплообмена. В предположении, что форма частиц дисперсной фазы близка к шаровой, геометрия фракции полагается известной. Допустим, что на температурные поля не оказывает влияние процесс массопереноса в отдельно взятой частице, поэтому тепловую задачу о распространении тепла можно рассматривать как задачу о теплопроводности однородной среды с известными теплофизическими характеристиками. В этом случае уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{\partial t(r,\tau)}{\partial \tau} = a\left[\frac{\partial^2 t(r,\tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial t(r,\tau)}{\partial r}\right] \quad (1)$$

с начальным условием

$$t(r,0) = t^*; \quad (2)$$

с граничным условием симметричности:

$$\frac{\partial t(0,\tau)}{\partial r} = 0; \quad (3)$$

условие на поверхности

$$t(r_o,\tau) = t_o, \quad (4)$$

где $t(r, \tau)$ – текущая температура; a – коэффициент температуропроводности; r, τ – текущий радиус и время.

Введем относительные переменные:

$$R = r/r_0; \quad F_0 = a\tau/r_0^2;$$

$$T = \frac{t(r,\tau) - t^*}{t_0 - t^*},$$

тогда система (1)–(4) запишется в виде:

$$\frac{\partial T(R,F_0)}{\partial F_0} = \frac{\partial^2 T(R,F_0)}{\partial R^2} + \frac{2}{R}\frac{\partial T(R,F_0)}{\partial R}; \quad (5)$$

$$T(R,0) = 0; \quad (6)$$

$$\frac{\partial T(0,F_0)}{\partial R} = 0; \quad (7)$$

$$T(1,F_0) = 1. \quad (8)$$

Решение (5)–(8) имеет следующий вид:

$$T\left(R,F_0\right)=2\sum_{n=1}^{\infty}\left(-1\right)^{n+1}\frac{\sin\left(\pi nR\right)}{\pi nR}\exp\left[-\left(\pi n\right)^2F_0\right]. \quad (9)$$

Графическая интерпретация данных представлена на рис. 2, откуда следует, что уже через полминуты температура дисперсной фазы становится равной температуре дисперсионной среды. Это обстоятельство говорит о том, что процесс диффузии балластных белков идет при постоянной температуре и, следовательно, может быть оценен отдельно. Кроме того, следует отметить, что дисперсность измельчения может быть существенно уменьшена при выполнении тех же самых тепловых условий. Согласно [7], усредненный коэффициент температуропроводности для коллагенсодержащего сырья равен 12×10^{-8} м^2/с, поэтому в нашем случае для единицы измельчения r_o = 2,5 мм

$$F_0=a\tau/r_o^2=1{,}92\cdot10^{-2}\tau.$$

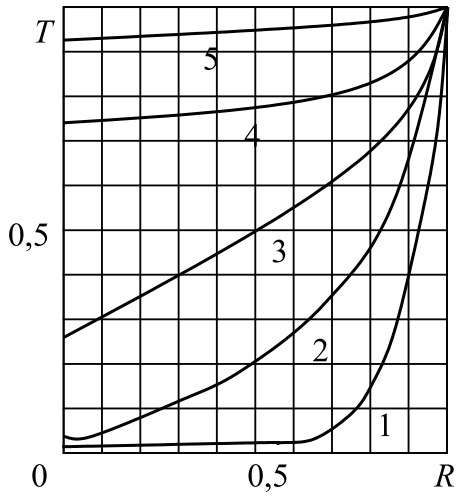


Рис. 2. Изменение безразмерного профиля температуры при нагревании элемента измельчения коллагенсодержащего сырья при постоянной температуре на поверхности: 1 – F_0 = 0,01; 2 – 0,05; 3 – 0,1; 4 – 0,2; 5 – 0,4

В связи с вышеизложенным, имея в виду, что процессы диффузии белков из элементов коллагенсодержащего сырья идут независимо друг от друга со своими коэффициентами диффузии, дифференциальное уравнение диффузии шаровой симметричной задачи имеет следующий вид:

$$\frac{\partial c(\tau,r)}{\partial\tau}=D\left[\frac{\partial^2c\left(r,\tau\right)}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial c\left(r,\tau\right)}{\partial r}\right]; \quad (10)$$

с краевыми условиями:
начальное условие

$$c(r,0)=\text{const}, \quad (11)$$

условие симметрии

$$\frac{\partial c(0,\tau)}{\partial r}=0. \quad (12)$$

Поскольку на поверхности, в силу интенсивного перемешивания реакционной смеси, численное значение коэффициента массоотдачи достаточно велико, запишем:

$$c(r_o,\tau)=c^*(\tau). \quad (13)$$

Запишем систему (10)–(12) с помощью относительных переменных:

$$\theta=\tau D/r_o^2;\quad R=r/r_0;$$

$$C(R,\theta)=c(r,\tau)/c_o;$$

$$F(\theta)=c^*(\tau)/c_o;$$

$$\frac{\partial C(R,\theta)}{\partial\theta}=\frac{\partial^2C(R,\theta)}{\partial R^2}+\frac{2}{R}\frac{\partial C(R,\theta)}{\partial R}; \quad (14)$$

$$C(R,0)=1; \quad (15)$$

$$\frac{\partial C(0,\theta)}{\partial R}=0; \quad (16)$$

$$C(1,\theta)=F(\theta), \quad (17)$$

где D – коэффициент диффузии балластных белковых фракций в частице, м^2/с; r_0 – радиус элемента измельчения, м; c_0 – начальная концентрация белка, кг/кг.

Для решения системы (14)–(15) воспользуемся идеями метода теплового баланса.

Определим вид функции $c^*(\tau)$, которая характеризует массовую долю белковых фракций в растворе в момент времени τ. Введем в рассмотрение массовые доли белковых фракций в сырье и в растворе:

$$c_1(\tau)=m_1(\tau)/m;$$

$$c_2(\tau)=m_2(\tau)/M,$$

где m и M – масса сырья и масса раствора; $m_1(\tau)$ и $m_2(\tau)$ – массы белков в сырье и растворе. Будем считать, что масса белков существенно меньше массы сырья и массы раствора. Пусть массовый поток через границу пропорционален разнице концентраций белка в сырье и в растворе, т.е.

$$j(\tau)=k\left[c_1(\tau)-c_2(\tau)\right], \quad (18)$$

где k – коэффициент пропорциональности, 1/с. Тогда система уравнений, описывающая кинетику процесса выравнивания

концентрации белковых фракций в сырье и в растворе, такова:

$$\frac{dc_1(\tau)}{d\tau} = -j(\tau);\quad \frac{dc_2(\tau)}{d\tau} = -j(\tau); \quad (19)$$

$$mc_1(\tau) + Mc_2(\tau) = m_o; \quad (20)$$

$$c_1(0) = c_0;\ c_2(0) = 0, \quad (21)$$

где m_o – исходная масса балластных белковых фракций в сырье.

Из решения балансовых уравнений содержания белков для всей системы в целом функция $c^*(\tau)$ имеет вид:

$$c^*(\tau) = \frac{c_0}{1+M/m}\left\{1-\exp\left[-\frac{k(1+M/m)}{M/m}\tau\right]\right\}, \quad (22)$$

где M/m – соотношение масс ферментного раствора и коллагенсодержащего сырья; k – кинетический коэффициент движущей силы массообмена между твердой и жидкой фазами системы.

В результате решения системы (10)–(12) интегральным методом «массового» баланса путем введения толщины диффузионного слоя получено соотношение для изменения концентрации балластных белков в измельченных элементах в «начальном» периоде

$$\overline{C}(\theta) = \frac{3}{2}A_0(\theta) + A_1(\theta) + \frac{3}{4}A_2(\theta), \quad (23)$$

где $A_0(\theta)$, $A_1(\theta)$, $A_2(\theta)$ определяются выражениями (4.50)–(4.52). Из (4.63) и (4.60) следует соотношение, характеризующее изменение концентрации балластных белков в измельченном элементе для «регулярного» периода

$$\overline{C}(\theta) = \frac{1}{2}\left[\Phi(\theta) + F(\theta)\right]. \quad (24)$$

Полученная в результате расчетов, проведенных по формулам (23) и (24), концентрационная характеристика извлечения балластных белков из коллагенсодержащего сырья представлена на рис. 3.

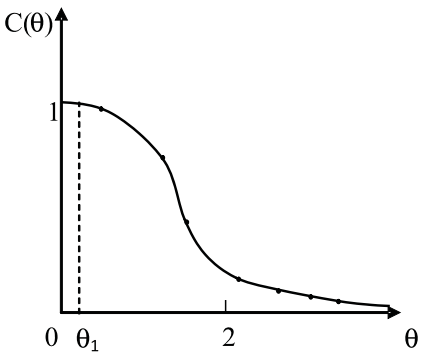


Рис. 3. Концентрационная характеристика извлечения балластных белковых фракций из элемента измельчения коллагенсодержащего сырья

Степень удаления примесей в виде балластных белковых фракций, выступая определяющим показателем качества получаемого коллагенового полупродукта, определяет оптимизационную задачу: получить максимальный массовый выход очищенных коллагеновых фракций за минимальное время при заданном уровне качества по степени очистки.

Предложенный подход позволяет реально управлять технологическим процессом в получении качественного продукта и реализовать экономически целесообразные технологии.

Совокупность свойств дисперсионных систем на основе коллагеновых белков, включая, помимо стимулирующего влияния на функционально-технологические свойства мясных фаршевых систем, способность к структурообразованию и формированию матриц для иммобилизации биообъектов и биологически активных веществ, обусловливает их широкие прикладные аспекты как в технологии продуктов питания в производстве продуктов питания традиционных и инновационных технологических форм, так и в инновационных областях производства вспомогательных лекарственных форм для целей медицины и ветеринарии.

Заключение

Предложена методика расчета технологического процесса, позволяющая в экспресс-режиме оценить качество и эффективность производства применительно к конкретным условиям получения дисперсионных систем требуемой функциональности. В зависимости от состава и свойств компонентов коллагенсодержащих дисперсионных систем они могут быть позиционированы по технологической функциональности и прикладному значению в технологиях эмульгированных и желированных продуктов как функциональные ингредиенты рецептур, в качестве биоматериалов для формования барьерных покрытий на поверхности продуктов либо капсулирующих агентов для продуктов пищевого, медицинского, ветеринарного назначения.

Список литературы

1. Антипова Л.В. Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности / Л.В. Антипова, И.А. Глотова: монография. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 384 с.

2. Васильев В.Б. Мультипликаторы интегралов Фурье, псевдодифференциальные уравнения, волновая факторизация, краевые задачи. – М.: КомКнига, 2010. – 136 с.

3. Глотова И.А. Теория и практика использования коллагенсодержащих ресурсов в получении функциональных

добавок, продуктов и пищевых покрытий // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 10. – С. 105.

4. Олейник О. А. Лекции об уравнениях с частными производными. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 264 с

5. Сапожникова А.И., Белевцова Д.В Изучение возможности получения золей коллагена пероксидно-щелочным способом // Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. – 2006. – Т. 49, № 12. – С. 73–76.

6. ГОСТ 20264.2-88. Методы определения протеолитической активности. – М.: Московский Печатник, 1988. – 14 с.

7. ГОСТ 23041-78. Мясо и продукты мясные. Метод определения оксипролина // 01.07.1988. – 4 с.

8. Antipova L.V. Realization of Biopotential Minor Collagen Raw Materials in Processing Branches of Agrarian And Industrial Complex on the Basis of Biotechnological Methods/ L.V. Antipova, I.A. Glotova, S.A. Storublevtsev, J.V. Boltyhov, I.V. Vtorushina, N.M. Ilina, J.F. Galina // Biotechnology and the Ecology of Big Cities. Biotechnology in Agricalture, Industry and Medcine. – Nova Science Publishers, Inc. – New York, 2011. – С. 159–169.

References

1. Antipova L.V., Glotova I.A. Ispolzovanie vtorichnogo kollagensoderzhaschego syirya myasnoy promyishlennosti, [Use of secondary kollagensoderzhashchy raw materials meat promysh-lennosti]. S-Petersburg, GIORD, 2006. 384 p.

2. Vasilyev V.B. Multiplikatoryi integralov Fure, psevdodifferentsialnyie uravneniya, volnovaya fak-torizatsiya, kraevyie zadachi[Animators of integrals of Fourier, pseudo-differential equations, wave faktorizatsiya, regional tasks], Moscow, Komkniga, 2010, 136 p.

3. Glotova I.A. Teoriya i praktika ispolzovaniya kollagensoderzhaschih resursov v poluchenii funktsionalnyih dobavok, produktov i pischevyih pokryitiy – Successes of modern natural sciences. 2004, no. 10. pp. 105.

4. Oleynik O.A., Lektsii ob uravneniyah s chastnyimi proizvodnyimi[Lectures about the equations with private derivatives], Moscow, Binom, 2005, 264 p.

5. Sapozhnikova A.I., Belevtsova D.V., Izuchenie vozmozhnosti polucheniya zoley kollagena peroksidno-schelochnyim sposobom. News of higher educational institutions, 2006, no. 12. pp. 73–76.

6. GOST 20264.2-88. Metodyi opredeleniya proteolitich-eskoy aktivnosti[Methods of determination of proteolytic activity], Moscow, 1988,14 p.

7. GOST 23041-78. Myaso i produktyi myasnyie. Metod opredeleniya oksiprolina[Meat and products meat. Definition method oksiprolin], 1988, 4 p.

8. Antipova L.V., Glotova I.A., Storublevtsev S.A., Boltyhov J.V., Realization of Biopotential Minor Collagen Raw Materials in Processing Branches of Agrarian And Industrial Complex on the Basis of Biotechnological Methods -Biotechnology and the Ecology of Big Cities. Biotechnology in Agricalture, Industry and Medcine, Inc. New York, 2011. pp. 159–169.

Рецензенты:

Артюхов В.Г., д.б.н., профессор, декан биолого-почвенного факультета, зав.кафедрой биофизики и биотехнологии ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж;

Усков В.М., д.м.н., профессор кафедры технологии и обеспечения гражданской обороны в чрезвычайных ситуациях ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж;

Степанова Э.Ф., д.фарм.н., профессор, профессор кафедры технологии лекарств Пятигорского фармацевтического института, г. Пятигорск.

Работа поступила в редакцию 16.07.2012.

УДК 621.793.18: 543.456

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Гусев Е.Ю., Гамалеев В.А., Михно А.С., Мироненко О.О.

ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет»» Ростов-на-Дону, e-mail: eyugusev@gmail.com

Исследовано влияние мощности магнетронного разряда, давления в камере и процентного содержания кислорода в газовой смеси на морфологию, высоту неровностей, среднеквадратическую шероховатость и показатель преломления пленок оксида цинка, полученных методом реактивного магнетронного распыления. Пленки толщиной 60 ± 4 нм наносили распылением мишени цинка 99,999% чистоты (Kurt J. Lesker Company) в атмосфере смеси кислорода и аргона без предварительного нагрева. Свойства полученных пленок исследовали методами атомно-силовой микроскопии, растровой электронной микроскопии и эллипсометрии. Выявлено, что с ростом процентного содержания кислорода в газовой смеси, рабочего давления в камере и уменьшением мощности используемого магнетронного разряда увеличивается размер кристаллов с уменьшением шероховатости поверхности пленок. Установлены диапазоны изменения свойств пленок от режимов нанесения: 15,11–6,13 нм для высоты неровностей, 5,69–2,13 нм для среднеквадратической шероховатости и 2,25–2,11 для показателя преломления.

Ключевые слова: нанотехнологии, магнетронное распыление, оксид цинка, тонкие пленки

ANALYSIS OF NANOCRYSTALLINE ZINC OXIDE FILM DEPOSITION BY RF REACTIVE MAGNETRON SPUTTERING

Gusev E.Y., Gamaleev V.A., Mikhno A.S., Mironenko O.O.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Southern Federal University», Rostov-on-Don, e-mail: eyugusev@gmail.com

Effect of magnetron power, chamber pressure and oxygen percentage in gas mixture on morphology, ten point height, root-mean square roughness, and refractive index of zinc oxide films was studied. Zinc oxide films (60 ± 4 nm thickness) deposited by rf reactive magnetron sputtering of 99,999% purity zinc target (Kurt J. Lesker Company) in the gas mixture of argon and oxygen except preheating step. The film properties were analyzed by atomic force microscopy, scanning electron microscopy and ellipsometry. It was shown that grain size increased with oxygen percentage, chamber pressure and power reduction; however the RMS roughness decreased simultaneously. The ranges of the film properties determined, thus the ten point height, root-mean square roughness, and refractive index ranges were 15,11–6,13, 5,69–2,13 and 2,25–2,11 respectively. The deposition conditions of the zinc oxide films are challenging for gas sensors, MEMS and solar device construction and manufacturing.

Keywords: nanotechnology, magnetron sputtering, zinc oxide, thin films

Тонкие пленки оксида цинка (ZnO) представляют интерес в качестве чувствительных элементов газовых сенсоров, широкозонных полупроводниковых «окон» в пленочных фронтально-барьерных фотоэлектрических преобразователях солнечной энергии, а также как пьезоэлектрические слои устройств сенсорики и микроэлектромеханики [1, 4, 5, 6]. Известно, что метод реактивного магнетронного распыления позволяет получать пленки металлов (Ti, Ni, V, Al и др.) и оксидов металлов (ZnO) требуемого состава, а также дает возможность тонкого регулирования их свойств [4]. В случае пленок оксида цинка при таком распылении используются мишени ZnO или Zn в атмосфере кислорода [4, 5, 6]. При этом свойства получаемых пленок зависят от размера распыленных частиц, которые, в свою очередь, определяются режимами магнетронного распыления [6].

Целью данной работы является исследование влияния режимов получения пленок оксида цинка методом реактивного магнетронного распыления на их свойства.

Экспериментальная часть

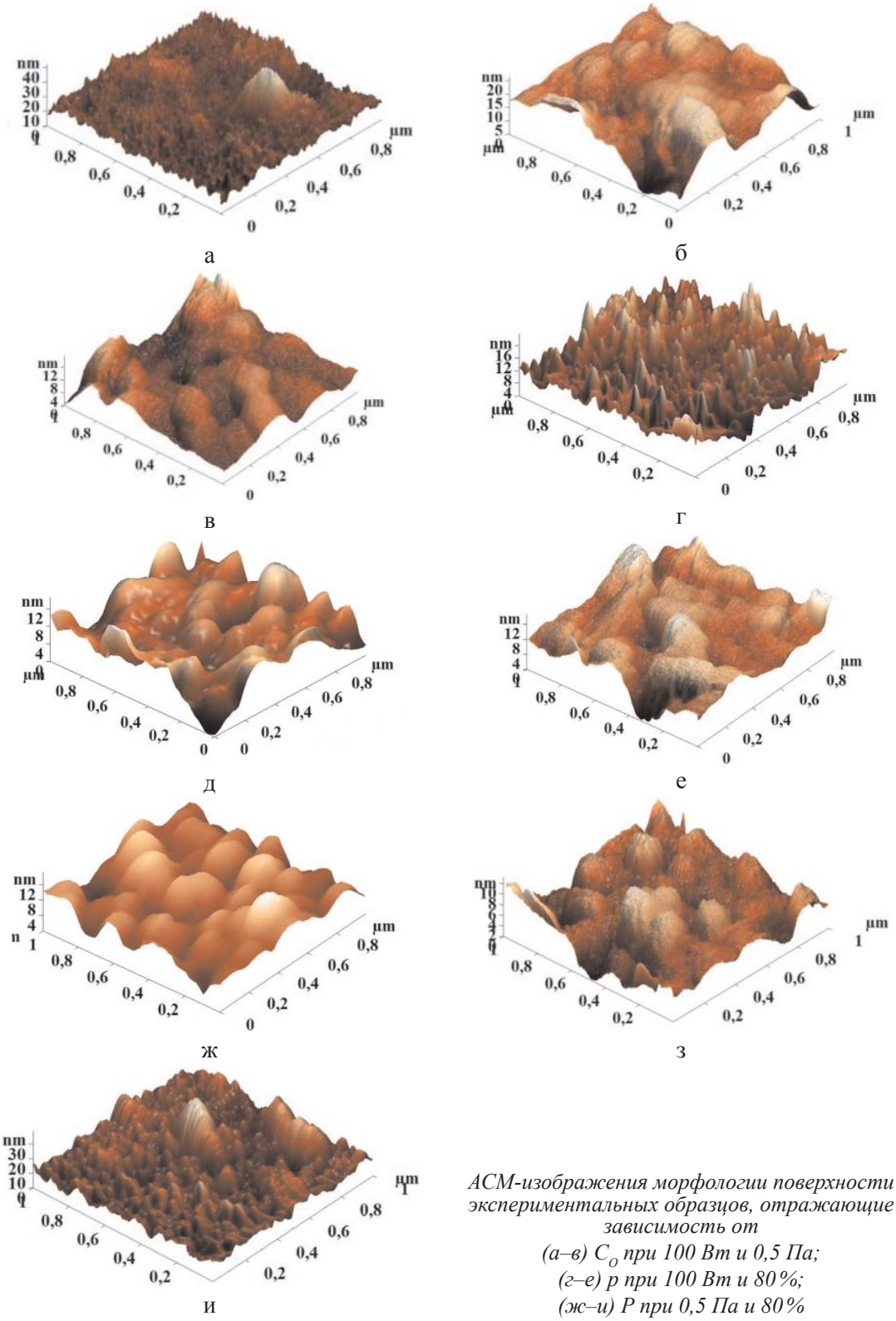
Нанокристаллические пленки ZnO наносили на подложки из ситалла и кремния (КЭФ-4,5 ориентации (001)) методом высокочастотного реактивного магнетронного распыления на установке BOC Edwards Auto 500. Использовали мишень Zn 99,999% чистоты (Kurt J. Lesker Company). Распыление проводили в атмосфере смеси кислорода и аргона. Содержание кислорода в газовой смеси составляло 20, 50 и 80%; мощность магнетронного разряда – 100, 125 и 150 Вт; рабочее давление в процессе распыления – 0,2; 0,5 и 0,8 Па; предварительный нагрев не использовали [2]. Толщину полученных пленок поддерживали на уровне 60 ± 4 нм.

Исследования морфологии поверхности и контроль толщины пленок проводили с помощью Зондовой Нанолаборатории NTEGRA Vita, растрового электронного микроскопа с ионной колонной Nova Nanolab 600, in-situ кварцевого измерителя толщин FTM-7 [3]. Значение показателя преломления определяли методом эллипсометрии на установке ЛЭФ-3М, при длине волны падающего излучения 632,8 нм. Статистическую обработку полученных АСМ-изображений производили с использованием программного пакета Image Analysis 3.5.

Исследования влияний процентного содержания кислорода в газовой смеси (C_O), рабочего давления в камере (p) и мощности магнетронного разряда (P) на морфологию, высоту неровностей по десяти точкам (Rz), среднеквадратическое значение шероховатости (Rq) поверхности и показатель преломления (n) пленок ZnO проводили при постоянных мощности магнетронного разряда 100 Вт и давлении в камере 0,5 Па, мощности магнетронного разряда 100 Вт и содержании кислорода в газовой смеси 80%, давлении в камере 0,5 Па и содержании кислорода в газовой смеси 80% соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью установления влияния режимов получения пленок на их морфологию и оптические свойства изготовлена серия образцов. Выявлено, что с ростом процентного содержания кислорода в газовой смеси, рабочего давления в камере и уменьшением мощности используемого магнетронного разряда увеличивается размер кристаллов с уменьшением шероховатости поверхности пленок (рисунок, таблица).



АСМ-изображения морфологии поверхности экспериментальных образцов, отражающие зависимость от
(а–в) C_O при 100 Вт и 0,5 Па;
(г–е) p при 100 Вт и 80%;
(ж–и) P при 0,5 Па и 80%

Влияние режимов распыления на шероховатость поверхности и показатель преломления полученных пленок оксида цинка

Параметр	C_O, % 100 Вт, 0,5 Па			p, Па 100 Вт, 80%			P, Вт 0,5 Па, 80%		
	20	50	80	0,2	0,4	0,8	100	125	150
Rz, нм	13,36 ± 1,22	13,81 ± 1,3	8,43 ± 0,64	11,52 ± 1,06	8,43 ± 0,64	6,78 ± 0,65	8,43 ± 0,64	7,22 ± 0,78	13,34 ± 1,15
Rq, нм	4,07 ± 0,27	5,13 ± 0,56	3,11 ± 0,25	3,29 ± 0,18	3,11 ± 0,25	2,37 ± 0,24	3,11 ± 0,25	2,49 ± 0,24	4,14 ± 0,21
n, -	2,224 ± 0,014	2,161 ± 0,012	2,176 ± 0,014	2,240 ± 0,014	2,176 ± 0,014	2,154 ± 0,013	2,176 ± 0,014	2,117 ± 0,012	2,210 ± 0,016

Наблюдаемое изменение морфологии пленок отражает переход от мелкодисперсной фазы, полученной при дефиците кислорода (рисунок, а, г) к более стехиометрически правильной нанокристаллической (рисунок, в, е). Соответствующее уменьшение показателя преломления подтверждает обозначенный процесс (таблица). Анализ данных таблицы показал, что на зависимостях шероховатости и показателя преломления от мощности имеется минимум при 100 Вт для выбранного значения рабочего давления. Такое соотношение энергии и давления газа определяют оптимальный размер распыленных частиц. Дальнейшее увеличение мощности приводит к нарушению равновесия в молекулярном переносе материала. При этом значительно сокращается доля кристаллов с размером 140÷160 нм и аморфизируется приповерхностный слой пленок (рис. 1, и).

Необходимо отметить, что для всего диапазона экспериментальных режимов значение показателя преломления полученных пленок находится в пределах 2,11–2,25 и соответствует известному значению для оксида цинка $n = 2{,}01$ (для длины волны 612 нм) [1]. Однородность свойств полученных пленок по площади и образцам подтверждается малым значением доверительного интервала 0,011–0,015 величины n.

Заключение

Используемый способ реактивного высокочастотного магнетронного распыления позволяет получать однородные пленки оксида цинка с заданными свойствами. Показано, что геометрические и оптические свойства таких пленок определяются режимами получения (процентное содержание кислорода в газовой смеси, рабочее давление и мощность магнетронного разряда), при этом ключевым параметром является размер распыленных частиц. Установлены следующие диапазоны изменения свойств: 15,11–6,13 нм для *Rz*, 5,69–2,13 нм для *Rq* и 2,25–2,11 для *n*.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке технологии создания чувствительных элементов сенсорики и микроэлектромеханики, оптоэлектроники и солнечной энергетики.

Работа выполнена при поддержке государственными соглашениями № 14.A18.21.0107, № 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. Агеев О.А., Коломийцев А.С., Михайличенко А.В., Смирнов В.А., Пташник В.В., Солодовник М.С., Федотов А.А., Замбург Е.Г., Климин В.С., Ильин О.И., Громов А.Л., Рукомойкин А.В. // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – Т. 114, № 1. – С. 109–116.

2. Михно А.С., Гамалеев В.А., Величко Р.В. Исследование режимов нанесения тонких слоев оксида цинка методом магнетронного распыления для устройств сенсорики // ЮНЦ РАН: тезисы докладов VIII ежегод. науч. конф. студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН (Ростов-на-Дону, 11–26 апр., 2012). – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. – С. 200–201.

3. 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(89). – С. 165–175.

4. Choudhary N., Kharat D.K., Kaur D. Structural, electrical and mechanical properties of magnetron sputtered NiTi/PZT/TiOx thin film heterostructures // Surface and Coatings Technology. – 2011. – Vol. 205, № 11. – P. 3387–3396.

5. Kobrinsky V., Fradkin E.,Lumelsky V., Rothchild A., Komem Y., Lifshitz Y. // Sensors and actuators B. – 2010. – Vol. 148. – P .379–387.

6. Wei Gao, Zhengwei Li. ZnO thin films produced by magnetron sputtering // Ceramic International. – 2004. – Vol. 30. – P. 1155–1159.

References

1. Ageev O.A., Kolomiytsev A.S., Mikhaylichenko A.V., Smirnov V.A., Ptashnik V.V., Solodovnik M.S., Fedotov A.A., Zamburg E.G., Klimin V.S., Ilin O.I., Gromov A.L., Rukomoykin A.V. *Izvestiya Yuzhnogo federalnogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2011, no 1, pp. 109–116.

2. Mikhno A.S., Gamaleev V.A., Velichko R.V. *VIII Annual Scientific conference of students and base departments PhDs of the Southern Scientific Centre RAS* (Abstracts of "VIII Annual Scientific conference of students and base departments PhDs of the Southern Scientific Centre RAS"). Rostov-on-Don, 2012, pp. 200–201,

3. Konoplev B.G., Ageev O.A. *Izvestiya Yuzhnogo federalnogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2008, no 12, pp. 165–175.

4. Choudhary N., Kharat D.K., Kaur D. Structural, electrical and mechanical properties of magnetron sputtered NiTi/PZT/TiOx thin film heterostructures. *Surface and Coatings Technology*, 2011, vol. 205, no 11, pp. 3387–3396.

5. Kobrinsky V., Fradkin E.,Lumelsky V., Rothchild A., Komem Y., Lifshitz Y. *Sensors and actuators B*, 2010, vol. 148, pp. 379–387.

6. Wei Gao, Zhengwei Li. ZnO thin films produced by magnetron sputtering. *Ceramic International*, 2004, vol. 30, pp. 1155–1159.

Рецензенты:

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии, Физико-математического факультета, ФГБОУ ВПО «Таганрогский государственный педагогический институт имени А.П. Чехова», г. Таганрог;

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 539.3

СКОРОСТЬ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0 ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В СРЕДЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Замараев Л.М., Смирнов С.В., Матафонов П.П.

Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, e-mail: ges@imach.uran.ru

Проведены экспериментальные исследования кратковременной высокотемпературной ползучести образцов из титанового сплава ВТ 1-0 в условиях ступенчатого нагрева до температур 1100°С и действия номинальных растягивающих напряжений до 9,36 МПа в воздухе и в инертных газах аргоне и гелии. Анализ полученных результатов позволил установить ряд закономерностей кратковременной ползучести сплава при испытаниях в исследованных средах. 1. При испытаниях в среде аргона наблюдаются наибольшие значения температур начала кратковременной ползучести. Скорость ползучести в аргоне во всем температурном диапазоне испытаний, при прочих равных условиях, меньше, чем в других исследованных газах. Таким образом, аргон является наиболее эффективной средой для повышения безопасности конструктивных элементов из титанового сплава при быстром повышении температуры в аварийных технологических ситуациях или в процессе теплового воздействия при пожаре. 2. При испытаниях в гелии установлено наличие локального диапазона повышения скорости ползучести сплава, ранее наблюдаемого только при проведении испытаний в среде водорода. 3. Получены эмпирические зависимости, описывающие скорость кратковременной ползучести сплава в гелии, аргоне и воздухе в температурном диапазоне ее монотонного изменения в зависимости от температуры нагрева и номинального напряжения растяжения.

Ключевые слова: титановый сплав, кратковременная ползучесть в инертных средах, предел ползучести, скорость ползучести

SPEED OF SHORT-TERM CREEP OF TITANIC ALLOY BT1-0 AT HIGH TEMPERATURES IN THE ENVIRONMENT OF INERT GASES

Zamaraev L.M., Smirnov S.V., Matafonov P.P.

Ural Branch Of Russian Academy Of Sciences Institute Of Engineering Science, Ekaterinburg, e-mail: ges@imach.uran.ru

Experimental study of high temperature creep of brief samples from titanium alloy W 1-0 in a stepwise heating to temperatures of 1100 ^{0}c and the nominal tensile strains up 9,36 MPa in air and inert gases argon and helium. Analysis of the obtained results revealed a number of short-term creep test in alloy studied environments. 1. Argon has top temperatures start short-term creep. Creep speed in argon throughout the temperature range tests, all other things being equal, less studied than other gases. Thus, Argon is the most effective medium for improving safety of constructive elements of titanium alloy at high temperature in emergency situations or in the process of production of heat in the event of fire. 2. When tested in helium is a local band creep speed previously only observed alloy when tested in hydrogen environment. 3. Received empirical dependencies, describing the latch speed creep alloy in helium, argon and air temperatures of its monotonous changes depending on temperature and voltage of stretching.

Keywords: titanium alloy, short term creep in inert environments, speed limit creep

При эксплуатации разнообразных устройств и конструкций могут возникать внештатные ситуации, связанные с быстрым повышением температуры в аварийных технологических ситуациях или в процессе теплового воздействия при пожаре. В этих условиях возникает риск локальной или полной потери конструктивной прочности при достижении условий возникновения кратковременной ползучести, вызывающей деформацию конструктивных элементов или даже их полное разрушение. Развитие программных средств инженерного прочностного анализа в настоящее время позволяет моделировать поведение элементов конструкций во внештатных ситуациях с целью оценки степени их живучести, резерва времени по сохранению конструктивной прочности для вывода на штатный режим или минимизации последствий их разрушения. Традиционно исследования ползучести проводятся для условий, воспроизводящих штатные эксплуатационные условия (длительное механическое воздействие при умеренных температурах и нагрузках), поэтому эти данные не могут быть использованы для анализа внештатных ситуаций, которые возникают в условиях высоких температур и нагрузок, превышающих безопасный уровень эксплуатации.

Ранее нами было установлено, что такие активные по отношению к нагретому титану газовые среды, как водород и азот, повышают скорость его кратковременной ползучести [5]. Целью работы, результаты которой приводятся в настоящей статье, было установить, каким образом атмосфера инертных газов повлияет на скорость кратковременной ползучести титанового сплава ВТ1-0, так как они могут быть использованы при создании защитной атмосферы некоторых элементов конструкций. Защита

титана и его сплавов от взаимодействия активными газами, содержащимися в воздухе, требуется уже при температурах 400°С и выше [1, 2, 6, 7]. Повышение температурного порога резкого возрастания скорости кратковременной ползучести при использовании защитной атмосферы инертных газов может являться одним из эффективных путей повышения безопасности конструкций при возникновении внештатных ситуаций, связанных с интенсивным тепловым воздействием.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследований служили образцы, изготовленные из прутка диаметром 12 мм титанового сплава ВТ 1-0, представляющего собой технически чистый титан. Экспериментальные исследования проводились на специализированном стенде, позволяющем определять и записывать изменение удлинения образцов при их нагреве путем пропускания электрического тока, в условиях постоянно действующих механических напряжений растяжения в различных газовых средах [4]. Схема рабочей камеры, в которой проводились испытания, представлена на рис. 1.

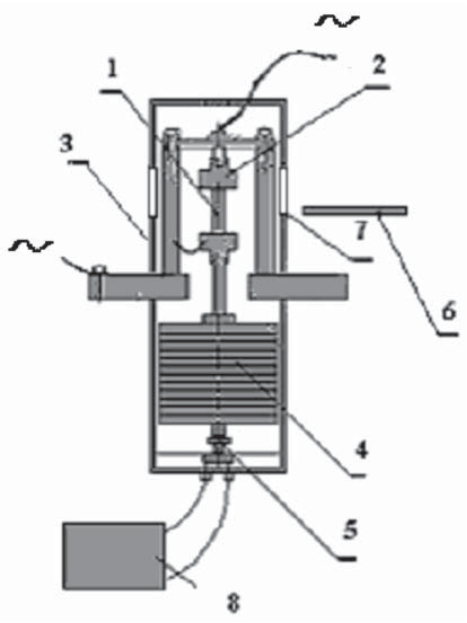


Рис. 1. Схема рабочей камеры испытательного стенда: 1 – образец; 2 – устройство подвески образца; 3 – герметичная камера; 4 – система наборных грузов; 5 – датчик удлинения; 6 – оптический пирометр Луч-С; 7 – окна из кварцевого стекла; 8 – двухкоординатный самописец Н307

Давление газов в рабочей камере, где проводили испытания, во всех экспериментах составляло 0,5 МПа. Заполнение рабочей камеры осуществлялось от баллонов со сжатыми газами. После окончания испытания каждого образца газ из камеры выпускался в атмосферу.

В статье исследовали поведение образцов при нагреве от 400 до 1100°С в воздухе, аргоне и гелии. Все исследования проводились при напряжениях существенно меньших, чем предел текучести, то есть в области существования ползучести (максимальное значение напряжений в проведенных исследованиях не превышало 9,36 МПа, в то время как условный предел текучести ВТ 1-0 даже при температуре 850°С не меньше 15 МПа [3]).

В экспериментах использовали стандартные цилиндрические образцы с размерами рабочей части: длина 25 мм и диаметр 5 мм. Химический состав материала образцов (Ti – основа; AL – 0,028%; Si – 0,002%; Fe – 0,036%; C – 0,008%; O_2 – 0,115%; H_2 – 0,003%; Cr+Mn – 0,012%; Cu + Ni – 0;015%) был определен на приборе Spectromax.

В процессе экспериментов определяли удлинение нагруженных образцов при ступенчатом нагреве от 400 до 1100°С, при котором периоды нагрева чередовались с паузами, когда температура образца поддерживалась постоянной. Фиксированный вес нагрузки составлял 4,0; 8,92; 13,84 и 18,76 кг, что в пересчете на начальные размеры поперечного сечения образца соответствовало номинальному напряжению растяжения σ = 1,99; 4,45; 6,917 и 9,36 МПа. По полученным данным строились диаграммы удлинения образцов. Для того, чтобы исключить из общего удлинения величину удлинения образцов, вызванных температурным расширением, контрольные образцы подвергали такому же ступенчатому нагреву, но без приложенной механической нагрузки. Учет полученных данных позволил построить диаграммы удлинения образцов за счет протекания процесса ползучести, которые в дальнейшем были подвергнуты обработке и анализу.

В периоды выдержки при постоянной температуре среднюю скорость ползучести V рассчитывали по формуле:

$$V = \frac{\Delta\varepsilon_i}{\Delta\tau_i}, \text{ 1/с}, \quad (1)$$

где $\Delta\tau_i$ – время паузы, с; $\Delta\varepsilon_i$ – относительное удлинение образца за счет ползучести на стадии выдержки.

Величину $\Delta\varepsilon_i$ рассчитывали по формуле

$$\Delta\varepsilon_i = \frac{L_i - L_{i-1}}{L_{i-1}}, \quad (2)$$

где $i = 0...n$ – номер паузы, на которой происходит выдержка образца при постоянной температуре; L_i, L_{i-1}, мм – длина рабочей части образца после окончания и до начала паузы соответственно за вычетом изменения длины за счет температурного расширения.

Результаты исследований и их обсуждение

В качестве примера результатов исследований на рис. 2 и 3 приведены данные о зависимости скорости ползучести образцов от температуры выдержки в экспериментах с минимальным (1,99 МПа) и максимальным (9,36) значениями номинального напряжения растяжения.

Проведенные исследования показали, что существуют два критических температурных предела ползучести – нижний t_1 и верхний t_4. При температурах, меньших t_1 деформация ползучести не наблюдается и образцы после охлаждения полностью

восстанавливают свои исходные размеры. При температуре, большей t_4, скорость ползучести начинает резко возрастать и даже небольшое повышение температуры нагрева вызывает интенсивную деформацию образца и последующий разрыв. Из представленных рисунков видно, что при испытаниях в воздухе и аргоне скорость ползучести V с увеличением температуры нагрева непрерывно увеличивается вплоть до температуры t_4. При испытаниях в гелии можно выделить еще две характерные температуры t_2 и t_3. При температурах нагрева в диапазоне $t_1 < t < t_2$ скорость ползучести возрастает до локального максимума при температуре t_2, после чего в диапазоне температур $t_2 < t < t_3$ она снижается, а затем стабилизируется и в дальнейшем вновь непрерывно растет вплоть до верхнего предела ползучести t_4. Аналогичное проявление локального диапазона повышения скорости ползучести ранее наблюдали только при проведении испытаний в среде водорода [5]. Как видно из табл. 1, значения характерных температур зависят от величины приложенного напряжения растяжения и среды испытания.

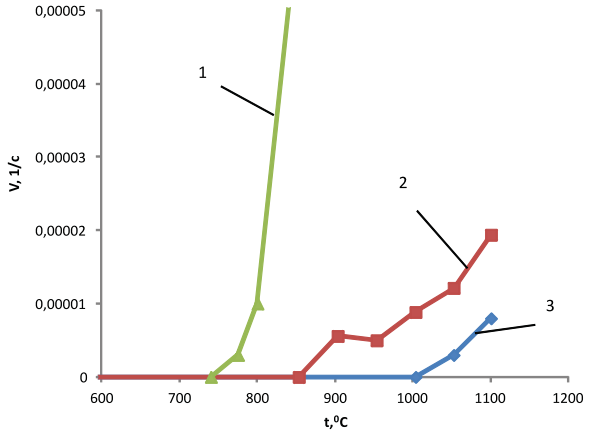


Рис. 2. Зависимость скорости ползучести при испытаниях от температуры нагрева при величине номинального напряжения растяжения 1,99 МПа в воздухе (1), гелии (2) и аргоне (3)

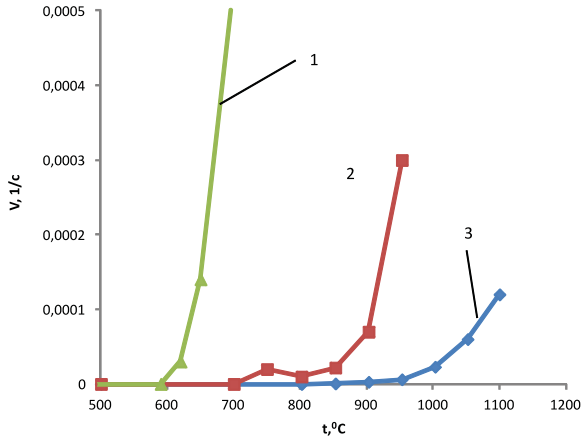


Рис. 3. Зависимость скорости ползучести при испытаниях от температуры нагрева при величине номинального напряжения растяжения 9,36 МПа в воздухе (1), гелии (2) и аргоне (3)

Кратковременная высокотемпературная ползучесть титанового сплава ВТ1-0 в среде аргона наступает при более высоких температурах t_1, чем в воздушной и гелиевой средах, и скорость ее меньше.

Полученные экспериментальные данные были подвергнуты нелинейному регрессионному анализу в программном комплексе Statistica v. 8.0. В результате, для исследуемых газовых сред и номинальных напряжений растяжения σ в интервале температур монотонного возрастания скорости ползучести ($t_3 < t < t_4$ для испытаний в гелии, $t_1 < t < t_4$ – в других средах) была получена следующая аппроксимирующая зависимость:

$$V = a \exp(b\,t) + c,\ 1/\text{c}, \qquad (3)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты аппроксимации.

Таблица 1

Характерные температуры изменения скорости ползучести

Среда	σ, МПа	t_1, °С	t_2, °С	t_3, °С	t_4, °С
Гелий	1,99	850	900	950	1100
	4,45	802	850	900	1000
	6,91	750	800	850	950
	9,36	700	750	800	950
Аргон	1,99	1000	–	–	–
	4,45	950	–	–	–
	6,91	900	–	–	–
	9,36	800	–	–	–
Воздух	1,99	760	–	–	900
	4,45	700	–	–	850
	6,91	650	–	–	750
	9,36	600	–	–	700

Величина достоверности аппроксимации R^2 в приведенных зависимостях составляет не менее 0,82. Эмпирические коэффициенты в формуле (3) приведены в табл. 2.

Анализ полученных результатов позволил установить ряд фактов и закономерностей кратковременной ползучести сплава ВТ 1-0 при испытаниях в исследованных средах.

Таблица 2

Эмпирические коэффициенты в формуле (3), связывающей скорости ползучести с уровнем номинальных растягивающих напряжений

Среда	σ, МПа	$a\ 10^{13}$, 1/с	$b\ 10^{3}$, 1/с	$c\ 10^{7}$, 1/с	Температурный интервал, °С
Гелий	1,99	4200	1,0	2,5	950–1100
	4,45	0,10	2,3	0,3	900–1000
	6,91	0,012	2,4	0,8	850–950
	9,36	0,02	2,7	0,2	800–950
Аргон	1,99	7000	0,9	6,0	1000–1100
	4,45	60	1,43	5,0	950–1100
	6,91	2,30	1,8	2,7	900–1100
	9,36	0,42	2,0	0,4	800–1100
Воздух	1,99	0,95	2,4	–	760–900
	4,45	0,60	2,7	–	700–850
	6,91	0,002	3,8	–	650–750
	9,36	0,0002	4,5	–	600–700

1. При испытаниях в среде аргона наблюдаются наибольшие значения температур начала кратковременной ползучести и ее резкого увеличения, а также наименьшая скорость ползучести при одинаковых номинальных напряжениях во всем температурном диапазоне испытаний. Таким образом, аргон является наиболее эффективной средой для повышения безопасности конструктивных элементов из титанового сплава при быстром повышении температуры в аварийных технологических ситуациях или в процессе теплового воздействия при пожаре.

2. При испытаниях в гелии установлено наличие локального диапазона повышения скорости ползучести сплава, ранее наблюдаемого только при проведении испытаний в среде водорода.

3. Получены эмпирические зависимости, описывающие скорость кратковременной ползучести сплава в гелии, аргоне и воздухе в температурном диапазоне ее монотонного изменения в зависимости от температуры нагрева и номинального напряжения растяжения.

Работа выполнена в соответствии с планом работ по программе ОЭММПУ РАН № 11 при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-Т-1-1007.

Список литературы

1. Алёшин Н.П., Чернышев, Г.Г. Сварка. Резка. Контроль. – М.: Машиностроение. – 2004. – Т. 1. – 624 с.

2. Банов М. Д, Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов. – М.: Академия, 2000. – 400 с.

3. Микляев П.Г. Механические свойства легких сплавов при температурах и скоростях обработки давлением. – М.: Металлургия, 1994. – 180 с.

4. Смирнов С.В., Замараев Л.М., Матафонов П.П. Исследование термоциклической долговечности стали 12Х18Н10Т в водородной и воздушной средах // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2008. – №2. – С. 46–49.

5. Смирнов С.В., Замараев Л.М., Матафонов П.П. Сравнительное исследование скорости кратковременной ползучести титанового сплава ВТ1-0 при высоких температурах в воздухе, водороде и азоте // Фундаментальные исследования . – 2012. – № 11. – Ч.1.

6. Ханапетов М.В. Сварка и резка металлов. – М.: Стройиздат, 1987. –288 с.

7. Чернышев Г.Г. Сварочное дело: Сварка и резка металлов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 496 с.

References

1. Aljoshin N.P., Chernyshev, G.G. Svarka. Rezka. Kontrol'. Mashinostroenie, vol. 1, 2004. 624 p.

2. Banov M. D, Kazakov Ju. V., Kozulin M. G. Svarka i rezka materialov. M.: Akademija, 2000. – 400 p.

3. Mikljaev P.G. Mehanicheskie svojstva legkih splavov pri temperaturah i skorostjah obrabotki davleniem. M.: Metallurgija, 1994. 180p.

4. Smirnov S.V., Zamaraev L.M., Matafonov P.P. Issledovanie termociklicheskoj dolgovechnosti stali 12H18N10T v vodorodnoj i vozdushnoj sredah. Problemy mashinostroenija i nadezhnosti mashin. 2008. no. 2, pp. 46–49.

5. Smirnov S.V., Zamaraev L.M., Matafonov P.P. Sravnitel'noe issledovanie skorosti kratkovremennoj polzuchesti titanovogo splava VT1-0 pri vysokih temperaturah v vozduhe, vodorode i azote // Fundamental'nye issledovanija. 2012. no. 11. chast'1.

6. Hanapetov M.V. Svarka i rezka metallov. M.: Strojizdat, 1987. 288 p.

7. Chernyshev G.G. Svarochnoe delo: Svarka i rezka metallov. M.: izdatel'skij centr «Akademija», 2007. 496 p.

Рецензенты:

Коновалов А.В., д.т.н., профессор, зав. лабораторией механики деформаций ФГБУН «Институт машиноведения Уральского отделения РАН», г. Екатеринбург;

Емельянов И.Г., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт машиноведения Уральского отделения РАН», г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 621.382

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СВЕРХПЛОТНОЙ ТОПОЛОГИИ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОЙ ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ МЕМРИСТОРНЫХ МАССИВОВ

[1]Калашников Г.В., [1]Ковалев А.В., [2]Бирюков М.И.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]Общество с ограниченной ответственностью Владикавказский технологический центр «Баспик», Владикавказ, e-mail:andr@fep.tti.sfedu.ru

Предложен метод синтеза топологической структуры блоков энергонезависимой памяти на базе мемристоров в виде регулярных многослойных пересечений проводников. Метод позволяет значительно увеличить степень интеграции мемристорных запоминающих устройств при одних и тех же топологических нормах за счет наращивания числа мемристорных слоев. Физическое расположение мемристоров отображается в трехмерное пространство логических адресов таким образом, что обеспечивается индивидуальный доступ к каждому элементу памяти. Предложена организация адресного пространства блока памяти на основе слоистых мемристорных матриц. Сокращение числа слоев металлизации и адресных проводников матрицы по сравнению с аналогичным подходом составляет порядка 37%. Разработанная гибридная топологическая архитектура может быть использована при создании высокоинтегрированных программируемых логических интегральных схем с низким энергопотреблением.

Ключевые слова: мемристор, энергонезависимая память, топология интегральных схем

METHOD OF LAYOUT SUPERDENSE NON-VOLATILE MEMORY DESIGNING BASED ON MULTILAYER MEMRISTORS' ARRAYS

[1]Kalashnikov G.V., [1]Kovalev A.V., [2]Birukov M.I.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]Vladikavkaz Technology Center «Baspik», Vladikavkaz, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru

The method of synthesis of the topological structure of blocks of non-volatile memory based on memristors in regular multi-intersections of conductors. The method can significantly increase the level of integration memristornyh storage at the same topological rules by increasing the number of layers memristornyh. The physical location of memristors displayed in three-dimensional space of logical addresses in a way that provides individual access to each element of the memory. Proposed organization of the address space of the memory block based on layered memristornyh matrices. Reducing the number of metallization layers and target conductors matrix compared to the approach of the order of 37%. The hybrid topology architecture can be used to create highly integrated programmable logic integrated circuits with low power consumption.

Keywords: memristor, non-volatile memory, layout of integrated circuits

Повышение интеграции микроэлектронных устройств, в частности, вычислительных систем со встроенными блоками памяти возможно только при увеличении числа элементов на единицу площади кристалла. Поэтому, если нет возможности сократить технологические нормы, остается один естественный выход – повысить число слоев с активными и пассивными элементами [3].

Традиционные КМОП-схемы, состоящие из нескольких совмещенных кристаллов, имеют ряд недостатков, в частности, они относительно дороги, а также у них слишком низкая плотность соединений из-за ограничений на точность совмещения отдельных кристаллов (по сравнению с точностью совмещения фотолитографических масок) [4].

Показатель производительности системы-на-кристалле зависит не только от скорости вычислений, плотности компонентов, энергоэффективности, надежности и т.д., но и от функциональности. На сегодня наметился общемировой отраслевой тренд (который по прогнозам окончательно оформится до 2019 года [3]) на добавление в системы-на-кристалле все новых и новых функций. Например, к традиционному КМОП кристаллу добавляют сенсоры, микроэлектромеханические компоненты, фотовольтаику, аналоговые сверхвысокочастотные модули и т.п. Эта общая тенденция, тем не менее, сталкивается с рядом технологических проблем по интеграции различных материалов в единый рабочий механизм. В частности, кремниевые транзисторы с высокой подвижностью носителей в КМОП-логике очень не просто совместить с традиционными модулями памяти. Однако большинство разработчиков микроэлектронных приборов достаточно успешно идут по пути объемной интеграции кристаллов [4].

Энергонезависимая память является продуктом совмещения ряда технологий, которые, как правило, развиваются в отдельных, относительно независимых областях их приложений. Например, требования

к энергонезависимой памяти варьируются в зависимости от приложений, скажем, для радиочастотных меток требуется не очень быстрая и малая по объему (единицы Кбайт) память, а для больших высокопроизводительных чипов соответственно быстрая и большого объема (десятки Гбайт).

Применение мемристоров в качестве элементов энергонезависимой памяти выгодно отличает их от Flash-технологии тем, что для Flash-ячейки требуется как минимум один транзистор с дополнительным нитридным слоем. В мемристорной памяти активным элементом является только двухполюсник с обслуживающей общей схемой не сложнее, чем у традиционной памяти. Мемристор – это двухполюсник, меняющий свое сопротивление в зависимости от общего количества заряда, который проходит через него [1]. Данный прибор состоит из полупроводниковой оксидной тонкой пленки, в которой под воздействием тока перемещаются ионы кислорода и меняют общую проводимость. Форма мемристора на кристалле – это, фактически, квадрат с минимальными для применяемой технологии сторонами. Изготовление мемристорной матрицы предполагает применение технологических процессов, полностью совместимых с КМОП-технологией. Дополнительно к традиционным КМОП-процессам добавляются только процессы нанесения платины (или эквивалента) и оксида металла, например, титана.

Структура многослойной мемристорной памяти

Одной из основных проблем для любой высокоинтегрированной вычислительной системы является поддержание на достаточно высоком уровне пропускной способности с низкой задержкой обмена данными между слоями без излишних затрат площади. Одно из решений данной задачи описано в [5], где используется гибридная структура – элементы КМОП с матрицей мемристоров, расположенной над ними. В такой архитектуре применен интерфейс доступа к каждому элементу памяти на основе адреса, состоящего из логических 4-х частей.

В работе [5] предложен подход построения сверхплотного варианта энергонезависимой памяти, по сути объединяющий несколько слоев мемристорных матриц в объеме, т.е. лежащих один на другом для экономии площади. Число мемристоров на единицу площади, которые могут быть адресованы в такой архитектуре, на два порядка больше, чем транзисторов КМОП-схемы.

Нами предлагается архитектура, представляющая собой гибридную схему (технология КМОП + мемристоры), в котором мемристорная память располагается непосредственно над КМОП-элементами, реализующие основные вычислительные процессы и управление памятью. Запоминающие элементы образованы в виде межслойных переходов в местах взаимно-перпендикулярного пересечения гребенки металлических проводников, т.е. в виде регулярной прямоугольной матрицы [2]. Для управления данной мемристорной матрицей необходимы КМОП-схемы для селекции, записи и чтения индивидуальных битов. Эти управляющие схемы относительно малы по сравнению даже с Flash-памятью.

Такое построение интегральных схем может быть применено для встроенных блоков памяти, теневой памяти программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), синаптических сетей и др.

При применении описанного подхода предлагается отказаться от части слоев металлизации в мемристорной многослойной матрице, а также от транзисторов в ячейках, в качестве коммутационных элементов. Сокращение слоев достигается за счет объединения смежных слоев (рис. 1) и обращения полярностей мемристоров, через один в одной вертикали. Конечно, это накладывает дополнительные требования к применению особого алгоритма управления напряжением проводников для обеспечения четкой селекции конкретного элемента без влияния на соседние мемристоры.

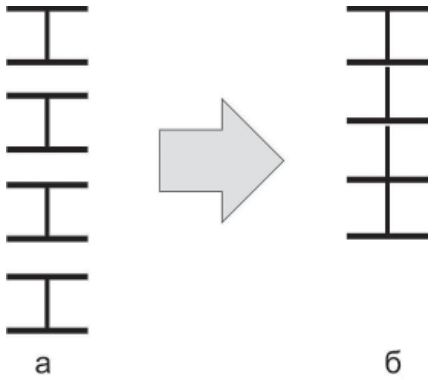


Рис. 1. Схематичное изображение слоев металлизации и пересечений между ними (мемристоров) в блоке памяти одной и той же плотности: а – в подходе из [5]; б – число необходимых слоев металла сокращено по предложенному методу

Сокращение числа слоев металла в предложенных мемристорных матрицах составляет:

$$(M - 1)\cdot(2M)\cdot 100\,\%,$$

где M – число слоев мемристоров, расположенных один над другим.

Для нашего примера на рис. 1 ($M = 4$) сокращение слоев металла достигает – 37,5 %.

Иллюстрация описанного принципа редуцирования слоев в мемристорных матрицах без потери их функциональности приведена на рис. 2.

Если рассматривать отдельно каждую вертикаль из мемристоров, то ее электрическая схема будет выглядеть как представлено на рис. 3, на котором мемристоры показаны стрелками, отображающими их полярность.

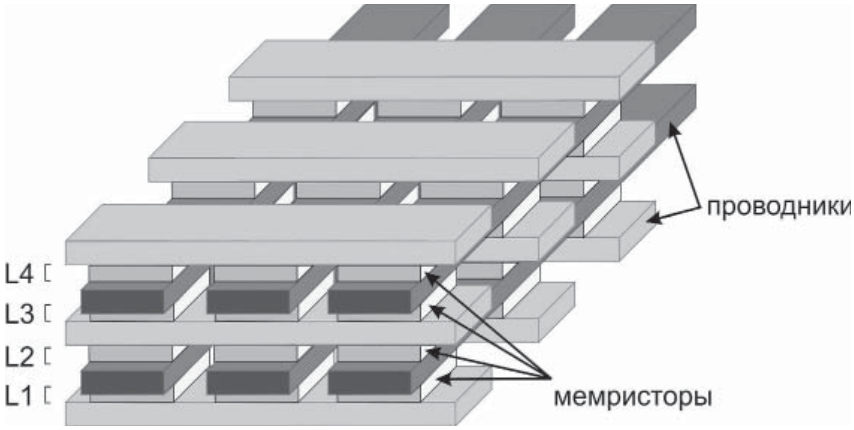


Рис. 2. Объемный разрез фрагмента слоистых мемристорных матриц (M = 4)

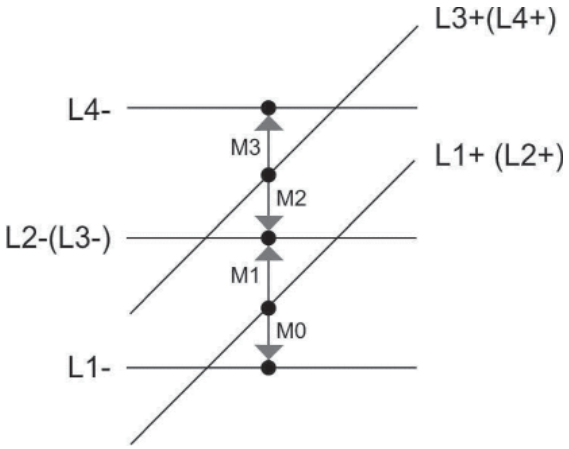


Рис. 3. Схема одной вертикали в слоистой мемристорной матрице (при M = 4)

Числовые обозначения проводников (в именах L1–, L1+, L2+, L3– и т.д.) на рис. 3 введены для удобства адресации к конкретному слою мемристоров, а знаки + и – представляют относительную полярность прикладываемого напряжения.

Поскольку все мемристоры «вплетены» в регулярную матрицу, то для того чтобы считать или записать бит в отдельный двухполюсник, следует придерживаться следующего алгоритма подачи уровней напряжений на проводники матрицы:

– для записи «1» в мемристор, расположенный, например, на 1-м уровне (M0 на рис. 3), необходимо:

а) установить положительное напряжение на проводнике L1+;

б) установить отрицательное напряжение на проводнике L1–;

в) установить нулевое напряжение на всех остальных проводниках матрицы.

– для записи «0» в мемристор, расположенный, например, на 3-м уровне (M2 на рис. 3), необходимо:

а) установить положительное напряжение на проводнике L3–;

б) установить отрицательное напряжение на проводнике L3+;

в) установить нулевое напряжение на всех остальных проводниках матрицы.

Напряжения, подаваемые на проводники при селекции конкретного элемента, должны быть подобраны таким образом, чтобы не происходило потери запомненных состояний проводимости на соседних мемристорах. Другими словами, разность потенциалов между положительным и отрицательным уровнями может «переключить» мемристор, а разность между нулевым и положительным или отрицательным –нет. Конкретные цифры будут зависеть от технологии изготовления мемристоров.

В целом организация блока памяти на примере для четырех слоев мемристоров и 6-разрядной адресации показана на рис. 4.

Здесь применены два дешифратора, которые отвечают за установку положительных, отрицательных и нулевых уровней напряжения на проводниках многослойной мемристорной матрицы. На рис.4 пересечения матрицы, в которых находятся мемристоры, показаны черными точками с цифрами, представляющими номера слоев (M0, M1, M2 и M3).

Сравнительный анализ количества проводников в блоке памяти при применении подхода из работы [5] и предложенного в статье метода показал, что происходит их сокращение примерно на 37% для любых разрядностей. Зависимость абсолютных чисел приведена на рис. 5.

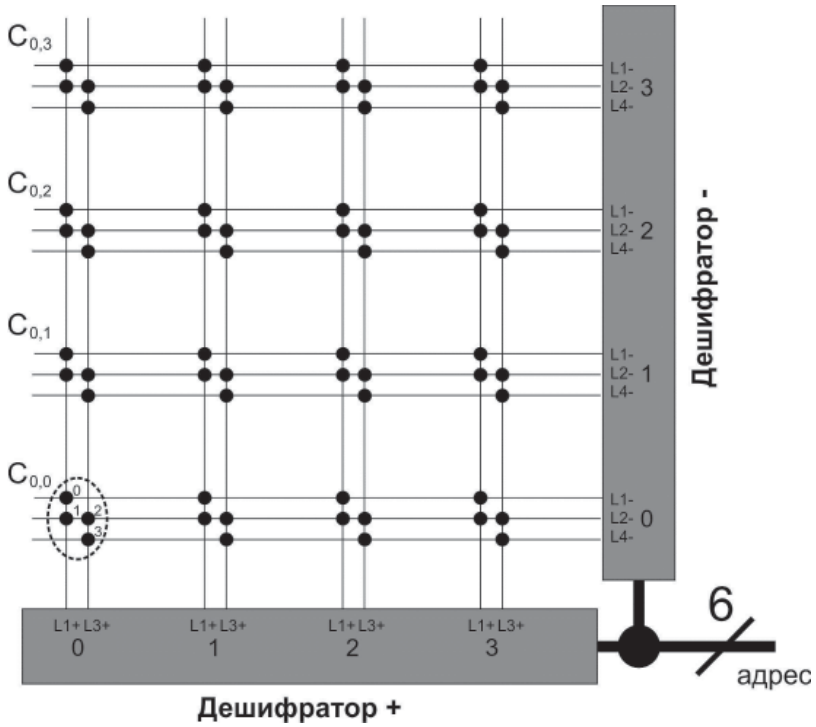


Рис. 4. Организация адресного пространства блока памяти на основе слоистых мемристорных матриц

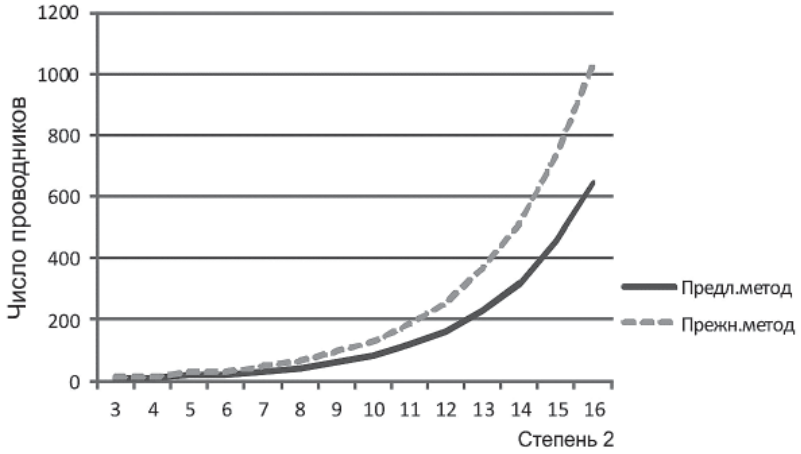


Рис. 5. Зависимость числа адресных проводников в блоке памяти от разрядности адреса

Выводы

Предложенный метод формирования многослойной мемристорной матрицы позволяет использовать его для разработки встраиваемых блоков энергонезависимой памяти или теневой памяти конфигурации ПЛИС. Сокращение числа слоев металлизации и адресных проводников матрицы по сравнению с аналогичным подходом составляет порядка 37%.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение № 14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Chua, L.O. Memristor-the missing circuit element / IEEE Transactions on Circuit Theory, Sept. – 1971. – vol. ct-18, (no. 5): 507–519.

2. Likharev K.K., Strukov D.B. CMOL: Devices, circuits, and architectures / editors G. Cuniberti, G. Fagas, and K. Richter // Introducing Molecular Electronics, Berlin: Springer. – 2005. – P. 447–478.

3. Process Integration, Devices, And Structures // International Technology Roadmap for Semiconductors 2011. – URL: http://www.itrs.net/Links/2011ITRS/Home2011.htm (Дата обращения: 01.08.2012).

4. Sakuma K., et al. 3D Chip-Stacking Technology With Through-Silicon Vias And Low-Volume Lead-Free Interconnections // IBM Journal of Research and Development. – 2008. – Vol.52, Issue: 6. – P. 611–622.

5. Strukov D.B., Wiliams R.S. Four-dimensional address topology for circuits with stacked multilayer crossbar arrays // Proceedings of the National Academy of Sciences – December 1. – 2009. – Vol. 106, Issue 48. – P. 20155–20158.

References

1. Chua, L.O. Memristor-the missing circuit element / IEEE Transactions on Circuit Theory, Sept. 1971, vol. ct-18, (no. 5): 507–519.

2. Likharev K.K., Strukov D.B. CMOL: Devices, circuits, and architectures / editors G. Cuniberti, G. Fagas, and K. Richter // Introducing Molecular Electronics, Berlin: Springer. 2005. pp. 447–478.

3. Process Integration, Devices, And Structures // International Technology Roadmap for Semiconductors 2011. URL: http://www.itrs.net/Links/2011ITRS/Home2011.htm.

4. Sakuma K, et al. 3D Chip-Stacking Technology With Through-Silicon Vias And Low-Volume Lead-Free Interconnections // IBM Journal of Research and Development. – 2008. Vol.52, Issue: 6. – pp. 611–622.

5. Strukov D.B., Wiliams R.S. Four-dimensional address topology for circuits with stacked multilayer crossbar arrays // Proceedings of the National Academy of Sciences – December 1, 2009. Vol. 106, Issue 48. – pp. 20155–20158.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор Научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Южного федерального университета, г. Таганрог;

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 621.382

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЛОКИ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ ПЛИС НА ОСНОВЕ МЕМРИСТОРНЫХ ЯЧЕЕК ПАМЯТИ

[1]Кальсков А.В., [1]Ковалев А.В., [2]Коробкова А.И.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail:andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]Институт химии силикатов имени И.В. Гребенщикова Российской академии наук, Санкт-Петербург, e-mail:andr@fep.tti.sfedu.ru

В статье рассмотрен подход к решению проблемы повышения интеграции блоков памяти с помощью применения мемристоров, которые занимают меньшую площадь, чем запоминающие ячейки на основе транзисторов, имеют достаточно высокое быстродействие, а также энергонезависимы (при отключении питания мемристор сохраняет свое состояние проводимости). Для моделирования ячейки памяти в системе автоматизированного проектирования (САПР) Cadence была разработана схемотехническая модель мемристора. На ее основе разработана ячейка памяти, состоящая из трех основных составляющих частей: ячейка памяти, схема записи и схема считывания. Проанализированы преимущества данной схемной реализации (в 20–25 раз меньшая площадь по сравнению с ячейками памяти на транзисторах), а также возможность разработки табличных преобразователей для функциональных блоков программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) на их основе.

Ключевые слова: мемристоры, функциональные блоки, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС)

FUNCTIONAL BLOCKS OF NON-VOLATILE FPGA BASED ON MEMRISTORS' MEMORY CELLS

[1]Kalskov A.V., [1]Kovalev A.V., [2]Korobkova A.I.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]Institute of Silicate Chemistry I.V. Grebenschikova, Russian Academy of Sciences, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru

This article describes an approach to the problem of improving the integration of memory blocks by applying the memristor, which occupies less storage space than the cell-based transistors have high enough speed, as well as nonvolatile (at power memristor retains its state of conductivity). To model the memory cells in computer-aided design (CAD) Cadence schematic model was developed memristor. On its basis the memory cell, consisting of three main component parts: memory, the circuit diagram of the recording and reading. The advantages of the circuit realization of (20–25 times less area compared to the transistor memory cells), as well as developing a spreadsheet converter for function blocks of field programmable gate array (FPGA) based on them.

Keywords: memristors, functional blocks, field-programmable gate array (FPGA)

С каждым днем увеличивается объем цифровой информации, которую необходимо хранить на запоминающих устройствах. Назначение памяти может быть очень разнообразным: оперативная память, постоянная память или же память, предназначенная для хранения значений в LUT (LookUp Table) в функциональных блоках ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема). Но во всех видах памяти важными характеристиками являются быстродействие и степень интеграции.

В настоящее время подавляющее число ячеек памяти создается на основе транзисторов. Постоянное усовершенствование технологии позволяет уменьшать их размеры, тем самым увеличивая количество ячеек на единицу поверхности, но с каждым новым увеличением интеграции происходит значительное усложнение технологии. Решением данной проблемы может стать использование мемристоров, которые занимают меньшую площадь, имеют достаточно высокое быстродействие, а также энергонезависимы (при отключении питания мемристор сохраняет свое состояние).

Мемристор – один из четырех базовых пассивных элементов, появление которого было предсказано в 1971 году профессором Леоном Чуа [1]. В 2008 году HP labs объявили о получении прототипа мемристора [3]. Особенность этого элемента заключается в способности изменять свое сопротивление при приложении напряжения, а также сохранять свое состояние при отключении питания [4]. Такое свойство мемристора позволяет применять его в многоуровневой логике, нейронных сетях, а также в ячейках памяти.

Мемристор представляет собой структуру металл-диэлектрик-металл. При создании используются различные материалы, но чаще всего применяются оксид титана и платина. Рабочим телом является оксид титана, платина выполняет роль двух терминалов, к которым прикладывается напряжение [5]. Структура имеет размеры 40×40 нм, что по сравнению с транзистором в 5–6 раз меньше (при 32 нм технологии).

Для моделирования ячейки памяти в САПР Cadence была разработана схемотехническая модель мемристора. На ее основе разработана ячейка памяти, которую можно разделить на три составляющие части: ячейка памяти (рис. 1), схема записи (рис. 2) и схема считывания (рис. 3).

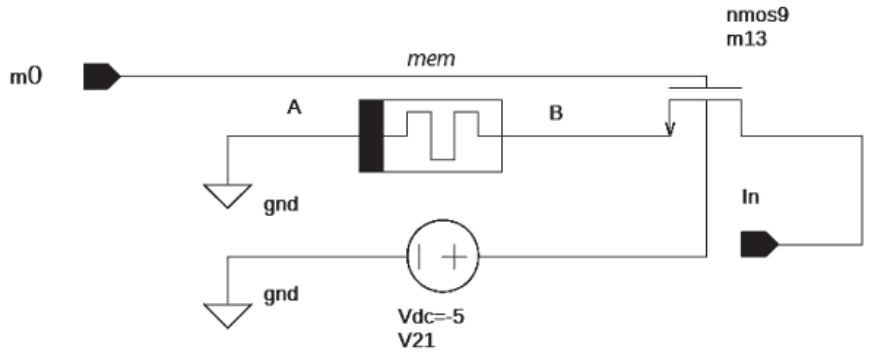


Рис. 1. Ячейка памяти

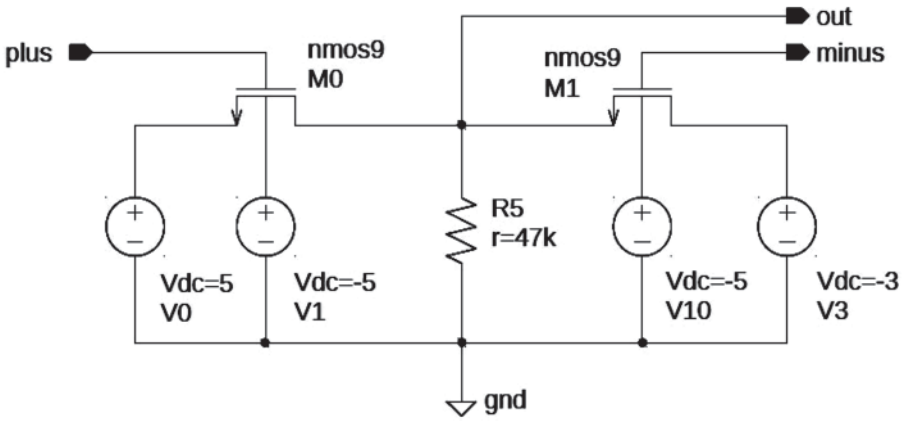


Рис. 2. Схема записи

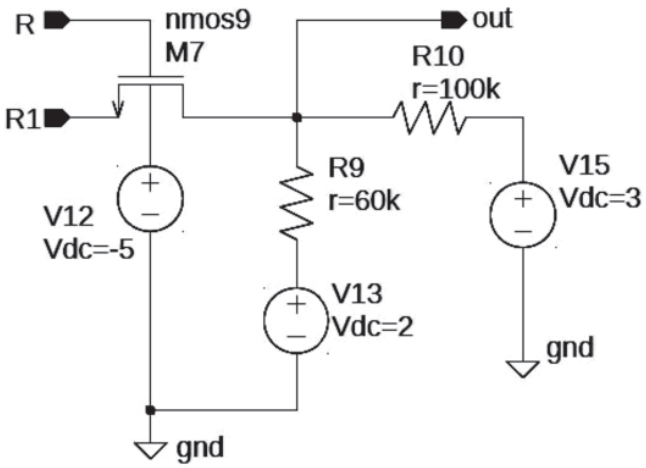


Рис. 3. Схема считывания

Ячейка памяти состоит из транзистора и мемристора. Транзистор выполняет роль ключа, который открывает доступ к мемристору. Особенность заключается в том, что к подложке транзистора подключается –3 В, а на затвор подается +5 и –5 В. Это необходимо для того, чтобы транзистор пропускал положительное и отрица-

тельное напряжение. Благодаря этому на один из терминалов мемристора подается +2 и –2 В (в то время как второй терминал подключен к земле), и соответственно мемристор может перейти в нужное состояние.

Для перезаписи мемристора необходима схема записи, которая представлена на рис. 2. Она состоит из двух транзисторов и двух источников напряжения. На подложки транзистора так же подается напряжение в –3 В. Когда на терминал Plus подается +5 В, транзистор открывается. Напряжение в +3 В, генерируемое источником напряжения, проходя через открытый транзистор, подается на сток транзистора в ячейке памяти, и если он открыт, +3 В прикладывается к мемристору, переводя его в ON состояние (состояние с низким сопротивлением, равным 1 кОм). Когда же на терминал Minus подается +5 В, на сток транзистора в ячейке памяти подается –3 В, и мемристор соответственно может переключиться в OFF состояние (состояние с низким сопротивлением, равным 100 кОм).

Чтобы определить состояние мемристора, можно использовать схему считывания, которая работает по принципу делителя напряжения. Напряжение делится между резистором в 100 кОм и мемристором. Резистор номиналом 60 кОм необходим для получения нужных значений напряжения при разных логических уровнях. В результате при сопротивлении на мемристоре 2 кОм на выход приходит 0,2 В, при 100 кОм, соответственно, 1 В.

Предложенная принципиальная схема была промоделирована в САПР Cadence, в результате чего была получена временная диаграмма представленная на рис. 4. На ней можно увидеть, что при одновременном приложении напряжения +5 В на транзистор открывающий доступ к мемритору (/m) и транзистор, позволяющий приложить +3 В (/plus), мемристор переходит в On состояние, и при последующим считывании (приложении +5 В к терминалу /R) на выход (/out) приходит 0,2 В. При приложении +5 В к терминалу minus, мемристор переходит соответственно в Off состоянии, и на выход, при чтении, приходит 1 В.

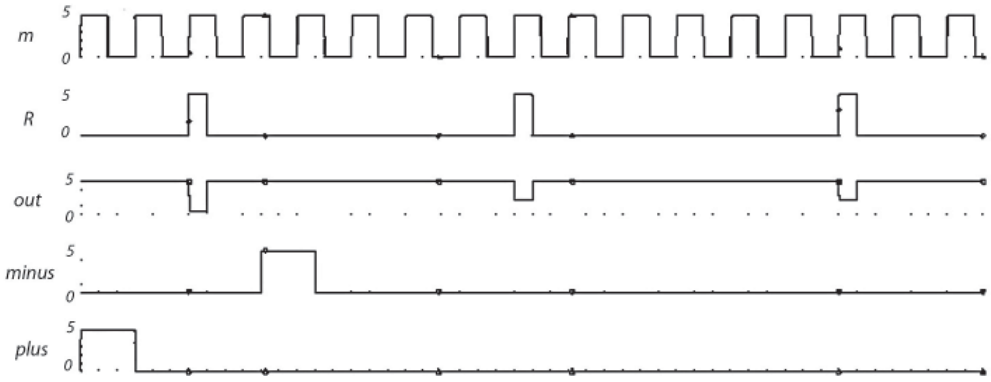


Рис. 4. Временная диаграмма ячейки памяти

Преимущество представленной схемы заключается в использовании одинаковых транзисторов, что позволяет сократить до минимума количество производственных этапов. Также малый размер ячейки дает возможность создавать память с очень высокой плотностью.

Используя предложенное схемотехническое решение, можно спроектировать LUT (LookUp Table) для функциональных блоков ПЛИС. Особенность данной схемы заключается в возможности использовать одну схему считывания и записи на несколько ячеек памяти. Количество ячеек ограничивается только паразитной емкостью проводников, которая может повлиять на скорость переключения мемристоров. Однако значение данной емкости сравнительно не большое, поэтому можно использовать одну схему считывания и записи на 16 ячеек памяти (рис. 5).

LUT в функциональных блоках ПЛИС, созданных на основе мемристоров, имеют в 20–25 раз меньшую площадь по сравнению с ячейками памяти на транзисторах. Также мемристоры энергонезависимы, что позволяет более эффективно использовать их в теневой памяти. Скорость чтения составляет 10 нс [2], что также удовлетворяет требованиям памяти в функциональных блоках ПЛИС.

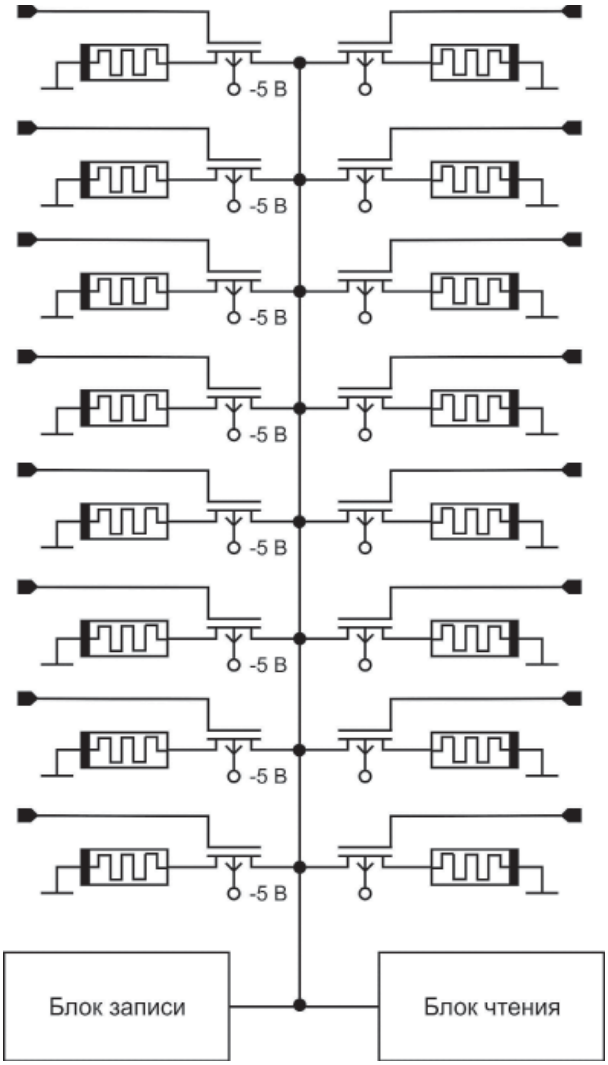


Рис. 5. Схема LUT для функциональных блоков ПЛИС

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение №14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Chua L.O. Memristor–the missing circuit element // IEEE Trans. Circuit Theory, CT-18, 1971. – №. 5. – P. 507–519.

2. Hackett N.G., Hamadani B., Dunlap B. at al. A flexible solution-processed memristor // IEEE Electron Devic. Lett. – July 2009. – Vol. 30, №. 7. – P. 706–708.

3. Strukov D.B., Snider G.S., Stewart D.R., Williams R.S. The missing memristor found // Nature, 453. – 2008. – P. 80–83.

4. Wuttig M. and Yamada N. 2007 Phase-change materials for rewriteable data storage Nat. Mater. 6 824–32.

5. Yang J.., Pickett M.D., Li X. at al. Memristive switching mechanism for metal/oxide/metal nanodevices // Nat. Nanotechnol. – June 2008. – Vol. 3. – P. 429–433.

References

1. Chua L.O. Memristor–the missing circuit element // IEEE Trans. Circuit Theory, CT-18, 1971. no. 5. pp. 507–519.

2. Hackett N. G., Hamadani B., Dunlap B. at al. A flexible solution-processed memristor // IEEE Electron Devic. Lett., July 2009. vol. 30, no. 7. pp. 706–708.

3. Strukov D.B., Snider G.S., Stewart D.R., Williams R.S. The missing memristor found // Nature, 453. 2008. pp. 80–83.

4. Wuttig M and Yamada N 2007 Phase-change materials for rewriteable data storage Nat. Mater. 6 824–32.

5. Yang J.J., Pickett M.D., Li X. at al. Memristive switching mechanism for metal/oxide/metal nanodevices // Nat. Nanotechnol., June 2008. vol. 3. pp. 429–433.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор Научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Южного федерального университета, г. Таганрог;

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 621.382

ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫЕ АСИНХРОННЫЕ РЕГИСТРЫ НА ОСНОВЕ МЕМРИСТОРОВ ДЛЯ НИЗКОПОТРЕБЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

[1]Ковалев А.В., [1]Малюков С.П., [2]Пермяков Н.В.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru

Описывается реализация энергонезависимого асинхронного регистра, который использует наноразмерные мемристоры в качестве элемента памяти при отключении питания (намеренном или случайном). Показана возможность тесной интеграции мемристоров с КМОП-схемами, отличающейся от традиционного подхода использования энергонезависимой памяти в виде отдельного относительно крупного, медленного и «монолитного» блока на нижнем уровне проектной иерархии. Моделирование и анализ подтвердили успешную работу схемы хранения состояния регистра и его восстановления. Полученные результаты показывают, что интеграция цифровых асинхронных логических устройств и мемристоров может открыть путь для разработки и применения энергонезависимых вычислительных приложений на малых аппаратных платформах, которые работают от нестабильных или часто отключаемых источников энергии. Предложенный в данной статье подход объединения достоинств асинхронных схем и мемристоров позволит создавать низкопотребляющие приложения для различных мобильных, носимых или просто эксплуатирующихся в жестких полевых условиях электронных устройств. А также сохранять и обрабатывать ценные данные, получаемые, например, массивом сенсорных элементов, питающихся от альтернативного источника энергии с нестабильными периодами генерации – солнечной панели или ветроустановки.

Ключевые слова: мемристоры, асинхронные схемы, энергонезависимость

NONVOLATILE ASYNCHRONOUS REGISTERS BASED ON MEMRISTORS FOR LOW-POWER COMPUTING SYSTEMS

[1]Kovalev A.V., [1]Malukov S.P., [2]Permyakov N.V.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru

The paper describes the implementation of an asynchronous nonvolatile register that uses nanoscale memristors as storage elements when power is turned off (either intentionally or accidentally). This suggests the possibility of integration with CMOS circuits and memristors. This differs from the traditional approach of using non-volatile memory as a single separate large, slow and «monolithic» block on the lower level of design hierarchy. Modeling and analysis confirmed the successful operation of the register circuit – state was storaged and restored from it. These results indicate that the integration of asynchronous digital logic devices and the memristors could open the way for the development and application of non-volatile computing applications for small hardware platforms that operate on unstable or accidentally disconnected sources of energy. The proposed approach combining the advantages of asynchronous circuits and memristors will create low-power applications for various mobile, portable or simply operating electronic devices in harsh environment. And also to maintain and process valuable information obtained, for example, an array of sensor elements, fed from an alternative source of energy from unstable periods of generation – solar panels or wind turbines.

Keywords: memristors, asynchronous circuits, non-volatility

Мемристорные устройства, обладающие возможностью динамического изменения проводимости в зависимости от предыдущих состояний и режимов протекания тока, могут быть использованы как элементы энергонезависимой памяти для хранения конфигурации в программируемых логических интегральных схемах или для «замораживания» данных вычислений при отключении питания [10].

В работе [8] описан подход к интеграции мемристоров с синхронными триггерами КМОП-схем, при котором мемристоры как отдельные элементы энергонезависимой памяти разбросаны по всей схеме (при каждом триггере). В данном подходе, в частности, не учитывается внезапное (непланируемое) отключение питания, а также то, что в таких синхронных схемах дополнительно потребуется управление тактированием триггеров при возникновении необходимости записать состояние в мемристорный элемент. Построение электронных устройств на базе асинхронной логики дает значительный выигрыш по энергоэффективности [1, 2, 3].

В большинстве вычислительных систем электропитание отключается или теряется время от времени. Во время потери мощности большая часть данных, хранящаяся в энергозависимых схемах, может быть сохранена в энергонезависимой памяти, а затем восстановлена, когда возобновляется подача тока.

Для основных традиционных технологий энергонезависимой памяти операция сохранения относительно медленная (десятки или сотни микросекунд для Flash) в срав-

нении с записью на жёсткий диск (единицы миллисекунд). Неожиданное отключение питания (по разным причинам: кончился заряд аккумулятора, прервался питающий контакт при вибрации, прекратил генерировать достаточно тока альтернативный источник энергии и т.п.) во время записи или обработки данных может привести к их потере.

Описана концепция [9, 10, 11] и экспериментальная демонстрация [15] интеграции наноразмерных мемристорных элементов с КМОП-схемами, при которой мемристоры располагаются над каждым триггером вычислительных блоков и соответственно практически не требуют дополнительной площади кристалла, т.е. энергонезависимая память может быть неразрывно вплетена в вычислительную структуру, а не располагать отдельным относительно медленным блоком.

В частности, это тесная интеграция может дать экономичные, миниатюрные однокристальные платформы, которые могут сохранять свое состояние за один такт для применения в портативных устройствах с прерывистым источником энергии.

В этой статье представляется схема энергонезависимого асинхронного регистра, которая основывается на мемристорном устройстве в качестве элемента энергонезависимой памяти для гибридных кристаллов КМОП/мемристоры.

На рис. 1 показаны циклы переключения мемристора между открытым и закрытым состояниями.

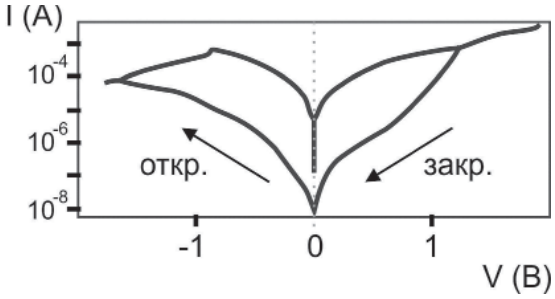


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика мемристора из [12] (ось тока в логарифмическом масштабе)

1. Энергонезависимая схема асинхронного регистра

Асинхронные двухпроводные регистры-защелки [7] позволяют сохранять и передавать биты данных (бит представлен двумя проводниками D0 и D1) при одновременном контроле корректности состояний входящих информационных сигналов, т.е. такой регистр определяет факт поступления данных и генерирует сигнал подтверждения (Ack) этого события. Такое поведение является независимым от задержек и обеспечивает надежную работу. На рис. 2 показан пример объединения асинхронных двухпроводных регистров-защелок в единый конвейер, независимый от задержек поступления данных. На рисунке в схеме используется С-элемент Маллера [5].

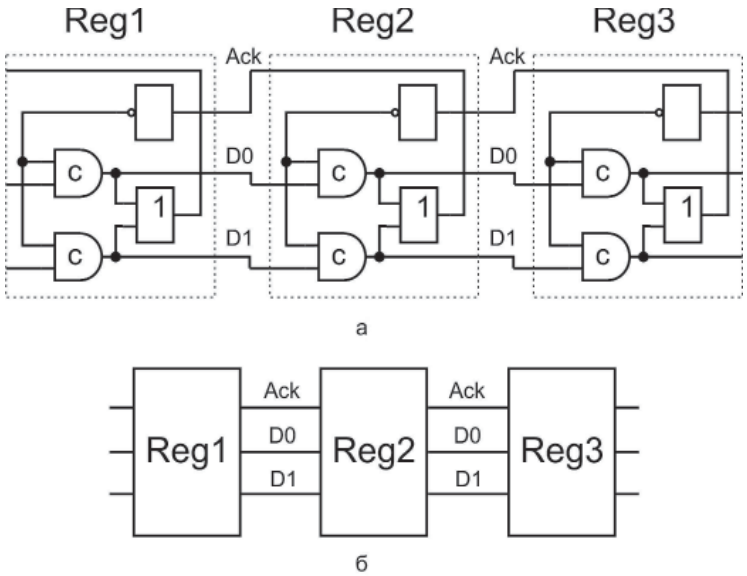


Рис. 2. Асинхронный сдвиговый регистр из двухпроводных четырехфазных регистров-защелок: а – внутренняя схема с С-элементами; б – абстрактный вид

Элемент ИЛИ на рис. 2 объединяет выходы С-элементов и генерирует сигнал подтверждения для предыдущего каскада, говорящий о том, что данные получены и зафиксированы. Вход подтверждения Ack, принимающий сигнал со следующего каскада, управляет приемом новой порции входных данных в отдельно взятом регистре-защелке.

Подобный конвейер FIFO (First In First Out) использован для апробации подхода к интеграции асинхронных схем и мемристоров в качестве распределенной энергонезависимой памяти. При этом стоит учесть, что в упомянутом выше методе из [8] отключения питания должны быть кем-то инициированы, и соответственно должно оставаться время (как минимум 1–2 тактовых периода или время переключения мемристора) на запись информации в мемристоры, предлагаемая схема такого устройства показана на рис. 3.

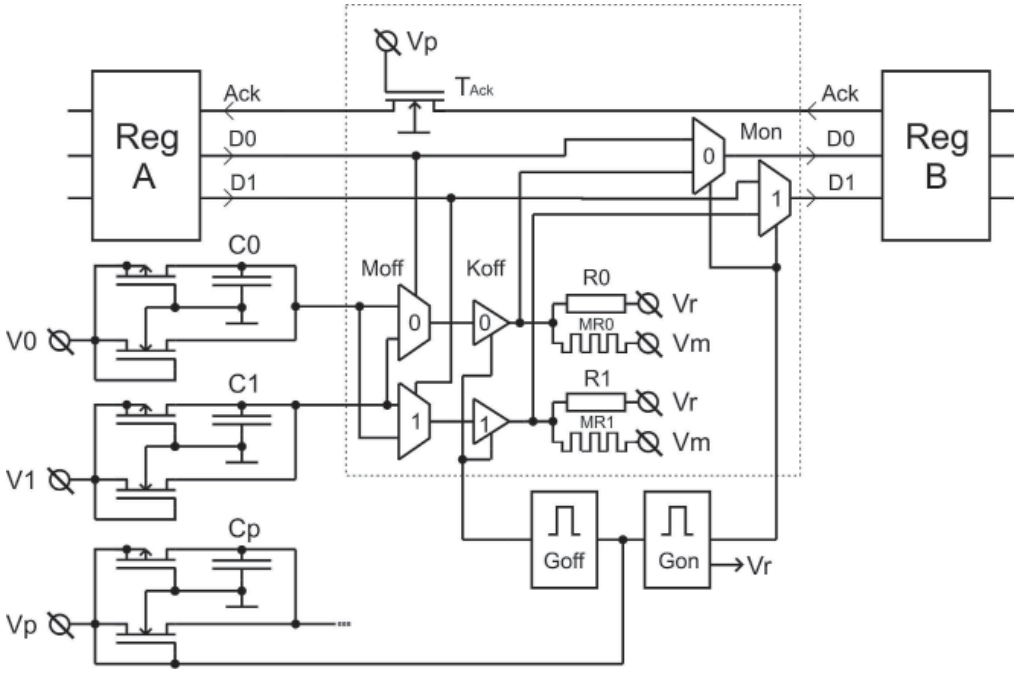


Рис. 3. Схема запоминания состояний асинхронных регистров

На рис. 3 отображена структура, запоминающая состояния двух проводников, представляющих один информационный бит. Поскольку упомянутый асинхронный конвейер работает по четырехфазному протоколу, то по двум информационным проводникам регистра передается не два, а три состояния: «1», «0» и «нет данных». По этой причине для их запоминания нельзя обойтись только одним мемристором.

Для записи состояния в мемристор часто требуется прикладывать к его выводам напряжение, отличное от общего питающего и используемого в остальной схеме. С этой целью предусмотрены терминалы V1 и V0, которые служат для записи состояний «1» и «0» в мемристоры, соответственно. Напряжение на втором выводе мемристоров Vm, как правило, равно 0 В.

Терминал Vp – для общего питающего напряжения всей схемы (кроме мемристоров). Сигнал Vr служит для управления записью и чтением состояний мемристоров. Его формирует блок Gon, который выдает один импульс необходимого напряжения Vr сразу после включения питания на вспомогательный резистор для чтения состояний мемристоров.

В предложенной схеме (см. рис. 3) в левой части присутствуют конденсаторы (Cp, C0 и C1), которые предназначены для поддержания уровней питающих напряжений в течение времени записи в мемристоры (10 нс и менее) сразу после внезапного отключения питания. Между конденсаторами и терминалами подключения питания вставлено по паре транзисторов, составляющих проходной ключ, который находится в открытом состоянии, если питание присутствует, и переходит в закрытое, когда питание исчезает. Это сделано с целью нейтрализовать внутреннее сопротивление «севшего» аккумулятора, батареи или обмотки генератора при разряде соответствующего конденсатора, т.е. разряд Cp, C0 и C1 сразу после исчезновения внешнего питания будет происходить практически полностью через полезную схему.

Емкость конденсаторов может быть определена на основе заданных исходных параметров общей потребляющей схемы: мощности и напряжения питания.

Динамика разряда конденсатора будет происходить по формуле:

$$U_C = U_0 e^{-\frac{tW}{U^2 C}}, \qquad (1)$$

где U_C – текущее напряжение на конденсаторе; U_0 – начальное напряжение; t – текущее

время с начала разряда; W – потребляемая мощность схемы; U – напряжение питания схемы; C – емкость конденсатора.

Таким образом, после преобразований (1), время разряда до конкретного уровня напряжения можно определить так:

$$T_C = -\frac{\ln\left(\frac{U_C}{U}\right)U^2 C}{W}. \qquad (2)$$

Время, необходимое для записи состояний в мемристоры, как уже упоминалось, должно быть около 10 нс. В нашем случае, для надежности примем его равным 20 нс. Также для питания схемы на период записи состояний в мемристоры зададим необходимое напряжение, которое отличается от питающего в нормальном режиме не более чем на 2%. Другими словами, в период записи напряжение при разряде должно снизиться до уровня 98%.

Подставив указанные числовые значения в (2), получим требуемую емкость:

$$C = -\frac{2\cdot 10^8 W}{\ln\left(\frac{49}{50}\right)U^2}.$$

На рис. 4 показана поверхность, определяемая последним выражением.

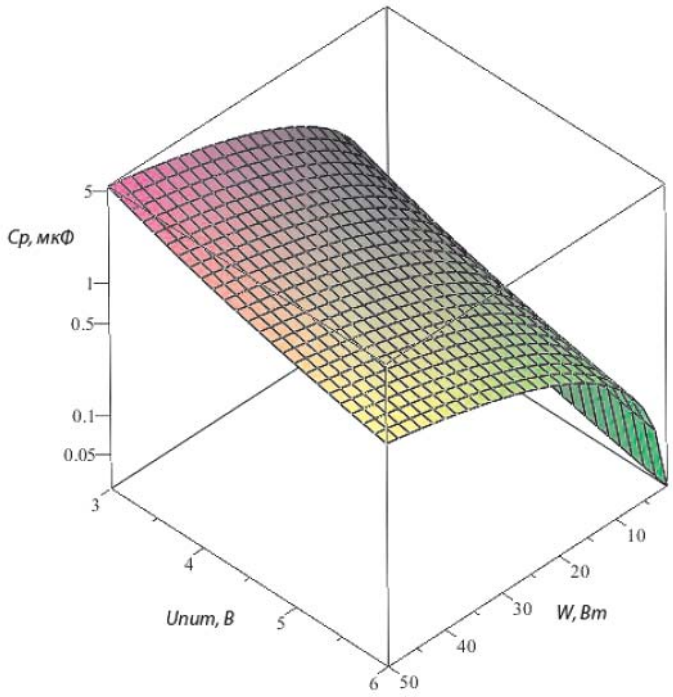


Рис. 4. Зависимость требуемой емкости конденсатора от напряжения питания (U) и потребляемой мощности схемы (W). Вертикальная шкала в логарифмическом масштабе

Как можно видеть на диаграмме (рис. 4), для схем с малым потреблением (порядка 1 Вт) и питанием, например, 5 В, необходимая емкость начинается с 30–40 нФ.

Роль мемристоров в схеме на рис. 3 следующая: при внезапном отключении питания закрываются проходные ключи и начинается разряд конденсаторов, т.е. поддержание работоспособного уровня напряжения. Одновременно с этим блок Goff генерирует один прямоугольный импульс длиной 10–20 нс, который открывает ключи, пропускающие напряжение записи непосредственно на мемристоры. Величина напряжения записи зависит от состояния проводников (D0, D1) двухпроводного информационного выхода левого регистра (Reg A), т.е. D0 и D1 управляют мультиплексорами напряжений V0 и V1.

В момент возобновления питания блок Gon генерирует один прямоугольный импульс, переключающий мультиплексоры на мемристоры. Длины импульса должно хватить на считывания состояния с делителя напряжения (мемристор и вспомогательный резистор) и запись уровня в правый регистр (Reg B).

Блокирующий транзистор (TAck) на сигнале Ack предохраняет от передачи подтверждения регистру Reg A во время записи его состояний в мемристоры.

После подачи питания схема работает в обычном режиме асинхронного конвейера. При этом мультиплексоры Mon_0

и Mon_1 переключены на проводники D0 и D1, а состояние Moff_0 и Moff_1 не имеет значения, т.к. проходные ключи (K_0, K_1) закрыты.

Если напряжение, снимаемое с делителя напряжения, недостаточно для записи состояния в регистр, то следует добавить в схему пороговый элемент (компаратор) для выделения четкого сигнала.

2. Моделирование

Для реализации мемристоров могут быть использованы различные материалы, в том числе материалы с изменением фазы [6, 14], оксиды металлов [4, 13] и др. Эти материалы различаются по свойствам, например, по скорости переключения состояний мемристора.

Для моделирования в работе использованы мемристоры на основе диоксида титана (хорошая совместимость с КМОП-процессами), размерами 50×50 нм^2, время переключения менее 10 нс, время хранения состояния более 1 года, высокий уровень выхода годных [12].

На основе созданной SPICE-модели мемристора проведено смешанное цифро-аналоговое моделирование. На рис. 5 показан фрагмент временной диаграммы режимов записи и чтения состояний мемристоров.

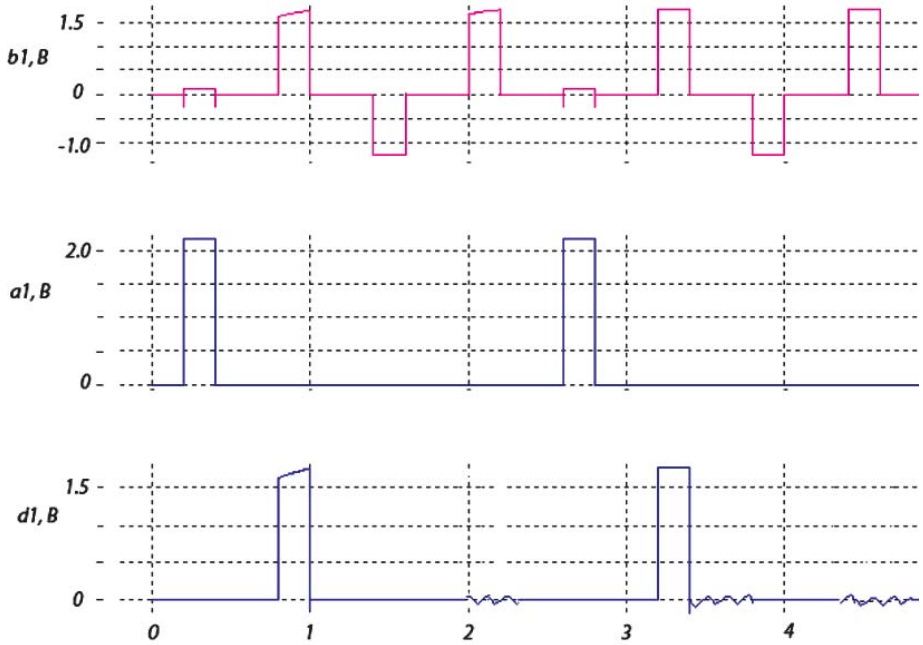


Рис. 5. Диаграммы записи и чтения состояний мемристоров

Предложенная схема позволяет избежать статического потребления мощности мемристорами, т.к. ток в них во время операционной (нормальной) работы практически отсутствует ($Vm = 0$, $Vr = 0$, а выход ключей – в третьем состоянии).

Последовательность событий, заданная при моделировании: включение питания, установка бита «1» в регистр Reg A, выключение питания и запись состояния в мемристор, включение питания и чтение состояния из мемристора, запись этого состояния в регистр Reg B, далее повторение той же последовательности для бита «0».

Для повышения числа безошибочных циклов, как правило, увеличивают ширину подходящих к мемристорам проводников и/или используют низкорезистивные материалы.

Выводы

В статье показано, что мемристор может использоваться в качестве элементов памяти в энергонезависимой схеме асинхронных регистров. Подобные схемы могут быть использованы для построения «энергонезависимых» процессоров, т.е. для функциональных блоков, у которых логическое состояние может быть сохранено за очень короткое время, что позволяет создавать вычислительные системы, питающиеся от нестабильных (прерывистых во времени) источников энергии, таких, как ветрогенераторы, солнечные батареи, приливные генераторы и т.п.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение №14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Ковалев А.В. Метод проектирования быстродействующих асинхронных цифровых устройств с малым энергопотреблением // Известия вузов. Электроника. – 2009. – № 1. – с. 48–53.

2. Ковалев А.В. Технологии энергосбережения в микроэлектронных устройствах: монография. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 100 с.

3. Brej C., Garside J.D. A Quasi-Delay-Insensitive Method to Overcome Transistor Variation // In Proceedings of the 18th International Conference on VLSI Design held jointly with 4th International Conference on Embedded Systems Design (VLSID ‘05). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2005. - P. 368–373.

4. Gibbons J F and BeadleW E 1964 Switching properties of thin NiO films Solid-State Electron. 7 785–90.

5. Muller D.E. and Bartky W.S. A Theory of Asynchronous Circuits // Proceedings of an Interantional Symposium on the Theory of Switching, Cambridge, MA: Harvard Univer. – Press, 1959. – P. 204–243.

6. Ovshinsky S R 1968 Reversible electrical switching phenomena in disordered structures Phys. Rev. Lett. 21 1450–3.

7. Principles of asynchronous circuit design – A systems perspective / J. Sparsø and S. Furber (eds). Kluwer Academic Publishers, 2001 (ISBN 0-7923-7613-7).

8. Robinett W., Pickett M., Borghetti J., Xia Q.F., Snider G.S., Medeiros-Ribeiro G. and Williams R.S.A memristor-based nonvolatile latch circuit // Nanotechnology – NANOTECHNOL. – 2010. – vol. 21, no. 23. – 235203.

9. Snider G S and Williams R S 2007 Nano/CMOS architectures using a field-programmable nanowire interconnect Nanotechnology 18 035204.

10. Strukov D.B., Snider G.S., Stewart D.R. and Williams R.S. 2008 The missing memristor found Nature 453 80–3.

11. Strukov D.B. and Likharev K.K. 2005 CMOL FPGA: a reconfigurable architecture for hybrid digital circuits with two-terminal nanodevices Nanotechnology 16 888–900.

12. Strukov Dmitri B., Borghetti Julien L., Yang J. Joshua, Snider Gregory S., Stewart Duncan R., Williams R. Stanley Switching dynamics in titanium dioxide memristive devices // Journal of Applied Physics; Oct 2009, Vol. 106 Issue 7, pp. 074508 – 074508-6.

13. Waser R., Dittmann R., Staikov G. and Szot K. 2009 Redox-based resistive switching memories–nanoionic mechanisms, prospects, and challenges Adv. Mater. 21 2632–63.

14. Wuttig M and Yamada N 2007 Phase-change materials for rewriteable data storage Nat. Mater. 6 824–32.

15. Xia Q et al 2009 Memristor/CMOS hybrid integrated circuits for reconfigurable logic Nano Lett. 9 3640–5.

References

1. Kovalev A.V. A method of designing high-speed asynchronous digital devices with low-power consumption // Izvestiya Vuzov. Electronics. no. 1, 2009. pp. 48–53.

2. Kovalev A.V. Energy saving technologies in microelectronic devices. Monograph./ Taganrog: TIT SFU Publisher, 2009. 100 p.

3. Brej C., Garside J.D. A Quasi-Delay-Insensitive Method to Overcome Transistor Variation // In Proceedings of the 18th International Conference on VLSI Design held jointly with 4th International Conference on Embedded Systems Design (VLSID ‘05). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2005. pp. 368–373.

4. Gibbons J F and BeadleW E 1964 Switching properties of thin NiO films Solid-State Electron. 7 785–90.

5. Muller D.E. and Bartky W.S. A Theory of Asynchronous Circuits // Proceedings of an Interantional Symposium on the Theory of Switching, Cambridge, MA: Harvard Univer. Press, 1959. pp. 204–243.

6. Ovshinsky S R 1968 Reversible electrical switching phenomena in disordered structures Phys. Rev. Lett. 21 1450–3.

7. Principles of asynchronous circuit design – A systems perspective / J. Sparsø and S. Furber (eds). Kluwer Academic Publishers, 2001 (ISBN 0-7923-7613-7).

8. Robinett W., Pickett M., Borghetti J., Xia Q.F., Snider G.S., Medeiros-Ribeiro G. and Williams R.S. A memristor-based nonvolatile latch circuit // Nanotechnology – NANOTECHNOL, vol. 21, no. 23, 235203, 2010.

9. Snider G.S. and Williams R.S. 2007 Nano/CMOS architectures using a field-programmable nanowire interconnect Nanotechnology 18 035204.

10. Strukov D.B., Snider G.S., Stewart D.R. and Williams R.S. 2008 The missing memristor found Nature 453 80–3.

11. Strukov D.B. and Likharev K.K. 2005 CMOL FPGA: a reconfigurable architecture for hybrid digital circuits with two-terminal nanodevices Nanotechnology 16 888–900.

12. Strukov Dmitri B., Borghetti Julien L., Yang J. Joshua, Snider Gregory S., Stewart Duncan R., Williams R. Stanley Switching dynamics in titanium dioxide memristive devices // Journal of Applied Physics; Oct 2009, Vol. 106 Issue 7, pp. 074508 – 074508-6.

13. Waser R., Dittmann R., Staikov G. and Szot K. 2009 Redox-based resistive switching memories–nanoionic mechanisms, prospects, and challenges Adv. Mater. 21 2632–63.

14. Wuttig M. and Yamada N. 2007 Phase-change materials for rewriteable data storage Nat. Mater. 6 824–32.

15. Xia Q. et al 2009 Memristor/CMOS hybrid integrated circuits for reconfigurable logic Nano Lett. 9 3640–5.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор Научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Южного федерального университета, г. Таганрог;

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 621.382.8 : 658.512.2.011.5

СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕМРИСТОРА В САПР CADENCE

[1]Коноплев Б.Г., [1]Ковалев А.В., [1]Кальсков В.В., [1]Лукьяненко Е.Б., [1]Кальсков А.В., [2]Комаров И.А.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail:andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail:andr@fep.tti.sfedu.ru

Для моделирования мемристоров, применяемых в качестве элементов оперативной памяти, разработана схемотехническая модель, которую можно использовать в средствах проектирования сверхбольших интегральных схем (СБИС), таких как система автоматизированного проектирования (САПР) Cadence. Предложенная модель предназначена для использовании в САПР при проектировании элементов и блоков энергонезависимой памяти на базе мемристоров. Функциональные блоки модели разработаны на языке Spectre. Отличие ее от аналогов заключается в механизме преобразования промежуточной величины, отвечающей за эффект памяти, в сопротивление мемристора, что отражено в приводимом авторами выражении. Кроме того, введенные пороги ограничения позволяют многократно перепрограммировать элементы памяти, построенные на основе разработанной модели. Исследованы особенности функционирования мемристора в граничных состояниях. На модели получена вольт-амперная характеристика мемристора.

Ключевые слова: мемристор, схемотехническая модель, элемент памяти

SCHEMATIC MODEL OF MEMRISTOR FOR CADENCE SYSTEM

[1]Konoplev B.G., [1]Kovalev A.V., [1]Kalskov V.V., [1]Lukyanenko E.B., [1]Kalskov A.V., [2]Komarov I.A.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]National Research University «MIEE», Moscow, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru

For modeling memristors used as elements of memory, designed circuitry model that can be used in a design tool VLSI circuits, such as computer-aided design (CAD) Cadence. The proposed model is designed for use in CAD for design elements and blocks of non-volatile memory based on memristors. The function blocks are designed in a model language Spectre. Unlike its counterparts of the mechanism is to convert the intermediate value corresponding to a memory effect in the resistance of the memristor, which is reflected in the reducible sponsored expression. In addition, the thresholds imposed restrictions allow repeatedly reprogram the memory elements that are based on the developed model. The features of the functioning of the memristor in the boundary conditions. On the model obtained current-voltage characteristic of the memristor.

Keywords: memristor, schematic model, memory element

В начале 1970-х годов была предложена концепция использования в электрических цепях нового пассивного элемента – мемристора [2]. Исследователи из лаборатории HP Labs в 2008 году создали работающий прототип мемристора [5], главной отличительной особенностью которого является то, что он может сохранять свое состояние (сопротивление) при отсутствии питания. Применение мемристоров в вычислительных системах делает возможным улучшение показателей их энергоэффективности, а также позволяет создавать надежные и высокоинтегрированные аналоговые компьютеры,многоуровневуюлогикуи нейронные системы.

Мемристор представляет собой структуру металл-диэлектрик-металл, в которой в качестве диэлектрика обычно используется тонкая пленка диоксида титана (TiO_2) [5]. Изменение сопротивления при прохождении тока через мемристор в большей мере связано с модуляцией ионной проводимости, которая обусловлена перемещением вакансий кислорода в диэлектрике [4].

С уменьшением топологических размеров мемристоров эффект мемризистивности и нелинейность величин дрейфа носителей заряда проявляется сильнее, поэтому для моделирования и проектирования микросхем на основе мемристоров необходимо как можно точнее учитывать параметры изменения мемризистивности в схемных моделях компонентов.

На рис. 1 представлена схемотехническая модель мемристора [1].

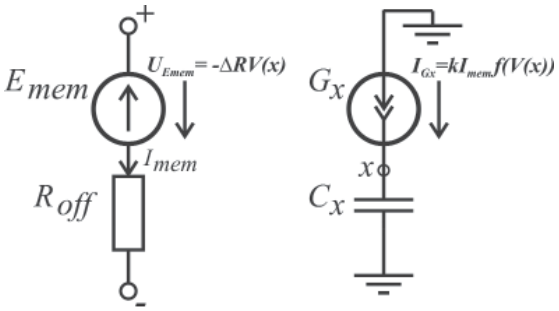


Рис. 1. Эквивалентная схема мемристора из [1]

Ток I_{mem}, проходящий через R_{off} (эквивалентное сопротивление мемристора при толщине обедненной кислородом области w, равной 0), оказывает влияние на генератор тока Gx, который будет создавать ток, численно равный:

$$kI_{mem}\mathrm{f}(V(x)), \qquad (1)$$

где x – отношение толщины обедненной области (насыщенной вакансиями кислорода) w к общей толщине слоя диоксида титана L ($x \in (0,1)$); $V(x)$ – функция, возвращающая численное значение x в вольтах.

Коэффициент k из формулы (1) определяется с помощью заданных технологических параметров:

$$k = \frac{\mu_v R_{on}}{L^2}, \qquad (2)$$

где μ_v – подвижность носителей заряда; R_{on} – эквивалентное сопротивление мемристора при толщине обедненной кислородом области w равной L (т.е. в открытом состоянии).

Функция $f(x)$ в (1) выполняет корректировку нелинейности дрейфа примеси и рассчитывается по формуле [3]:

$$f(x) = 1-(2x-1)^{2p}, \qquad (3)$$

где p – положительный корректирующий коэффициент, $p \in [1, \infty)$.

Корректирующая функция $f(x)$ принимает значения от 0 до 1 (рис. 2), причем в крайних точках она равна 0.

На рис. 1 конденсатор Cx выполняет роль интегратора тока генератора Gx.

Параметр x также оказывает влияние на источник напряжения, численное значение напряжения которого (E_{mem}) рассчитывается по формуле:

$$-\Delta R V(x), \qquad (4)$$

где $\Delta R = R_{off} - R_{on}$.

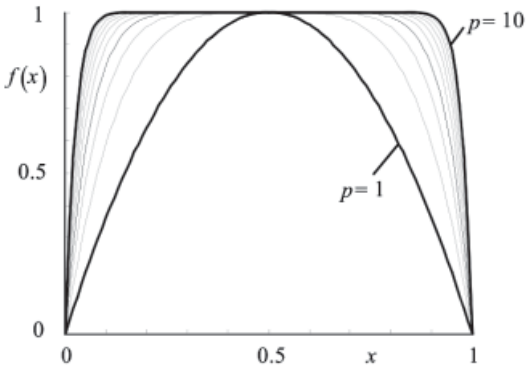


Рис. 2. Семейство графиков функции f(x)

К недостатку описанной модели можно отнести невозможность многократно изменять сопротивление мемристора, т.е. при граничных значениях функции $f(x) = 0$, мемристор уже не может изменить свое состояние (модель подходит для описания элементов с однократной записью) [1].

Для моделирования мемристоров, применяемых в качестве элементов оперативной памяти, необходима приближенная к реальности функциональная модель, которую можно будет использовать в средствах проектирования СБИС, таких как САПР Cadence.

Авторами предлагается схемотехническая модель, учитывающая особенности функционирования мемристора в качестве элемента памяти. Структурная схема представлена на рис. 3.

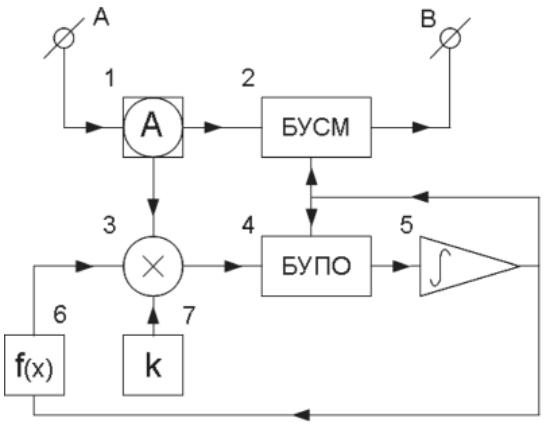


Рис. 3. Структурная схема модели мемристора

Основными блоками схемы являются (номера соответствуют обозначениям на рисунке):

1) сенсор тока мемристора (A);

2) блок управления сопротивлением мемристора (БУСМ);

3) умножитель;

4) блок управления порогами ограничения (БУПО);

5) интегратор;

6) функциональный блок (функция $f(x)$);

7) константа, отражающая физико-топологические свойства мемристора (k).

Для реализации и использования предложенной схемотехнической модели мемристора в САПР Cadence были разработаны следующие функциональные блоки:

- источник напряжения, контролируемый напряжением (vcvs);
- умножитель (mult);
- сумматор (sum);
- усилитель с ограничением (amp);
- функциональный блок (func);
- источник тока, контролируемый напряжением (vccs).

Модель мемристора в виде схемы из функциональных блоков, описанных на язы-

ке Spectre (САПР Cadence), и стандартных компонентов схемного редактора Cadence Schematic Composer показана на рис. 4.

На представленной схеме (см. рис. 4) резистор R2, сопротивление которого принято равным 1 Ом, и сумматор (блок sum1) преобразуют численное значение тока мемристора в то же значение напряжения. Далее блок mult1 умножает ток мемристора (теперь в виде уровня напряжения) на коэффициент k (физико-топологический параметр), численно равный напряжению источника vdc1. Затем, блок mult2 умножает полученный результат на значение функции $f(x)$ (блок func).

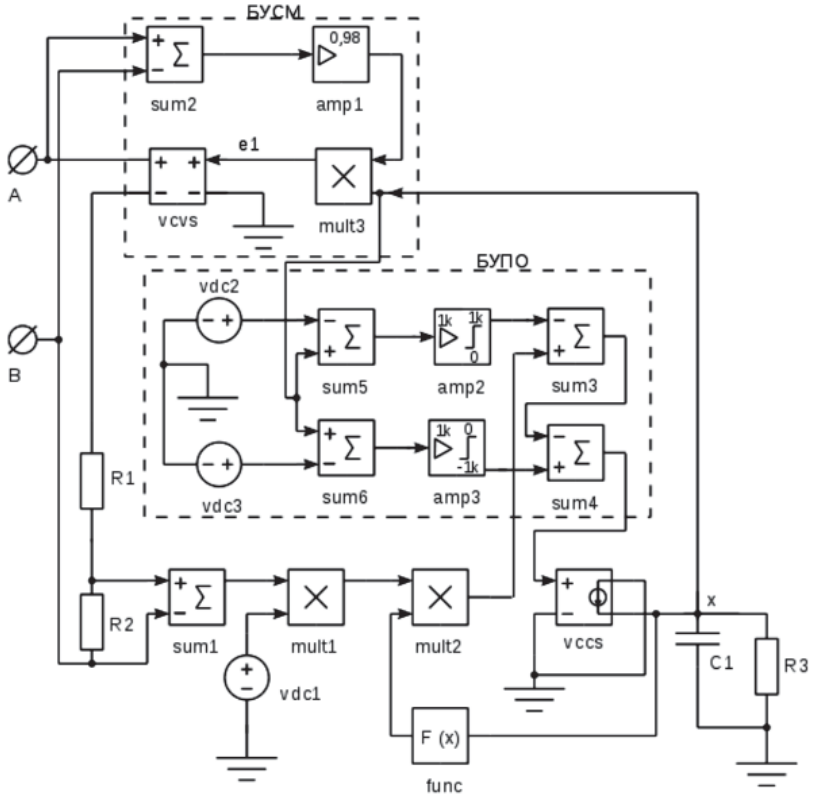


Рис. 4. Схемотехническая модель мемристора в САПР Cadence

Источник тока, управляемый напряжением vccs, преобразует выходное напряжение блока sum4 (из блока БУПО) в ток с коэффициентом преобразования, равным 1. На конденсаторе C1 этот ток интегрируется и поступает на блок умножения mult3 и блок func (для расчета функции $f(x)$). Напряжение на C1 численно равно значению параметра x.

В БУПО входят сумматоры (sum3, sum4, sum5, sum6) и усилители-ограничители (amp2, amp3), которые обеспечивают поддержание значений x в пределах от 0,001 до 0,999 за счет ограничительных элементов (amp2, amp3). Для выполнения функции ограничения в БУПО значения источников напряжения vdc2 и vdc3 выставляются равными 0,999В и 0,001В соответственно. Благодаря этому значение функции $f(x)$ никогда не будет равно 0 и 1. В противном случае по достижении аргументом x крайних значений ($x = [0] \vee x = [1]$) мемристор перестает управляться, так как функция $f(x)$ (см. рис. 2) в этих точках имеет значение 0 и при умножении (в блоке mult2) результирующее напряжение будет равно нулю. Другими словами, наличие ограничивающих элементов позволяет многократно изменять состояние мемристора.

Блок БУСМ состоит из сумматора (sum2), усилителя (amp1, коэффициент 0,98), умножителя (mult3) и источника напряжения, управляемого напряжением (vcvs).

Напряжение на терминалах мемристора равно (выход sum2):

$$U_{mem} = U(A) - U(B). \quad (5)$$

На выходе умножителя mult3 напряжение равно

$$e1 = 0{,}98 \cdot U_{mem} \cdot x. \quad (6)$$

Напряжение на выходе блока vcvs сокращает диапазон изменения напряжения, приложенного к резистору $R1$, и соответственно ток, протекающий через этот резистор, будет равен:

$$I_{mem} = \frac{U_{mem} - e1}{R1} = \frac{U_{mem}\left(1 - 0{,}98\,x\right)}{R1}. \quad (7)$$

Из формулы (7) общее сопротивление мемристора равно:

$$R_{mem} = \frac{U_{mem}}{I_{mem}} = \frac{R1}{1 - 0{,}98\,x}. \qquad (8)$$

Варьируя коэффициентом усиления усилителя amp1, можно изменять сопротивление мемристора в выключенном состоянии. Во включенном состоянии $R_{mem} = R1$.

Конденсатор C1 используется в качестве элемента памяти. При снятии напряжения со входов A и B мемристора на данном конденсаторе будет сохранен заряд, который и будет определять сопротивление мемристора. Также конденсатор отражает динамические характеристики мемристора. Чем выше его емкость, тем большее время необходимо для переключения мемристора из одного состояния в другое. В схеме емкость C1 принята равной 1 мкФ.

Резистор R3 (1 ГОм) необходим для корректной работы системы моделирования и вносит поправки в динамические свойства мемристора.

Таким образом, разработанная схемотехническая модель отличается от приведенной на рис. 1 схемы механизмом преобразования величины x в сопротивление мемристора и реализуется выражением (8). Кроме того, введенные пороги ограничения позволяют многократно перепрограммировать элементы памяти, построенные на основе разработанной модели.

Результаты моделирования мемристора представлены на рис. 5.

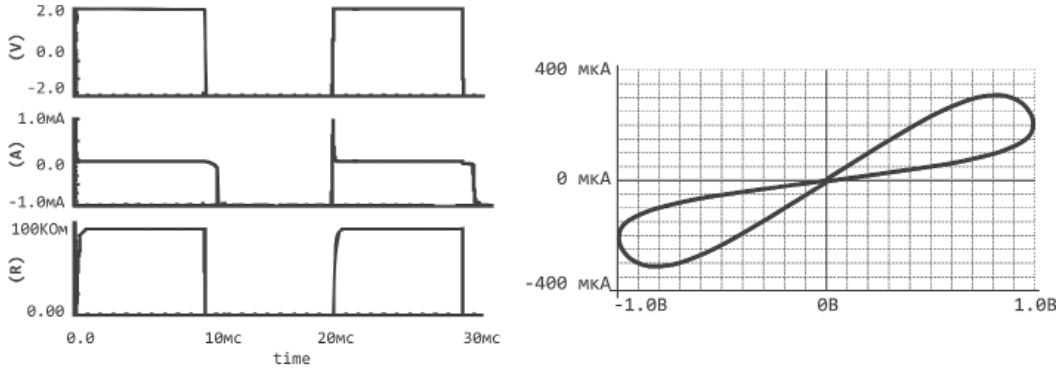


Рис. 5. Результаты моделирования схемы мемристора в САПР Cadence: а – временная диаграмма работы мемристора (диаграмма V показывает напряжение U_{mem}, диаграмма A – ток I_{mem}, диаграмма R – сопротивление R_{mem}, рассчитанное по (8)); б – гистерезис вольт-амперной характеристики

Из диаграммы напряжения (рис. 5,а) видно, что при подаче на мемристор напряжения $U_{mem} = 2$ В, мемристор переходит в состояние с высоким сопротивлением (уровень 100 кОм на диаграмме R). При подаче напряжения –2 В мемристор переключается в состояние с низким сопротивлением (уровень приблизительно 10 Ом на диаграмме R).

Разработанная модель может быть использована при проектировании интегральных схем, использующих мемристоры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение № 14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Biolek Z., Biolek D., Biolková V. SPICE model of memristor with nonlinear dopant drift // Radioengineering, 18 (2009), no. 2, pp. 210–214.

2. Chua L.O. Memristor–the missing circuit element // IEEE Trans. Circuit Theory, CT-18 (1971), no. 5, pp. 507–519.

3. Joglekar Y.N., Wolf S.J. The elusive memristor: properties of basic electrical circuits // Eur.J. Phys., 30 (2009), pp. 661–675.

4. Savel'ev S.E., Alexandrov A.S., Bratkovsky A.M., Stanley Williams R. Molecular dynamics simulations of oxide memory resistors (memristors) // arXiv.org, arXiv:1010.5656v1 [cond-mat.mes-hall] (2010), 15 p.

5. Strukov D.B., Snider G.S., Stewart D.R., Williams R.S. The missing memristor found // Nature, 453 (2008), pp. 80–83.

References

1. Biolek Z., Biolek D., Biolková V. SPICE model of memristor with nonlinear dopant drift // Radioengineering, 18 (2009), no. 2, pp. 210–214.

2. Chua L.O. Memristor–the missing circuit element // IEEE Trans. Circuit Theory, CT-18 (1971), no. 5, pp. 507–519.

3. Joglekar Y.N., Wolf S.J. The elusive memristor: properties of basic electrical circuits // Eur.J. Phys., 30 (2009), pp. 661–675.

4. Savel'ev S.E., Alexandrov A.S., Bratkovsky A.M., Stanley Williams R. Molecular dynamics simulations of oxide memory resistors (memristors) // arXiv.org, arXiv:1010.5656v1 [cond-mat.mes-hall] (2010), 15 p.

5. Strukov D.B., Snider G.S., Stewart D.R., Williams R.S. The missing memristor found // Nature, 453 (2008), pp. 80–83.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор Научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Южного федерального университета, г. Таганрог;

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дон.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 621.377.6

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МЕМРИСТОРОВ

[1]Кравченко Е.И., [1]Петров В.В., [2]Рыжук Р.В.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail:oley_alenka@mail.ru;
[2]ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, e-mail:oley_alenka@mail.ru

Разработано устройство для исследования эксплуатационных характеристик и электрофизических свойств полупроводниковых материалов и процессов, протекающих в полупроводниках. Данное устройство позволит проводить отбор наилучшего материала для создания мемристоров. В работе приведена структурная схема разработанного устройства, включающего в себя набор компонентов, реализуемых на основе синтезированных электронных устройств, стандартизированном метрологическом оборудовании и высокопроизводительной вычислительной технике. Данное устройство позволяет исследовать одновременно от 1 до 16 полупроводниковых элементов. С помощью устройства можно оценить устойчивость мемристоров к воздействию температуры, влажности, особенностей состава атмосферного воздуха. Особенностью устройства является наличие прижимных контактов, что избавляет от необходимости пайки контактов. Данная особенность очень важна на этапе создания опытных образцов микропроцессорной техники. Для разработки отдельных элементов устройства проведено предварительное их моделирование с помощью специального программного обеспечения. По результатам моделирования выбраны оптимальные размеры функциональных частей устройства и создан опытный образец разработанного устройства.

Ключевые слова: полупроводник, мемристор, микропроцессорная техника.

DEVICE FOR RESEARCH OF OPERATING AND ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS FOR CREATING OF MEMRISTORS

[1]Kravchenko E.I., [1]Petrov V.V., [2]Ryzhuk R.V.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: oley_alenka@mail.ru;
[2]National Research Nuclear University «Moscow Engineering Physics Institute», Moscow, e-mail:oley_alenka@mail.ru

The device for research of operating characteristics, electro-physical properties and processes occurring in semiconductors has been developed. This device allows selecting the best material for memristors creating. There is a block diagram of the developed device in this paper. The device consists of the set of components that are realized on the basis of synthesized electronic devices, standard metrological equipment and high-performance computing. It is possible to explore up to 16 semiconductor elements at the same time in this device. The resistance of memristors to temperature, humidity and air content can be evaluated by this device. One of the special features of the device is using of spring contacts, so there is no need to solder contacts. This feature is very important on the stage of prototypes making. Some of the functional parts of this device have been modeled by means of special software. The modeling allowed choosing the optimal size of functional units of the device and the best material for their creating.

Keywords: semiconductor, memristor, microprocessor technology

Микропроцессоры сейчас быстро приближаются к технологическим пределам своей производительности. Поэтому актуальной задачей в настоящее время является создание новых процессорных элементов, в частности ячеек памяти нового поколения. Примером таких устройств могут служить мемристоры [1].

Существование мемристора было теоретически предсказано американским исследователем Леоном Чуа в 1971 г. [4]. Первый лабораторный образец мемристора был создан в 2008 году коллективом ученых во главе с Р.С. Уильямсом в исследовательской лаборатории фирмы Hewlett-Packard. Работа устройства обеспечивается за счет химических превращений в тонкой (5 нм) двухслойной пленке диоксида титана. В настоящее время известны также мемристоры, созданные с использованием других материалов, таких, как вольфрам и серебро. Основной задачей ученых, работающих над созданием мемристоров, является создание функционирующего мемристорного устройства из материалов, уже применяемых при производстве современных кремниевых чипов. По аналогии с первым созданным на практике устройством на основе тонкой пленки диоксида титана можно предположить, что создание таких устройств возможно также на основе других полупроводниковых пленок. При этом созданные устройства должны не только обладать указанным выше свойством мемристивности, но также быть устойчивыми к внешним воздействиям, возникающим при работе микропроцессорной техники, в частности к температуре, влажности и т.п. Известно, что процессорная техника в процессе работы может нагреваться на десятки градусов, это свойство очень важно учитывать при разработке и создании новых материалов микропроцессорной техники.

Целью данной работы является создание устройства для исследования эксплуатационных характеристик полупроводниковых пленок для создания мемристоров.

Материал и методы исследования

Для создания устройства использованы методы компьютерного моделирования, программные пакеты Solid Works, Mat Lab. Электрические схемы созданы на основе документации и стандартных схем сопряжения элементов, входящих в состав устройства [2, 3, 5]. Основными функциональными частями устройства являются блок управления измерениями, система нагрева и испытательная камера. Для реализации системы управления устройством использованы микроконтроллеры AVR серии AT mega, выполняющие функции управления переключением коммутатора, клапанов и подачи синхронизирующего сигнала измерительному устройству. Конструкция системы нагрева разработана по результатам теплофизического моделирования в программе Solid Works, с последующей проверкой расчетов экспериментальным путем с помощью лазерного инфракрасного термометра IR DT-480. В качестве нагревателей используются керамические нагреватели типа HAKKO A1321. В качестве контактов для исследования электрофизических характеристик полупроводниковых материалов использованы прижимные позолоченные контакты типа Connection SC Solder Cup 50R-VSC/50R-S22-VSC (фирма Wosang, КНР). Для обработки и визуализации данных, полученных в результате измерений, создана специальная программа, которая является надстройкой к MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного обзора литературы и исследования основных факторов, воздействующих на работу микропроцессорной техники, разработана структурная схема устройства для исследования эксплуатационных характеристик полупроводниковых пленок для создания мемристоров. Структурная схема разработанного устройства показана на рис. 1.

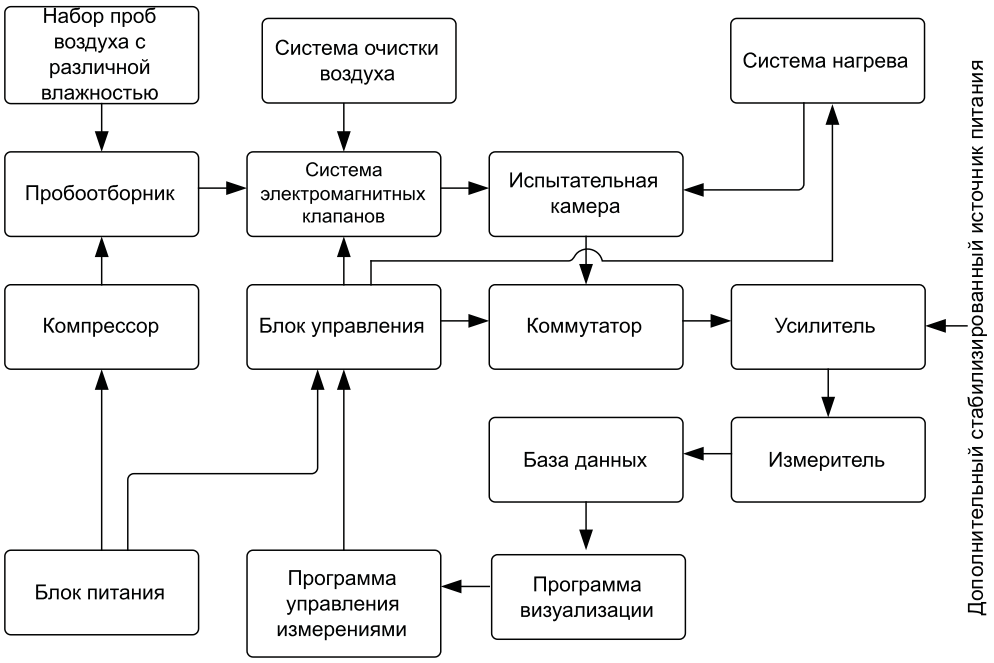


Рис. 1. Структурная схема устройства для исследования полупроводниковых материалов для создания мемристоров

Основными структурными элементами разработанного устройства являются: блок питания, формирующий ряд напряжений для работы исполнительных механизмов и электронных устройств, испытательная камера, в которую помещаются исследуемые образцы (возможно одновременное исследование от 1 до 16 элементов); система нагрева исследуемых образцов; система пробоотбора для исследования влияния состава окружающей среды на характеристики мемристоров; коммутатор, реализованный на основе аналоговых ключей, обеспечивающих поочередное соединение исследуемых образцов с блоком усиления и измерения сигналов; измеритель, выполняющий нормализацию сигналов, поступающих с коммутатора, и преобразование их в цифровой код, удобный для хранения и дальнейшей обработки; вычислительный блок, включающий в себя базу данных, программу управления измерениями и программу визуализации результатов; блок управления, реализованный на отдельном микроконтроллере для реализации управляющих команд вычислитель-

ного блока и интерфейса связи с другими устройствами.

Ввиду того, что одним из основных факторов, воздействующих на элементы микросистемной техники, является температура, в разработанном устройстве в испытательной камере предусмотрена система подогрева исследуемых образцов двумя нагревателями. Нагревательные элементы не входят в состав массива сенсоров и представляют собой отдельную целостную систему нагрева, управляемую с помощью микроконтроллера. Система подогрева представляет собой платформу, на которой опытные образцы мемристоров фиксируются прижимными позолоченными контактами. Размеры платформы соответствуют размерам стандартных кремниевых подложек, используемых для создания приборов микросистемной техники – 48×60 мм. Для того чтобы оценить оптимальное расположение нагревателей внутри металлической платформы, а также выбрать материал платформы, произведены термодинамические расчеты нагрева платформы в стационарных термодинамических условиях. С помощью программного обеспечения Solid Works построены модели нагревательных платформ с различными вариантами расположения керамических нагревателей. На рис. 2 показаны результаты моделирования нагрева металлической платформы для различных вариантов расположения керамических нагревателей.

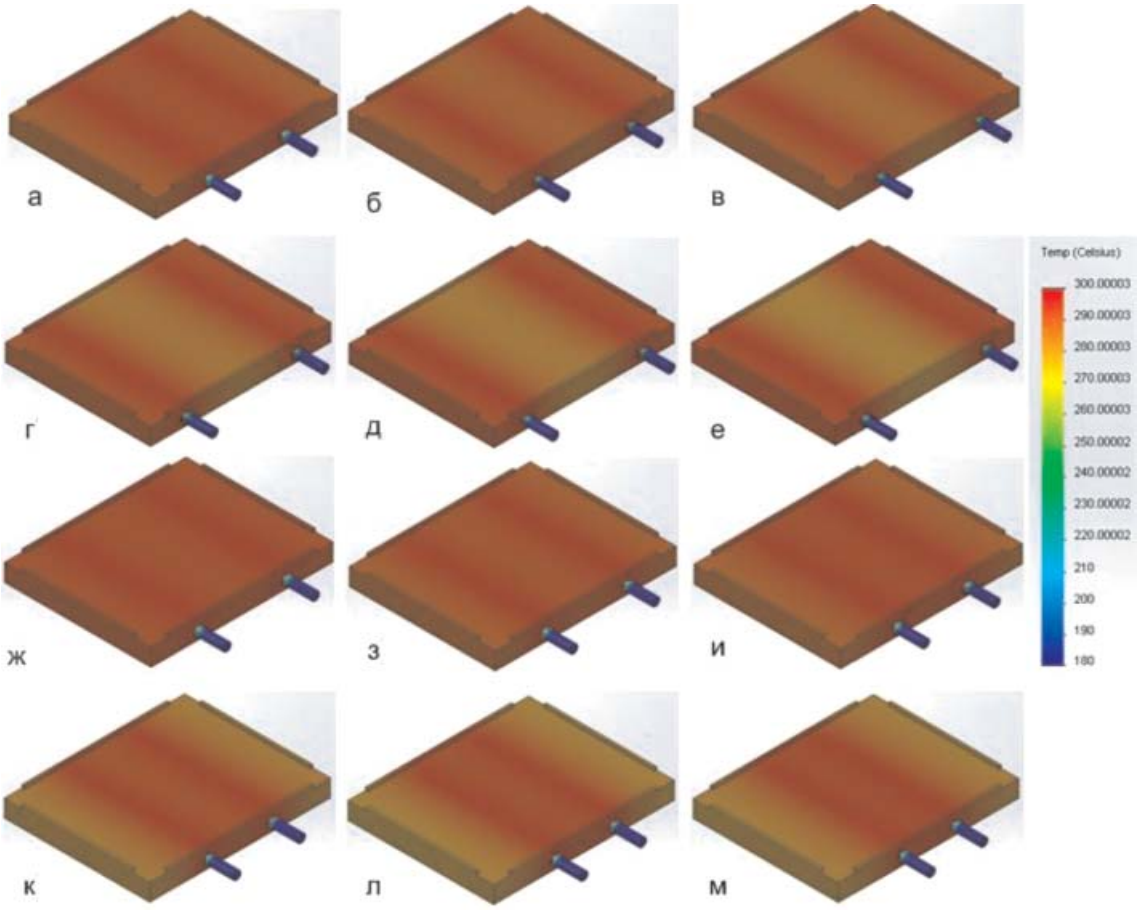


Рис. 2. Результаты моделирования нагревательной платформы устройства для исследования полупроводниковых тонких пленок

Расчеты произведены для расстояний нагревателей от внешнего края платформы начиная с 10 мм (рис. 2а) с шагом в 1 мм, т.е. рис. 2б – расстояние от внешнего края платформы 11 мм, рис. 2в – 12 мм, рис. 2г – 13 мм, рис. 2д – 14 мм, рис. 2е – 15 мм, рис. 2ж – 16 мм, рис. 2з – 17 мм, рис. 2и – 18 мм, рис. 2к – 19 мм, рис. 2л – 20 мм, рис. 2 м – 21 мм. По результатам моделирования выяснилось, что равномерное распределение температуры достигается при расположении нагревателей на расстоянии 16 мм (рис. 2ж) от внешних границ платформы. При этом материал, который обеспечит наиболее равномерный нагрев платформы, – медь.

Выводы

1. Разработана структурная схема устройства для исследования эксплуатационных характеристик полупроводниковых пленок для создания мемристоров.

2. Проведено моделирование нагревательной платформы для исследования полупроводниковых материалов на воздействие температуры. По результатам моделирования определены оптимальные геометрические размеры и материал платформы.

3. Создан лабораторный образец устройства для исследования полупроводниковых пленочных материалов для создания мемристоров. Данное устройство позволит определить устойчивость различных материалов к внешним воздействиям, которые могут возникнуть при эксплуатации, что позволит выбрать оптимальные материалы для создания стабильно функционирующих мемристоров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение № 14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Елисеев Н. Мемристоры и процессоры// Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2010. – № 8. – С. 85–89.

2. Попов В.С. Электротехнические измерения и приборы. – М., 1963. – С. 544.

3. Agilent 34401A Multimeter, Datashet. URL:http://literature.agilent.com (дата обращения 12.02.2010).

4. Chua L.O. Memristor -the missing circuit element// IEEE Trans. Circuit Theory. – 1971. – Vol. 18. – P. 507–519.

5. High Performance, 4-/8-Channel, Fault-Protected Analog Multiplexers, Datasheet. – URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADG438F_439F.pdf (дата обращения: 05.02.2010).

References

1. Eliseev N. Memristory i protsessory – Elektronika: nauka, tekhnologiya, bizness, 2010, no. 8, pp. 85–89.

2. Popov V.S. Elektrotekhnicheskie izmereniya i pribory. Moscow, Moscow Publ., 1963. 544 p.

3. Agilent 34401A Multimeter, Datashet. URL**:http://literature.agilent.com** (accessed 12 February 2010).

4. Chua L.O. Memristor -the missing circuit element – IEEE Trans. Circuit Theory, 1971, Vol.18, pp. 507–519.

5. High Performance, 4-/8-Channel, Fault-ProtectedAnalogMultiplexers, Datasheet. **URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADG438F_439F.pdf** (accessed 5 February 2010).

Рецензенты:

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии физико-математического факультета, ФГБОУ ВПО «Таганрогский государственный педагогический институт имени А.П. Чехова», г. Таганрог;

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 004.896

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ САПР СФ-БЛОКОВ СБИС НА ОСНОВЕ МЕМРИСТОРОВ

[1]Кулаков А.А., [1]Ковалев А.В., [2]Затылкин А.В.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail:andr@fep.tti.sfedu.ru

В работе рассмотрены основные проблемы реализации подсистемы САПР сложно-функциональных блоков сверхбольших интегральных схем с мемристорами, предложен модифицированный маршрут проектирования, рассмотрены особенности формирования блоков с мемристорами. Принципиальное отличие СФ-блоков с мемристорами состоит в большом количестве связей между логическими элементами схемы, а также в наличии блоков управления мемристорами, влияющими на габариты размещаемых элементов таким образом, что использовать методику проектирования размещения на основе стандартных ячеек не представляется возможным. Для решения задачи размещения разногабаритных блоков с мемристорами предложен генетический алгоритм с кодированием перестановок, имеющий допустимую временную сложность. Разработана подсистема САПР, сочетающая в себе объектно-ориентированный программный интерфейс и аналитическую подсистему, позволяющую визуализировать данные и проводить оценку качества работы алгоритмов.

Ключевые слова: автоматизация проектирования интегральных схем, сложно-функциональные блоки, мемристоры

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MEMRISTOR BASED VLSI IP-CORES CAD

[1]Kulakov A.A., [1]Kovalev A.V., [2]Zatylkin A.V.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru;
[2]Penza State University, Penza, e-mail: andr@fep.tti.sfedu.ru

This paper describes the electronic design automation problems of very-large-scale integrated circuits IP cores (IP blocks) with memristors. IP cores with memristors features and capabilities are explored and the modified design flow is proposed. The principal difference between IP blocks with memristors is a large number of connections between the logical elements of the scheme, as well as in the presence of the memristors control units affecting the size of scheme elements. That elements are placed in such a way that usage of standard cells design methodology is not possible. We have explored the use of modified genetic algorithm with coding permutations to solve placement problem of varied-dimension element blocks, algorithm's time complexity is $O(n^2)$. Developed design automation software combines object-oriented programming interface and analysis toolkit allowing to visualize the data and to estimate the quality of the algorithms.

Keywords: electronic design automation, ip-cores, memristors

Современные сверхбольшие интегральные схемы (СБИС), реализуемые по идеологии «система на кристалле», представляют собой совокупность интегрированных на кристалле взаимосвязанных сложно-функциональных блоков (СФ-блоков, IP-cores), каждый из которых выполняет определённую функцию.

Для проектирования СФ-блоков СБИС в настоящее время используются системы автоматизированного проектирования (САПР), поставляемые компаниями Cadence Design Systems, Synopsis, Mentor Graphics и др. [4], которые изначально не обладают возможностью синтеза блоков с мемристорами.

В рамках данной работы рассмотрены проблемы создания подсистемы проектирования СФ-блоков СБИС на основе мемристоров и разработано соответствующее программное обеспечение САПР.

1. Маршрут проектирования

Классический нисходящий маршрут проектирования не предусматривает возврат на предыдущие проектные уровни, что сильно затрудняет разработку схем на субмикронном уровне. Поэтому для разработанной подсистемы САПР СБИС с мемристорами предлагается следующий маршрут проектирования (рис. 1).

Исходные данные для подсистемы представляются в формате EDIF. Выбор формата EDIF обусловлен широтой его применения в существующих EDA (Electronics Design Automation) для описания топологии СБИС [7]. Он удобен для передачи данных, включающих списки соединений, параметры схемы, спецификации тестовых наборов, результаты моделирования и т.п.

На первом этапе производится процесс компоновки, при котором простейшие компоненты группируются в более крупные фрагменты схемы.

На втором этапе производится размещение элементов СФ-блока на коммутационном поле.

На третьем этапе производится оценка трассируемости соединений, т.е. определение конкретной геометрии, реализующей соединения между элементами схемы. Исходными данными для процедуры трасси-

ровки являются список цепей, метрические параметры и топологические свойства конструктивного модуля и элементов схемы, результаты решения задачи размещения, по которым определяют оптимальное положение выводов элементов. Оценка качества трассировки может проводиться любым удобным способом, реализованным в виде внешнего программного компонента. На данном этапе возможны корректировка исходной спецификации и повторение итерации проектирования.

Рис. 1. Маршрут проектирования подсистемы САПР СФ-блоков СБИС с мемристорами

На четвертом этапе производится синтез топологии и наполнение СФ-блока. После этого, возможно произвести финальную верификацию полученной топологии для оценки корректности и соответствия схемы техническому заданию. Разработку и исследование программного компонента верификации СФ-блоков на основе мемристов планируется выполнить в последующих работах.

На пятом этапе производится общая оценка габаритов и расстановка внешних контактных площадок. По результатам данного этапа принимается решение о синтезе файлов GDSII или CIF для передачи на про-

изводственный цикл или повторной итерации проектирования.

Подсистема синтезирует решение задач этапа конструкторского проектирования СФ-блоков в виде топологии в формате GDSII или CIF на выбор пользователя.

Рассмотрим основные особенности разработки подсистемы САПР СФ-блоков СБИС с мемристорами.

Мемристор – пассивный элемент, электрическое сопротивление которого зависит от приложенного ранее напряжения. Основополагающая работа в области теории пассивных элементов с эффектом памяти, в которой было введено понятие «мемристор», была опубликована в 1971 году [9]. Однако данная концепция оставалась чисто теоретической до демонстрации в 2008 году экспериментальной модели мемристора сотрудниками Hewlett-Packard [11].

Мемристоры размещаются в отдельном слое над элементами КМОП-логики, являясь своего рода ячейкой адаптивной памяти: в процессе функционирования устройства они меняют и сохраняют свою проводимость, влияя на логику работы схемы. Это дает возможность построения быстро перезаписываемых адаптивных схем под изменяющуюся задачу.

Принципиальное отличие СФ-блоков на основе мемристоров состоит в большом количестве связей между логическими элементами схемы, а также в наличии блоков управления мемристорами, влияющими на габариты размещаемых элементов таким образом, что использовать методику проектирования на основе стандартных ячеек не представляется возможным. При этом необходимо учитывать факторы энергопотребления, временной задержки и трассируемости проводников. Это приводит к необходимости применения специализированных алгоритмов размещения и трассировки. В данной работе подробно остановимся на особенностях решения задачи размещения.

2. Процедура размещения разногабаритных элементов СФ-блоков СБИС

Задача размещения является одним из наиболее важных шагов в процессе проектирования СБИС, поскольку она определяет межсоединения, которые к настоящему времени стали «узким местом», определяющим производительность субмикронных интегральных схем [10].

Задача размещения разногабаритных элементов СФ-блока формулируется следующим образом. Для каждого размещаемого элемента e_i заданы его габаритные размеры (длина a_i , ширина b_i), множество контактов C_i, через которые элемент сопрягается с другими элементами схемы, ориентация элемента o_i: горизонтальная «0», вертикальная «1». Каждый контакт определяется координатами (x, y) и номером подключаемой к нему цепи t_j [5].

Математической моделью описанной задачи является гиперграф $G = (X, U, P)$, где $X = \{x_i | i = 1, 2, ..., n\}$ – множество вершин, моделирующих элементы; $U = \{u_j | j = 1, 2, ..., m\}$ – множество гиперребер, моделирующих цепи; P – инцидентор, заданный на множестве $X \times U$ и равный 1, если u_j инцидентно x_i, или 0 в противном случае.

Расстояние между двумя элементами (x_i, y_i) и (x_j, y_j) в случае проведения проводников по каналам или магистралям, параллельным координатным осям коммутационного поля, определяется по формуле:

$$d_{ij} = \left|x_i - x_j\right| + \left|y_i - y_j\right|.$$

В качестве оценки длины цепи t_i, моделируемой гиперребром u_j, используется длина минимального связывающего дерева, построенного на множестве вершин $x_i \in X$.

Необходимо найти некоторый вариант размещения элементов на коммутационном поле СФ-блока $z_j = \{(x_1, y_1, o_1), ..., (x_i, y_i, o_i), ..., (x_n, y_n, o_n)\}$, где x_i, y_i – координаты базовой точки, а o_i – ориентация элемента e_i для данного размещения. При этом перекрытие размещенных элементов не допускается, а суммарная длина соединений и площадь, занятая конструкцией, должна быть минимальна.

Задача размещения является многокритериальной, поэтому для оценки качества полученного решения используется аддитивный критерий [5]:

$$F = k_1 \cdot O\left(L\left(z_j\right)\right) + k_2 \cdot P\left(S_{\text{общ}}\left(z_j\right)\right) + k_3 \cdot D\left(T_{\text{общ}}\right),$$

где z_j – некоторый вариант размещения; k_1, k_2, k_3 – весовые коэффициенты, причем $k_1 + k_2 + k_3 = 1$; $L(z_j)$ – суммарная длина межсоединений; $O(L(z_j))$ – нормированная оценка общей длины соединений, приведенная к интервалу [0, 1]; $S_{\text{общ}}$ – фактическая площадь размещения, определенная как площадь минимального прямоугольника, описывающего размещенные элементы; $P(S_{\text{общ}}(z_j))$ – нормированная оценка общей площади размещения, приведенная к интервалу [0,1]; $D(T_{\text{общ}})$ – нормированное значение задержки сигналов.

Таким образом, задача размещения состоит в нахождении размещения z, минимизирующего F.

В настоящее время для решения многокритериальных задач широко применяются эволюционные и биоинспирированные подходы, например метод имитации отжига, алгоритмы колонии пчел, генетические алгоритмы и др. [3].

Для решения многокритериальной задачи размещения при проектировании СФ-блоков СБИС в работе предлагается использовать генетический алгоритм (ГА).

Общее описание работы ГА для решения задач оптимизации дано в работах [2, 6], мы же остановимся подробно на способе представления (кодирования) варианта размещения для данной задачи. Кодировать координаты элементов в хромосоме нецелесообразно, поскольку применение операторов случайных изменений будет приводить к образованию некорректных решений, в которых отдельные элементы будут накладываться друг на друга. Для задания размещения достаточно определить порядок следования элементов при их размещении, а их конкретные координаты будут определены при интерпретации данной последовательности. Для задачи размещения будем использовать способ «кодирования перестановок» [1]. Для представления некоторого размещения используются две хромосомы: числовая хромосома для задания последовательности размещаемых элементов и двоичная хромосома для задания ориентации размещаемых элементов. Процедура (де) кодирования в этом случае имеет линейную временную сложность O(n). В качестве генетических операторов используются простые генетические операторы кроссинговера и мутации, также имеющие сложность $O(n)$.

Описанный способ представления размещения разногабаритных элементов позволяет размещать до 10^6 элементов с использованием иерархического разбиения. Временная сложность предложенного алгоритма размещения элементов СФ-блока составляет $O(n^2)$.

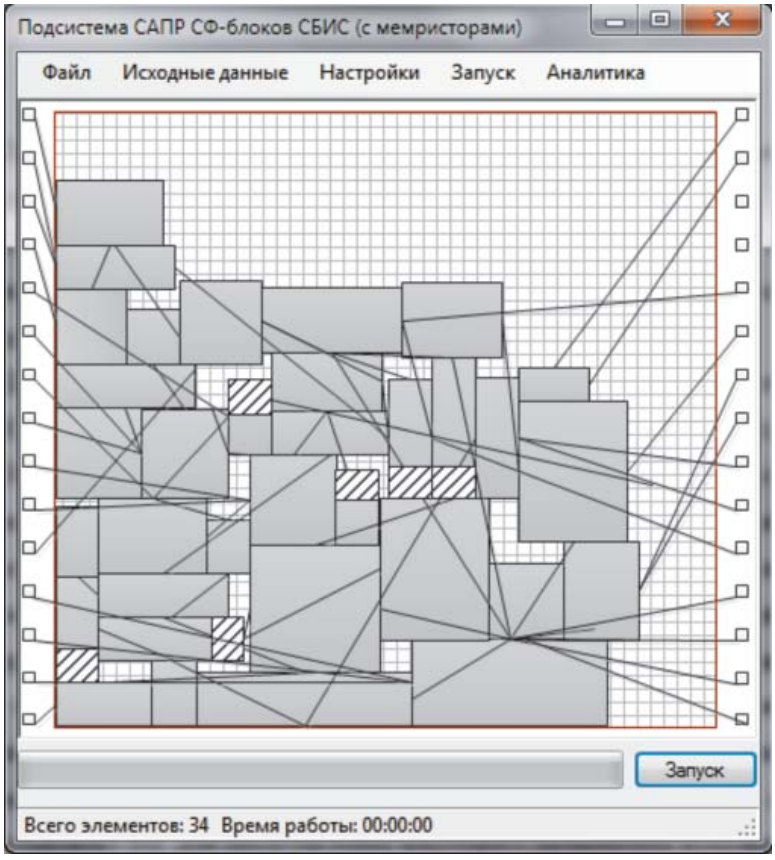


Рис. 2. Интерфейс разработанной подсистемы САПР СФ-блоков СБИС с мемристорами

3. Программная реализация

Подсистема САПР СФ-блоков СБИС с мемристорами разработана в среде Microsoft Visual Studio 2010 C# и работает под управлением ОС семейства Windows или Linux (Mono). Реализованная подсистема (рис. 2) сочетает в себе объектно-ориентированный программный интерфейс и аналитическую подсистему, позволяю-

щую визуализировать данные и проводить оценку качества работы алгоритмов. Такой подход обеспечивает удобство проектирования сложно-функциональных блоков СБИС, содержащих сотни тысяч элементов. Основной исполняемый файл представляет собой приложение, которое реализует требуемый маршрут проектирования, получая на вход данные о СБИС и сохраняя все результаты в файлы требуемого формата.

Заключение

Успех в создании нового поколения интегральных схем с адаптивной памятью может быть достигнут не только с использованием более современных техпроцессов КМОП и применением мемристоров, но и при условии разработки соответствующего математического и программного обеспечения САПР, учитывающих особенности предметной области.

В данной работе рассмотрены некоторые проблемы разработки подсистемы САПР сложно-функциональных блоков СБИС с мемристорами. Разработан маршрут проектирования подсистемы САПР, рассмотрены основные задачи и проблемы, возникающие на этапе проектирования. Разработана подсистема, позволяющая решать задачу размещения блоков с мемристорами на коммутационном поле кристалла с помощью генетического алгоритма, также позволяющая проводить анализ и давать оценку эффективности размещения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение № 14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Бакало М.А., Курейчик В.В. Модифицированный алгоритм размещения методом парных перестановок // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – 2007. – С. 77–84.

2. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы: учебное пособие / под ред. В.М. Курейчика. – М.: Физматлит, 2004. – 400 с.

3. Биоинспирированные методы в оптимизации / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, П.В. Сороколетов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 384 с.

4. Иванова Е.Н. Системы проектирования. Тенденции мирового рынка САПР СБИС // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2006. – № 2.

5. Курейчик В.В., Сороколетов П.В. Концептуальная модель представления решений в генетических алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 9 (86). – С. 7–12.

6. Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Решение задачи размещения на основе эволюционного моделирования // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2007. – № 4. – С. 78–90.

7. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2006. – 448 с.

8. Adya S.N., Yildiz M., Markov I.L., Villarrubia P.G., Parakh P.N., Madden P.H. Benchmarking for large-scale placement and beyond. In Proceedings of the International Symposium on Physical Design. ACM, Monterey, 95–103. – 2003.

9. Chua L.O. Memristor – the missing circuit element // IEEE Transactions on circuit theory. – 1971. – Vol. 18. – № 5. – P. 507–519.

10. Jason Cong, Joseph R. Shinnerl, Min Xie, Tim Kong, Xin Yuan. Large-Scale Circuit Placement. ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems. April 2005. – Vol. 10. – № 2,.

11. Strukov D.B. Gregory S. Snider, Duncan R. Stewart, R. Stanley Williams. The missing memristor found // Nature. – 2008. – Vol. 453. – P. 80–83.

References

1. Bakalo M.A., V.M. Kureichik, V.V. Kureichik. Modificirovannyjj algoritm razmeshhenija metodom parnykh perestanovok // Izvestia TRTU. Tematicheskijj vypusk «Intellektual'nye SAPR». 2007, pp. 77–84.

2. Gladkov L.A., Kureichik V.V., Kureichik V.M. Genetichеskie algoritmy.: Uchebnoe posobie / Pod red. V.M. Kureichika. Moscow, Fizmatlit, 2004. 400 p.

3. Gladkov L.A., Victor M. Kureichik, V.V. Kureichik, P.V. Sorokoletov Bioinspired methods in the field of optimization. Moscow, Physmatlit, 2009.

4. Ivanova E.N. Sistemy proektirovanija. Tendencii mirovogo rynka SAPR SBIS // Ehlektronika: Nauka, Tekhnologija, Biznes, no. 2, 2006.

5. Kureichik V.V., Sorokoletov P.V. Konceptual'naja model' predstavlenija reshenijj v gene-ticheskikh algoritmakh // Izvestija JuFU. Tekhnicheskie nauki. 2008. no. 9 (86). pp. 7–12.

6. Kureichik V.M., Lebedev B.K., Lebedev O.B. Reshenie zadachi razmeshhenija na osnove ehvo-ljucionnogo modelirovanija // Moscow, Izvestija RAN. Teorija i sistemy upravlenija. 2007. no. 4. pp. 78–90.

7. Norenkov I.P. Fundamentals of computer-aided design. Moscow, Moscow State Technical University n.a. N.E. Bauman, 2006. – 448 c.

8. Adya S.N., Yildiz M., Markov I.L., Villarrubia P.G., Parakh P.N., Madden P.H. Benchmarking for large-scale placement and beyond. In Proceedings of the International Symposium on Physical Design. ACM, Monterey, 95–103., 2003.

9. Chua L.O. Memristor – the missing circuit element // IEEE Transactions on circuit theory. 1971. Vol. 18. no. 5. pp. 507–519.

10. Jason Cong, Joseph R. Shinnerl, Min Xie, Tim Kong, Xin Yuan. Large-Scale Circuit Placement. ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems, Vol. 10, no. 2, April 2005.

11. Strukov D.B. Gregory S. Snider, Duncan R. Stewart, R. Stanley Williams. The missing memristor found // Nature. 2008. Vol. 453. pp. 80-83.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор Научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Южного федерального университета, г. Таганрог;

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 519.6, 536.12

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТКАНИ

[1]Куликова И.В., [1]Малюков С.П., [2]Бростилов С.А.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: cuttlefish99mail.ru;
[2]ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: brostilov@yandex.ru

Освещены вопросы разработки математической модели и алгоритма расчета распределения температуры в сложных многослойных биологических тканях под действием лазерного излучения. Модель основана на конечно-разностном методе и учитывает анизотропию оптических и тепловых параметров биологических структур. Модель является двумерной и нестационарной и позволяет моделировать взаимодействие различных типов лазера с биологическими тканями. Разработано программное обеспечение на основе полученных моделей с интерфейсом. Разработанное программное обеспечение было использовано для расчета воздействия лазерного излучения на биологические структуры. Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными. Приводятся результаты моделирования воздействия двух типов лазеров эрбиевого (λ = 2,94 мкм) и CO_2 (λ = 10,6 мкм) на биологическую структуру, состоящую из эмали и дентина.

Ключевые слова: лазерные биотехнологии, численное моделирование, температурное поле

MODELLING OF THERMAL EFFECT OF LASER RADIATION ON BIOLOGICAL TISSUE

[1]Kulikova I.V., [1]Malukov S.P., [2]Brostilov S.A.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: cuttlefish99mail.ru;
[2]Penza State University, Penza, e-mail: brostilov@yandex.ru

The mathematical model and algorithm of calculation of temperatures distribution in multilayered biological tissue under the influence of various laser radiation is described. The model is based on numerical method and considered anisotropy of optical and thermal parameters of biological tissue. The model is two-dimensional and non-stationary and allows to model interaction various laser types with biological tissue. The software on the basis of the received models with the interface is developed. The developed software was used for calculation of impact of laser radiation on biological structures. Results of modeling id accommodated with experimental data. Results of modeling of influence of two lasers erbium (λ = 2,94 mcm) and CO_2 (λ = 10,6 microns) on the biological structure consisting of enamel and a dentine presented.

Keywords: laser biotechnologies, numerical method, temperature field

На сегодняшний день невозможно представить жизнь современного человека без лазерных технологий, которые применяются в различных областях, таких, как медицина, машиностроение, электроника, связь и т.д. Лазерное излучение обладает рядом уникальных характеристик – монохромность, высокая степень временной и пространственной когерентности, малая расходимость луча, большая плотность мощности, а также возможность управлять ими. Использование лазерных технологий в медицине открывает новые возможности, начиная от эстетической медицины до сложного медицинского вмешательства, позволяет реализовать принципиально новые решения и использовать новые материалы, повышающие качество лечения. Лазерные биотехнологии можно разделить в зависимости от плотности мощности лазерного излучения на лазерную диагностику, лазерную терапию, лазерную хирургию или деструкцию биотканей, в основе которой лежит термический фактор. Кроме того, лазерные технологии имеют дело с живой материей, которая представляет собой многослойные сложные структуры, с различными тепловыми и оптическими свойствами, что приводит к необходимости учитывать анизотропию физических параметров тканей и гомеостаз живого объекта [2].

Разработка модели

Важнейшими параметрами, определяющими взаимодействие лазерного излучения с биотканиями, являются: режим облучения (непрерывный или импульсный), время и мощность, а также длина волны, которая определяет интенсивность поглощения излучения тканью.

Распределение температуры является одним из основных параметров в лазерных биотехнологиях. Термические свойства биотканей определяются ее многослойной структурой, теплопроводностью и теплоемкостью. Поглощенная энергия лазерного излучения вызывает в облученном участке локальное повышение температуры. При этом часть тепла отводится из зоны обработки за счет кондукции в окружающие области, вызывая зачастую нежелательный нагрев. Расчет режима обработки позволяет минимизировать нагрев окружающих тканей.

В настоящее время все более широко используются системы инженерного анализа для постановки численных экспери-

ментов и нахождения оптимальных параметров в исследуемой области. Это позволяет значительно сократить время и стоимость разработки и исследования, рассчитать оптимальные технологические параметры. Разработка модели позволит найти оптимальные режимы лазерной обработки биологических тканей вплоть до расчета индивидуального режима для каждого слоя и минимизировать тепловое воздействие на окружающие ткани.

Распределение температуры в анизотропном твердом теле описывается уравнением теплопроводности, которое в операторной форме имеет вид [3]:

$$c\rho\frac{\partial T}{\partial t}-\nabla k\nabla T=q, \qquad (1)$$

где c – удельная теплопроводность; ρ – плотность; T – температура в структуре; t – время; ∇ – оператор Набла; k – коэффициент теплопроводности; q – источник тепла.

Источником тепла является лазерное излучение, которое частично отражается от обрабатываемой поверхности, поглощается материалом и проникает в него. Затухание лазерного луча за счет поглощения его энергии телом описывается законом Ламберта [3]:

$$q_{laser}(y)=q_0(1-R)e^{-\alpha y}, \qquad (2)$$

где $q_{leser}(y)$ – плотность мощности лазерного луча с учетом затухания; q_0 – плотность мощности лазерного луча; R – коэффициент отражения; α – поглощательная способность среды; y – координата направленная в глубь материала от обрабатываемой поверхности.

Излучательный и конвекционный процессы отвода тепла с обрабатываемой поверхности будут описываться следующими выражениями [3];

$$q_{rad}=\varepsilon\sigma\left(T^4-T_0^4\right); \qquad (3)$$

$$q_{conv}=h\left(T-T_0\right), \qquad (4)$$

где ε – коэффициент излучения; σ – постоянная Стефана-Больцмана; h – конвективный коэффициент; q_{rad}, q_{conv} – плотность теплового потока за счет излучения и конвекции соответственно; T_0 – температура окружающей среды.

Суммарный тепловой поток q_{conb} с поверхности будет описываться выражением:

$$q_{comb}=h_{comb}\left(T-T_0\right), \qquad (5)$$

где $h_{comb}=h+\varepsilon\sigma\left(T+T_0\right)\left(T^2+T_0^2\right)$ – суммарный коэффициент теплопередачи.

В модели лазерной обработки биотканей учтены следующие тепловые потоки: поглощенная телом энергия лазерного луча, конвективный отвод тепла и излучение с поверхности. На рис. 1 схематично показаны потоки тепла, которые учитываются в разрабатываемой модели. Был взят двумерный случай, поскольку распределение температуры по z координате будет аналогично x, а уменьшение размерности позволит сократить время расчетов.

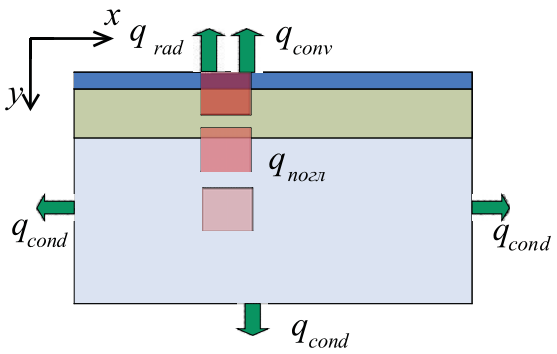


Рис. 1. Тепловые потоки в разработанной модели

Для двумерного нестационарного случая и анизотропной среды в частных производных уравнение (1) будет иметь следующий вид:

$$c(x,y)\rho(x,y)\frac{\partial T(x,y,t)}{\partial t}-\left(\frac{\partial}{\partial x}k(x,y)\frac{\partial}{\partial x}T(x,y,t)+\right.$$
$$\left.+\frac{\partial}{\partial y}k(x,y)\frac{\partial}{\partial y}T(x,y,t)\right)=q(x,y,t). \qquad (6)$$

Граничные условия с учетом уравнения Фурье [2] будут следующими:

$$k\frac{\partial T}{\partial x}=h_{comb}\left(T-T_0\right), \qquad (7)$$

для верхней грани, параллельной оси y;

$$T=T_{body}, \qquad (8)$$

для нижней грани, параллельной оси y, и для граней, параллельных оси x.

Уравнение (6) с учетом граничных условий (7) и (8) не может быть решено аналитически. Поэтому для ее решения был использован численный метод [3].

Исходя из геометрии задачи (см. рис. 1), необходимо создать прямоугольную ко-

ординатную сетку, равномерную по оси x и неравномерную по оси y. При выборе шага по оси x необходимо учитывать ширину лазерного луча, чтобы минимальный шаг был меньше его ширины. По оси y необходима неравномерная сетка, поскольку обрабатываемые слои в биологических структурах имеют различную толщину от десятков микрон до сантиметров.

Введение координатной сетки предполагает, что значения всех переменных и их производных рассматриваются только в узлах этой сетки. Поэтому все переменные заменятся сеточными функциями, а все производные – конечными разностями.

На рис. 2 представлены сеточная модель и направление осей координат.

Исходная система дифференциальных уравнений в частных производных (6), с учетом граничных условий (7)–(8) и выражения для лазерного излучения (2) на сетке, представленной на рис. 2, преобразованная в систему алгебраических уравнений, имеет вид [1]:

$$c_{i,j}\,\rho_{i,j}\,\frac{T_{i,j,n}-T_{i,j,n-1}}{t_n-t_{n-1}}- \\ -\frac{2}{x_{i+1}-x_{i-1}}\left(k_{i+1,j}\frac{T_{i+1,j,n}-T_{i,j,n}}{x_{i+1}-x_i}-k_{i,j}\frac{T_{i,j,n}-T_{i-1,j,n}}{x_i-x_{i-1}}\right)- \\ -\frac{2}{y_{j+1}-y_{j-1}}\left(k_{i,j+1}\frac{T_{i,j+1,n}-T_{i,j,n}}{y_{j+1}-y_j}-k_{i,j}\frac{T_{i,j,n}-T_{i,j-1,n}}{y_j-y_{j-1}}\right)=q_{i,j,n}\,, \tag{9}$$

для внутренних точек области $i = 2...I-1$, $j = 2...J-1$, $n = 2...N$, .

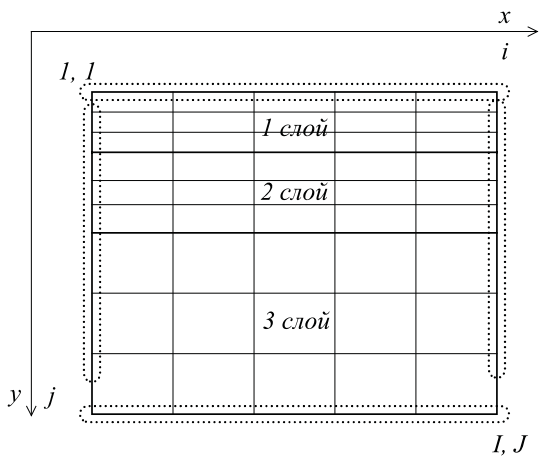


Рис. 2. Модель с направлением осей координат

Внутренний источник тепла равен поглощенному теплу и будет описываться следующим выражение [1]:

$$q_{i,j,n} = q\,laser_{i,j+1,n} - q\,laser_{i,j,n}, \tag{10}$$

где $qlaser_{i,j,n}$ – мощность лазерного луча в соответствующих точках координат и во времени, которая в конечно-разностном виде будет иметь вид:

$$q\,laser_{i,j,n} = q_0\left(1-R\right)e^{-\alpha y_j}. \tag{11}$$

Граничные условия с учетом наложенной сетки будут следующими:

$$\kappa_{i,j,k}\frac{T_{i,j+1,k}-T_{i,j,k}}{y_{j+1}-y_j} = h\,comb_{i,j,k}\left(T_{i,j,k}-T_0\right), \tag{12}$$

где $h\,comb_{i,j,k} = h_{i,j} + \\ +\varepsilon_{i,j}\sigma\left(T_{i,j,k-1}+T_0\right)\left({T_{i,j,k-1}}^2+{T_0}^2\right),$

при $i = 1...I$, $j = 1$, $n = 2...N$;

$$T_{i,j,k} = T_{body}, \tag{14}$$

при $i = 1...I$, $j = J$, $n = 2...N$;

при $i = 1$, $j = 2...J-1$, $n = 2...N$;

при $i = I$, $j = 2...J-1$, $n = 2...N$.

Начальные условия в конечно-разностном виде будут иметь вид:

$$T_{i,j,n} = T_{body} \tag{15}$$

при $i = 1...I$, $j = 1...J$, $k = 1$.

Выражения (9)–(15) представляют собой систему алгебраических уравнений, которая в общем виде будет следующей:

$$\mathbf{AT} = \mathbf{B}, \tag{16}$$

где **T** – вектор-столбец переменных длиной $M = I \cdot J \cdot N$; **A** – квадратная матрица коэффициентов системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) размерностью $M \times M$; **B** – вектор-столбец свободных членов.

Для получения адекватного решения количество точек должно быть более тысячи ($I > 10$, $J > 10$, $N > 10$). Для решения СЛАУ такой размерности был использован метод Якоби [1]. Были разработаны программное обеспечение и интерфейс пользователя, окно которого представлено на рис. 3.

Результаты моделирования

На рис. 4 приведены результаты моделирования распределения температуры

в биологической структуре, состоящей из эмали толщиной 20 мкм и дентина при прохождении эрбиевым ($\lambda = 2{,}94$ мкм) и CO_2 ($\lambda = 10{,}6$ мкм) лазерами с оптическими и тепловыми параметрами, приведенными в таблице [4, 5].

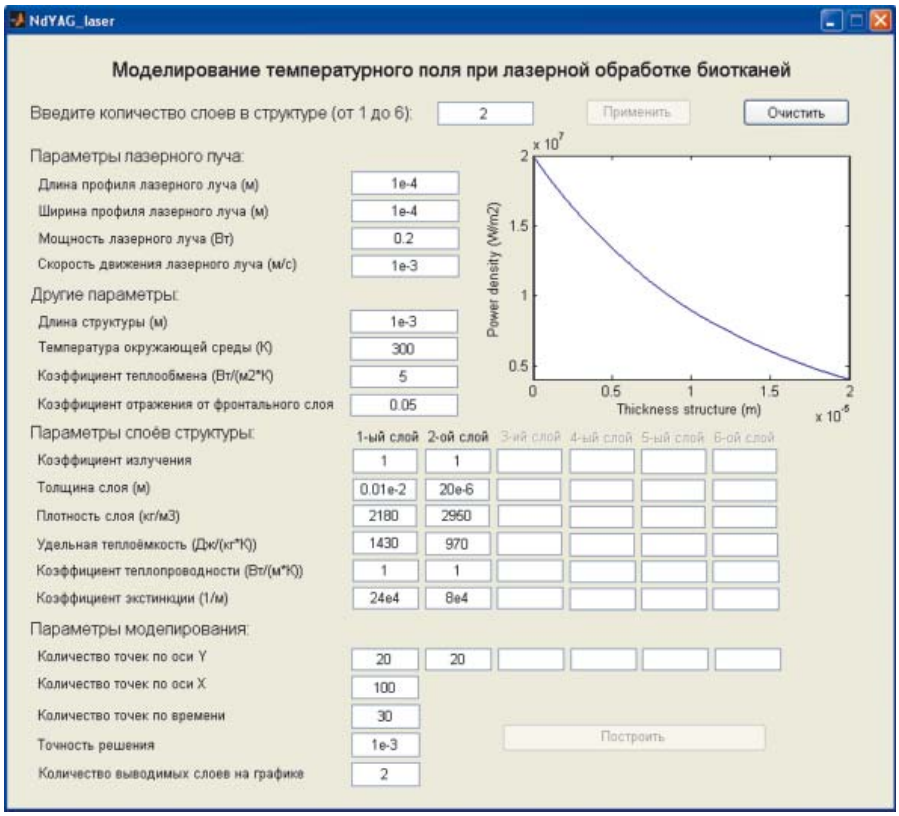
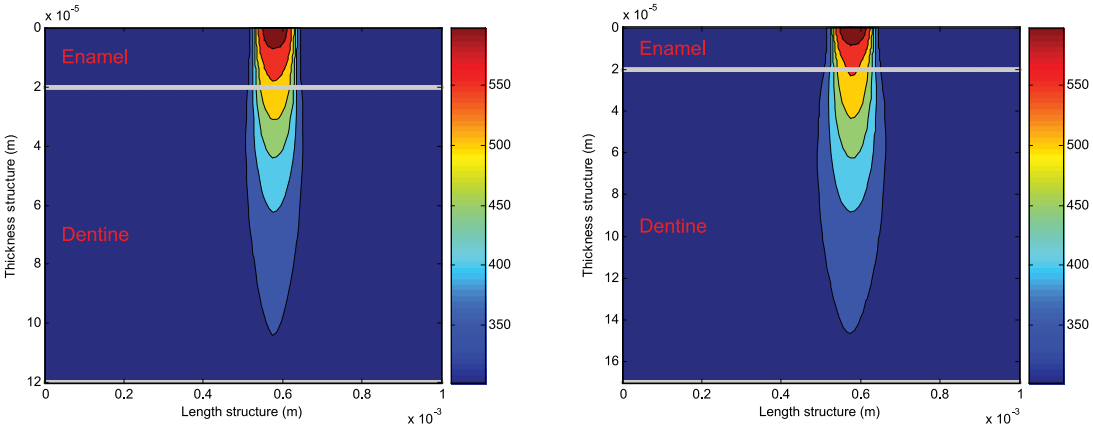


Рис. 3. Окно интерфейса программы для расчета распределения температуры в биологических структурах



а б

Рис. 4. Распределение температуры в структуре эмаль дентин при обработке лазером с длиной волны $\lambda = 2{,}94$ мкм и $\lambda = 10{,}6$ мкм

Оптические и тепловые параметры дентина и эмали

	C, Дж/(кг·К)	k, Вт/(м·К)	ρ, кг/м^3	Коэффициент отражения		Коэффициент экстинкции, см$^{-1}$	
				$\lambda = 2{,}94$ мкм	$\lambda = 10{,}6$ мкм	$\lambda = 2{,}94$ мкм	$\lambda = 10{,}6$ мкм
Эмаль	970	1	2950	0,05	0,49	800	800
Дентин	1430	1	2180	0,05	0,49	2400	540

Результаты моделирования совпадают с экспериментальными данными [5, 6] и показывают, что длина волны лазера существенно влияет на режим обработки биотканей, так для CO_2 лазера глубина теплового проникновения в 1,5 раза больше (рис. 4), чем для эрбиевого лазера, который зачастую еще называют холодным лазером.

Заключение

Разработанная модель, описывает процесс взаимодействия лазерного излучения с биологическими тканями и позволяет моделировать процессы лазерной обработки для различных типов лазера.

Разработанная модель на основе конечно-разностного метода и программное обеспечение на ее основе учитывает следующие особенности взаимодействия лазерного излучения с биотканями:

– сложную многослойную структуру биологических тканей;

– отражение лазерного излучения от поверхности;

– затухание лазерного луча в структуре;

– конвективную и излучательную составляющие при процессе охлаждения поверхности;

– зависимость оптических и тепловых свойств от типа ткани, входящего в структуру.

Программное обеспечение с разработанным интуитивно понятным интерфейсом позволяет проводить численные эксперименты и рассчитывать оптимальные режимы лазерной обработки биологических структур.

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. Малюков С.П., Куликова И.В., Калашников Г.В. Моделирование процесса лазерного отжига структуры «кремний-стекловидный диэлектрик» // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – 2011. – № 7. – С. 182–188.

2. Плетнёв С.Д. Лазеры в клинической медицине. – М.: Медицина, 1996.

3. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.

4. John D.B. Featherstone, Peter Rechmann, Daniel Fried. IR laser ablation of dental enamel // SPIE. – 2000. – Vol. 3910. – P. 136–148.

5. Fried D., Shori R., Duhn C. Backspallation due to ablative recoil generated during Q−switched Er: YAG ablation of dental hard tissue // SPIE. – 1998. – Vol. 3248. – P. 78–84.

References

1. Malyukov S.P., Kulikov I.V., Kalashnikov G.V. Modelirovanie processa lazernogo otzhiga strukturi «kremniy-steklovidnyy dielektrik» (Simulation of laser annealing structures «silicon-dielectric vitreous») // News of SFU. Technical science. 2011. no.7. pp. 182–188.

2. Pletnev S.D. Lazeryvklinicheskoymedicine (Lasers in clinical medicine). M: Medicine, 1996.

3. Samara A.A., Vabishchevich P.N. Vichislitelnayteploperedacha (Computing heat transfer). M.: Editorial of URSS, 2003. 784 p.

4. John D.B. Featherstone, Peter Rechmann, Daniel Fried. IR laser ablation of dental enamel // SPIE. 2000. Vol. 3910, pp. 136–148.

5. Fried D., Shori R., Duhn C. Backspallation due to ablative recoil generated during Q−switched Er: YAG ablation of dental hard tissue // SPIE. 1998. Vol. 3248, pp. 78–84.

Рецензенты:

Рындин Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону;

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии ФГБОУ ВПО ТГПИ, г. Таганрог.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 630.378, 539.3

ПРЯМОЛИНЕЙНЫЙ СТЕРЖНЕВОЙ КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ РАСЧЕТА КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПУТЕЙ

Лоскутов Ю.В., Гизатуллин Р.Г.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, e-mail: loskutovyv@volgatech.net

Представлен стержневой конечный элемент для расчета тонкостенных трубопроводов (пульпопроводов) из полимерных композитных материалов. Предполагается, что стенка трубопровода изготовлена путем перекрестной спиральной намотки на оправку двух симметричных систем волокон. Получены расчетные соотношения для коэффициентов матрицы жесткости и вектора узловых сил конечного элемента тонкостенного трубопровода. Использованы традиционные подходы строительной механики. Учитывается слоистая структура материала и анизотропия термоупругих свойств. Предполагается, что «монослой» работает в условиях плоского напряженного состояния. Рассмотрено двухкомпонентное статическое нагружение, включающее действие температуры и внутреннего давления. При этом распределенные температурные и гидродинамические воздействия заменены эквивалентной системой сосредоточенных узловых сил. В частном случае изотропного тела формулы приобретают известный вид.

Ключевые слова: трубопроводы, стрежневой конечный элемент, деформации, напряжения, полимерные композиционные материалы, метод конечных элементов

THE STRAIGHT ONE-DIMENSIONAL FINITE ELEMENT FOR CALCULATING OF COMPOSITE PIPELINES FOR WORKS BY HYDROMECHANIZATION FOR BETTERMENT OF FLOATING ROUTES

Loskutov Y.V., Gizatullin R.G.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: loskutovyv@volgatech.net

In the article is presented the straight one-dimensional finite element for calculating of thin-walled pipes (or slurry pipelines) from polymer composite materials. It´s assumed that the wall of the pipeline is made by cross-spiral winding onto the mandrel two symmetrical systems of fibers. It´s obtained the calculated relations for the coefficients of the stiffness matrix and the vector of nodal forces of a finite element of a thin-walled pipe. The traditional methods of structural mechanics are used. It´s assumed that the «monolayer» works in the condition of a plane stress. The static loading includes the effect of temperature and internal pressure. The distribution of thermal and hydrodynamic effects are replaced by an equivalent system of concentrated nodal forces. It takes into account the layered structure of the material and the anisotropy of the thermoelastic properties. In the particular case of an isotropic body formulas are known form.

Keywords: piping, straight one-dimensional finite element, , floating route, strength, stiffness, polymer composite materials, FEM

Пульпопровод – сооружение для размещения и поддержания на плаву трубопровода, по которому производится гидротранспорт пульпы от грунтового насоса на берег (рис. 1). При создании пульпопроводов (трубопроводов) для земснарядов применяют различные материалы. Металлические трубопроводы (пульпопроводы) используются с начала становления гидромеханизации и по настоящее время [10]. Однако, в связи с большим весом, низкой износостойкостью и сложностью при монтаже, им на замену все чаще приходят современные пульпопроводы из полимерных композитных материалов (ПКМ) [8]. Слоисто-волокнистая структура материала, армирование высокопрочными и высокомодульными волокнами и тонкие стенки обеспечивают достаточно эффективное сочетание прочности, жесткости и трещиностойкости с относительно малым удельным весом. При этом следует учитывать, что распространенными элементами современных силовых конструкций (ферм, рам, балок, валов, арок, труб, трубопроводов и т.д.) являются тонкостенные пространственные стержни.

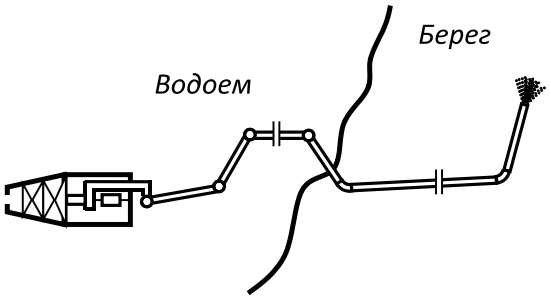


Рис. 1

Разработке теории и методов расчета тонкостенных слоистых стержней посвящен ряд работ, например [4, 5, 9]. В [4] разрешающие уравнения строятся на базе об-

щей теории многослойных анизотропных оболочек. В работе [9] для вывода расчетных соотношений применяются вариационно-матричные методы.

1. Стержневой конечный элемент. Рассмотрим конечно-элементную модель: расчетные соотношения (матрицу жесткости и вектор узловых сил) составим, используя традиционные подходы строительной механики стержневых систем.

На рис. 2 изображен прямолинейный конечный элемент (КЭ) как участок цилиндрической оболочки. Стенка оболочки образована путем перекрестной спиральной намотки на оправку двух симметричных систем волокон (нитей или прядей). Волокна составляют с образующей цилиндра углы ± θ.

Число слоев принимаем $2k + 1$. Внутренний слой (оправку) считаем однородным и изотропным, слои из ПКМ (монослои) – ортотропными и линейно упругими. Связи волокон и связующего, а также отдельных слоев друг с другом предполагаем идеальными.

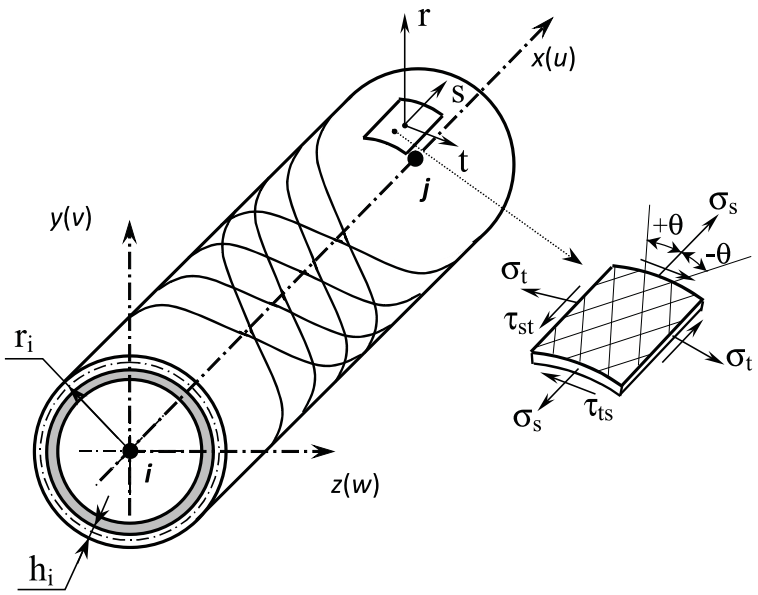


Рис. 2. Прямолинейная труба как многослойная цилиндрическая оболочка

Используем правые ортогональные системы осей координат. Координаты 1, 2, 3 (естественные координаты) связываем с осями упругой симметрии монослоя; координаты *s, r, t* – с его срединной поверхностью; координаты *x*, *y*, *z* – с осевой линией и поперечным сечением КЭ (см. рис. 2).

2. Соотношения упругости. Принимаем, что монослой «работает» в условиях плоского напряженного состояния. В этом случае зависимость между деформациями и напряжениями для однонаправленного слоя имеет вид:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & -\frac{\nu_{21}}{E_2} & 0 \\ -\frac{\nu_{12}}{E_1} & \frac{1}{E_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G_{12}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ 0 \end{Bmatrix} \Delta T \qquad (1)$$

или в матричной форме:

$$\{\varepsilon_{12}\} = [S^0]\{\sigma_{12}\} + \{\alpha_{12}\}\Delta T. \qquad (1')$$

Здесь $\{\varepsilon_{12}\}$, $\{\sigma_{12}\}$, $\{\alpha_{12}\}$ – соответственно векторы деформаций, напряжений и коэффициентов температурного расширения; $[S^0]$ – матрица податливости; ΔT – изменение температуры; E_1, E_2, G_{12}, ν_{12}, ν_{21}, α_1, α_2 – технические постоянные термоупругости (эффективные термоупругие постоянные). При этом $\nu_{12}E_2 = \nu_{21}E_1$.

Эффективные упругие константы определяются формулами [3]:

$$E_1 = \psi E' + (1-\psi)E'';$$
$$E_2 = E'E''/[\psi E'' + (1-\psi)E'];$$
$$G_{12} = G'G''/[\psi G'' + (1-\psi)G'];$$
$$\nu_{12} = \psi\nu' + (1-\psi)\nu'';$$
$$\nu_{21} = \nu_{12}E_2/E_1. \qquad (2)$$

$$\begin{Bmatrix}\sigma_1\\ \sigma_2\\ \tau_{12}\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11}^0 & g_{12}^0 & 0\\ g_{12}^0 & g_{22}^0 & 0\\ 0 & 0 & g_{66}^0\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\varepsilon_1\\ \varepsilon_2\\ \gamma_{12}\end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix}\beta_1\\ \beta_2\\ 0\end{Bmatrix}\Delta T \qquad (4)$$

или $\{\sigma_{12}\} = [G^0]\{\varepsilon_{12}\} - \{\beta_{12}\}\Delta T$,

где $[G^0]$ – матрица жесткости монослоя; $\{\beta_{12}\}$ – вектор температурных напряжений. Коэффициенты матрицы $[G^0]$ и вектора $\{\beta_{12}\}$ связаны с техническими постоянными термоупругости следующими соотношениями:

$$g_{11}^0 = \frac{E_1}{1-\nu_{12}\nu_{21}};\quad g_{12}^0 = \frac{\nu_{21}E_1}{1-\nu_{12}\nu_{21}};$$
$$g_{22}^0 = \frac{E_2}{1-\nu_{12}\nu_{21}};\quad g_{66}^0 = G_{12};\quad g_{21}^0 = g_{12}^0;$$
$$\beta_1 = (\alpha_1 + \nu_{21}\alpha_2)E_1/(1-\nu_{12}\nu_{21}),$$
$$\beta_2 = (\alpha_2 + \nu_{12}\alpha_1)E_2/(1-\nu_{12}\nu_{21}).$$

$$[L_1] = \begin{bmatrix} m^2 & n^2 & -mn\\ n^2 & m^2 & mn\\ 2mn & -2mn & m^2-n^2\end{bmatrix};\quad [L_2] = \begin{bmatrix} m^2 & n^2 & -2mn\\ n^2 & m^2 & 2mn\\ mn & -mn & m^2-n^2\end{bmatrix}. \qquad (7)$$

При этом $m = \cos\theta$, $n = \sin\theta$. Индекс «т» обозначает операцию транспонирования матрицы.

Заметим, согласно (6), в произвольной системе координат s, r, t угловые деформации γ_{st} однонаправленного слоя получаются связанными с нормальными напряжениями σ_s и σ_t, а линейные деформации ε_s и ε_t – с касательными напряжениями τ_{st}. В частном случае перекрестной спиральной симметричной намотки для системы, составленной из двух монослоев с углами $\pm\theta$, коэффициенты $s_{16} = s_{26} = 0$, $g_{16} = g_{26} = 0$, $\alpha_{st} = 0$, $\beta_{st} = 0$. В результате указанные связи исчезают.

При напряженном состоянии с компонентами: σ_s, τ_{st}, $\sigma_t = 0$ технические постоянные термоупругости ортотропного композита будут равны [1]:

Формулы для эффективных коэффициентов температурного расширения имеют вид:

$$\alpha_1 = \psi\alpha' + (1-\psi)\alpha'';$$
$$\alpha_2 = [\psi\alpha'E' + (1-\psi)\alpha''E'']/[\psi E' + (1-\psi)E'']. \qquad (3)$$

Здесь $(*)'$ и $(*)''$ – характеристики волокна и матрицы соответственно; ψ – коэффициент армирования.

Соотношения, обратные (1), имеют вид:

Перепишем зависимости (1) и (4) из естественной системы координат 1, 2, 3 к цилиндрическим координатам s, r, t. Получим

$$\{\varepsilon_{st}\} = [S]\{\sigma_{st}\} + \{\alpha_{st}\}\Delta T,$$
$$\{\sigma_{st}\} = [G]\{\varepsilon_{st}\} - \{\beta_{st}\}\Delta T. \qquad (5)$$

Преобразования поворота осей координат относительно нормали к поверхности имеют известный вид:

$$[S] = [L_1][S^0][L_1]^{\mathrm{T}};\ [G] = [L_2][G^0][L_2]^{\mathrm{T}}; \qquad (6)$$
$$\{\alpha_{st}\} = [L_1]\{\alpha_{12}\};\ \{\beta_{st}\} = [L_2]\{\beta_{12}\}.$$

Здесь $[L_1]$ и $[L_2]$ – матрицы преобразований поворота:

$$E_s = g_{11} - \frac{g_{12}^2}{g_{22}};\quad E_t = g_{22} - \frac{g_{12}^2}{g_{11}};$$
$$G_{st} = g_{66};\quad \nu_{st} = \frac{g_{12}}{g_{22}};$$
$$\alpha_s = \frac{\beta_s g_{22} - \beta_t g_{12}}{g_{11}g_{22} - g_{12}^2};\ \alpha_t = \frac{\beta_t g_{11} - \beta_s g_{12}}{g_{11}g_{22} - g_{12}^2}. \qquad (8)$$

3. Матрица жесткости. Матрицу жесткости КЭ представим в виде:

$$\left[C^{(n)}\right] = \begin{bmatrix} C_{II}^{(n)} & C_{IJ}^{(n)}\\ C_{JI}^{(n)} & C_{JJ}^{(n)}\end{bmatrix}, \qquad (9)$$

где n – порядковый номер КЭ; i и j – номера узлов; $\left[C_{ii}^{(n)}\right]$, $\left[C_{ij}^{(n)}\right]$, $\left[C_{ji}^{(n)}\right]$, $\left[C_{jj}^{(n)}\right]$ – подматрицы жесткости КЭ размера (6×6).

Подматрицу жесткости $\left[C_{ii}^{(n)}\right]$ определяем через подматрицу податливости КЭ – $\left[C_{ii}^{(n)}\right]=\left[\delta_{ii}^{(n)}\right]^{-1}$.. Компоненты симметричной матрицы $\left[\delta_{ii}^{(n)}\right]$ находим при помощи интегралов Мора. Тогда, для консольного КЭ (считаем узел *j* защемлен) получим [2]:

$$\delta_{11}=\frac{l}{A_x};$$

$$\delta_{22}=\frac{l^3}{3B_z}+k_y\frac{l}{A_y};$$

$$\delta_{26}=-\frac{l}{2B_z};$$

$$\delta_{33}=\frac{l^3}{3B_y}+k_z\frac{l}{A_z}; \qquad (10)$$

$$\delta_{35}=\frac{l}{2B_y};\quad \delta_{44}=\frac{l}{B_x};$$

$$\delta_{55}=\frac{l}{B_y};\quad \delta_{66}=\frac{l}{B_z}.$$

Оставшиеся коэффициенты матрицы $\left[\delta_{ii}^{(n)}\right]$ равняются нулю. В этом случае деформированное состояние КЭ определяется шестью независимыми обобщенными координатами, образующими вектор обобщенных перемещений узла (*i*),

$$\{q_i\}=\{u_i\ v_i\ w_i\ \varphi_{xi}\ \varphi_{yi}\ \varphi_{zi}\}^T.$$

В формулах (10) A_x, A_y, A_z, B_x, B_y, B_z – это жесткости поперечного сечения стержня на растяжение-сжатие, сдвиг, кручение и изгиб соответственно. Причем,

$$A_x=\int_A E_s dA=2\pi\sum_{i=1}^{k+1}(E_{si}h_i r_i);$$

$$A_y=A_z=\int_A G_{st}dA=2\pi\sum_{i=1}^{k+1}(G_{sti}h_i r_i); \qquad (11)$$

$$B_x=\int_A G_{st}r^2dA=2\pi\sum_{i=1}^{k+1}(G_{sti}h_i r_i^3);$$

$$B_y=B_z=\int_A E_s y^2dA=\pi\sum_{i=1}^{k+1}(E_{si}h_i r_i^3),$$

где безразмерные коэффициенты

$$k_y=k_z=\frac{A_y}{B_z^2}\int_A\frac{S_z^{*2}dA}{G_{st}b^2}=\frac{\pi\,A_y}{B_z^2}\sum_{i=1}^{k+1}\left(\frac{E_{st}^2h_i r_i^5}{G_{sti}}\right) \qquad (12)$$

учитывают неравномерное распределение по поперечному сечению касательных напряжений изгиба (определяются согласно [2] в результате осреднения энергий деформации сдвига). Здесь $S_z^*=\int_{A^*}E_s y dA$ – упруго-статический момент части поперечного сечения A^*; *i* – порядковый номер слоя; r_i, h_i – средний радиус и толщина слоя; *l* – длина КЭ.

Подматрицы жесткости КЭ $\left[C_{ji}^{(n)}\right]$ и $\left[C_{jj}^{(n)}\right]$ находятся при помощи преобразований вида:

$$\left[C_{ji}^{(n)}\right]=-\left[Z^{(n)}\right]\left[C_{ii}^{(n)}\right]$$

и

$$\left[C_{jj}^{(n)}\right]=-\left[Z^{(n)}\right]\left[C_{ij}^{(n)}\right], \qquad (13)$$

где $[Z^{(n)}]$ – матрица линейных преобразований [6].

4. Вектор узловых сил. Распределенные температурные и гидродинамические воздействия заменяем эквивалентной системой сосредоточенных узловых сил. Для этого используем основную систему метода перемещений: узловые силы в системе координат *x*, *y*, *z* (рис. 2) находим как реакции узловых связей, взятые с обратным знаком,

$$\begin{Bmatrix}F_i^{(n)}\\F_j^{(n)}\end{Bmatrix}=-\begin{bmatrix}C_{ii}^{(n)}\\C_{ji}^{(n)}\end{bmatrix}\left\{\Delta_i^{(n)}\right\}+\begin{Bmatrix}0\\R_j^{(n)}\end{Bmatrix}, \qquad (14)$$

где $\left\{F_i^{(n)}\right\}$ и $\left\{F_j^{(n)}\right\}$ – шестикомпонентные векторы узловых сил; $\left\{\Delta_i^{(n)}\right\}$ – вектор упругих перемещений узла *i*:

$$\left\{\Delta_i^{(n)}\right\}=\left(\varepsilon_m+\varepsilon_p+\varepsilon_{\tau_o}\right)\left\{x^{(n)}\right\},$$

$$\left\{x^{(n)}\right\}=l\left\{1\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 0\right\}^m. \qquad (15)$$

Для трубы с тонкими стенками:

$$\varepsilon_{\tau_o}=\frac{\tau_o l}{2A_x},\qquad \varepsilon_{\text{т}}=\Delta T\left[\frac{\sum_{i=1}^{k+1}\left(\beta_{S_i}h_i\right)\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{22i}h_i\right)-\sum_{i=1}^{k+1}\left(\beta_{t_i}h_i\right)\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{12i}h_i\right)}{\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{11i}h_i\right)\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{22i}h_i\right)-\left(\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{12i}h_i\right)\right)^2}\right],$$

$$\varepsilon_p = \frac{R\left(p_m + \rho_{ж} v_m^2\right)}{2}\left[\frac{\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{22i}h_i\right) - 2\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{12i}h_i\right)}{\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{11i}h_i\right)\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{22i}h_i\right) - \left(\sum_{i=1}^{k+1}\left(g_{12i}h_i\right)\right)^2}\right]. \quad (16)$$

Здесь p_m и v_m – стационарные составляющие давления и скорости внутреннего потока; $\rho_{ж}$ – плотность; τ_o – интенсивность сил трения жидкости о стенки трубы [7]; R – радиус отверстия трубы; g_{11}, g_{12}, g_{22} – элементы матрицы (6).

Вектор $\left\{R_j^{(n)}\right\}$ определяет реакции в узле j от сил трения интенсивностью τ_o:

$$\left\{R_j^{(n)}\right\} = \tau_o l \left\{1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\right\}^T.$$

В частном случае изотропного тела формулы (16) получают известный вид:

$$\varepsilon_т = \alpha\, \Delta T;$$

$$\varepsilon_p = \left(p_m + \rho_{ж} v_m^2\right)\frac{1-2\mu}{2E}\ \frac{R}{h}; \quad (17)$$

$$\varepsilon_{\tau_o} = \frac{\tau_o\, l}{2EA}.$$

Заключение

Таким образом, получены расчетные соотношения для коэффициентов матрицы жесткости и вектора узловых сил КЭ тонкостенного трубопровода, изготовленного из волокнистого композита. Рассмотрено двухкомпонентное статическое нагружение, включающее действие температуры и внутреннего давления. Учитывается слоистая структура материала и анизотропия термоупругих свойств.

Результаты получены при выполнении исследований в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнения НИОКР, а также гранта РФФИ № 10-08-97017-р_поволжье_а.

Список литературы

1. Алфутов Н.А., Зиновьев П.А., Попов Б.Г. Расчет многослойных пластин и оболочек из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1984. – 263 с.

2. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986.–560 с.

3. Болотин В.В., Новичков Ю.Н. Механика многослойных конструкций. – М.: Машиностроение, 1980. – 376 с.

4. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.

5. Киноэл А., Робинсон Е. Расчет ферм, балок, рам и тонкостенных элементов // Композиционные материалы: В 8 томах. – Т.7. Анализ и проектирование конструкций / под ред. К. Чамиса. – 1978. – 300 с.

6. Куликов Ю.А., Лоскутов Ю.В. Размеростабильные конструкции цилиндрических сосудов давления и трубопроводов из многослойных композитов // Механика композиционных материалов и конструкций. ИПриМ РАН. – 2000. – Т. 6, № 2. – С. 181–191.

7. Куликов Ю.А. Жидкостные трубопроводы: Численное исследование напряженно-деформированного состояния, индуцированного стационарным внутренним потоком // Расчеты на прочность. – М., 1993. – Вып. 33. – С. 119–31.

8. Лоскутов Ю.В. Расчёт конструкций композитных трубопроводов для гидромеханизации дноуглубительных работ по улучшению лесосплавных путей // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – Йошкар-Ола, 2012. – № 1. – С. 35–43.

9. Попов Б.Г. Расчет многослойных конструкций вариационно-матричными методами. – М.: Изд-во МГТУ, 1993. – 294 с.

10. Ялтанец И.М. Справочник по гидромеханизации: Теория и практика открытых горных и строительных работ. – М.: Изд-во МГГУ, 2011. – 737 с.

References

1. Alfutov N.A., Zinov'ev P.A., Popov B.G. *Raschet mnogoslojnyh plastin i obolochek iz kompozicionnyh materialov*, Moscow: Izdatt. Mashinostroenie, 1984, pp. 263.

2. Birger I.A., Mavljutov R.R. *Soprotivlenie materialov*, Moscow: Akademizdattsentr «Nauka» RAN, 1986, pp. 560.

3. Bolotin V.V., Novichkov Ju.N. *Mehanika mnogoslojnyh konstrukcij*, Moscow: Izdatt. Mashinostroenie, 1980, pp. 376.

4. Vasil'ev V.V. *Mehanika konstrukcij iz kompozicionnyh materialov*, Moscow: Izdatt. Mashinostroenie, 1988, pp. 272.

5. Knojel A., Robinson E. *Raschet ferm, balok, ram i tonkostennyh jelementov// Kompozicionnye materialy*, Vol. 7 *«Analiz i proektirovanie konstrukcij»*, Pod red. K.Chamisa,1978, p. 300.

6. Kulikov Yu.A., Loskutov Yu.V. *Cylindrical pressure vessels and pipelines made from multilayer composites. The problem of stability of dimension*, *Journal on Composite Mechanics and Design*, 2000, Vol. 6, No. 2, pp. 181–191.

7. Kulikov Yu.A. *Zhidkostnye truboprovody: Chislennoe issledovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija, inducirovannogo stacionarnym vnutrennim potokom* (Sbornik «*Raschety na prochnost*»), Moscow: Bauman Moscow State Technical Univ., Vol. 33, pp. 119–131.

8. Loskutov Yu. V. *Journal «Vestnik Mari State Technical Universit*», 2012, no. 1, pp. 35–43.

9. Popov B.G. *Raschet mnogoslojnyh konstrukcij variacionno-matrichnymi metodami*, Moscow: Bauman Moscow State Technical Univ., 1993, pp. 294.

10. Jaltanec I.M. *Spravochnik po gidromehanizacii: Teorija i praktika otkrytyh gornyh i stroitel'nyh rabot*, Moscow: Moscow State Mining Univ., 2011, pp. 737.

Рецензенты:

Савельев В.В., д.т.н., доцент, профессор кафедры строительного производства Чебоксарского политехнического института (филиал) ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет им. В.С. Черномырдина», г. Чебоксары;

Поздеев А.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 681.518: 666.1/28

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ МЕМРИСТОРОВ

[1]Малюков С.П.,[1]Клунникова Ю.В., [1]Ковалев А.В., [2]Лашков А.В.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: jklunnikova@rambler.ru;

[2]Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, Саратов, e-mail: jklunnikova@rambler.ru

Освещены вопросы разработки математических моделей и алгоритмов оптимизации технологии изготовления подложек из сапфира для элементов электронной техники (мемристоров). Проведены исследования свойств кристаллов сапфира и разработаны режимы их выращивания, обеспечивающие получение материала с заданными структурными параметрами. Рассматривается численная трехмерная модель с вычислительным программным обеспечением для расчетов распределения температурного поля для кристаллов сапфира. С помощью разработанной численной модели проведен ряд расчетов для изучения влияния теплофизических свойств материалов на процесс кристаллизации монокристаллов сапфира. Рассматриваются алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии решения в процессе роста и обработки сапфира. Приводятся результаты исследований по формированию структуры монокристаллов сапфира при обработке. На основании полученных результатов оптимизирована технологическая методика изготовления подложек из монокристаллов сапфира для электронной техники.

Ключевые слова: мемристор, оптимизация производства, монокристаллы сапфира, алгоритм принятия решения

DEVELOPMENT AND EXPLORATION OF MATHEMATICAL MODELS AND OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR MEMRISTOR'S SUBSTRATES PRODUCTION TECHNOLOGY

[1]Malyukov S.P., [1]Klunnikova Y.V., [1]Kovalev A.V., [2]Lashkov A.V.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: jklunnikova@rambler.ru;

[2]Saratov State Technical University, Saratov, e-mail: jklunnikova@rambler.ru

The development of sapphire substrates production technology mathematical models and optimization algorithms for electronic equipment (memristors) is described. Sapphire crystal properties investigation was made. The sapphire production regime was developed. It allows to receive the material with required parameters. The numerical three-dimensional model with software was developed for calculating temperature distribution in sapphire crystals. This model allows to make the calculations for research of sapphire heat properties influence on crystallization process. The decision making algorithms for sapphire growth and treatment are described. The investigation of sapphire structure treatment is reported. The results allow to optimize the technological methology of sapphire substrates production for electronic equipment.

Keywords: memrisor, production optimization, sapphire crystals, algorithm for decision making

Мемристор – это пассивный двухполюсный элемент, который может менять свое сопротивление под воздействием суммарного электрического тока, протекающего через него. Его вольт-амперная характеристика может динамически меняться с помощью воздействия импульсов электрического тока. Использование сапфировых подложек для элементов электронной техники (в частности, мемристоров) является весьма перспективным [10]. Подложки – одна из областей конструкционного применения сапфира. К достоинствам сапфировой подложки относят инертность, возможность работы при высоких температурах и механических нагрузках, возможность получения подложек больших размеров. Поэтому их применяют даже, когда параметры решетки не совсем совпадают с параметрами гетероэпитаксиальных структур. Они используются, в частности, для получения эпитаксиальных слоев кремния на сапфире (КНС), GaN, InN, AlN, GaP, для производства интегральных схем, высокоинтенсивных диодов и СВЧ-транзисторов.

С развитием технологий растут требования к качеству структуры этого материала [1, 2, 9]. Известно, что на качество выращиваемых монокристаллов влияет множество критериев, и в первую очередь – условия выращивания. Это емкое понятие и включает в себя множество других, таких, как распределение температуры в кристаллизационной камере, температурный градиент и его изменение, процессы, происходящие на межфазной границе кристалл-расплав и их влияние на итоговую структуру монокристаллов, процесс отжига кристалла при охлаждении после роста и их последующая термическая и механическая обработка [4].

Именно поэтому в данной работе основной целью является разработка математических моделей и алгоритмов оптимизации технологии изготовления подложек из монокристаллического сапфира для элементов электронной техники.

Комплексная технологическая схема изготовления пластин-подложек Al_2O_3 [7], включающая выращивание кристаллов и собственно изготовление подложек, представлена на рис. 1.

Основными отличиями применяемой в работе методики для усовершенствования технологии получения подложек из сапфира являются:

– использование методов экспертной оценки и планирования эксперимента в ходе проведения моделирования с целью построения моделей зависимости выходных параметров (уровни дефектов и т.п.) от исходных данных (скорость роста, мощность нагревателя и т.п.);

– разработка оптимизационной модели;

– использование специализированной базы данных, позволяющей более адекватно учитывать особенности технологии;

– комплексное рассмотрение трех основных этапов получения подложек из сапфира: рост, шлифование и полирование кристаллов.

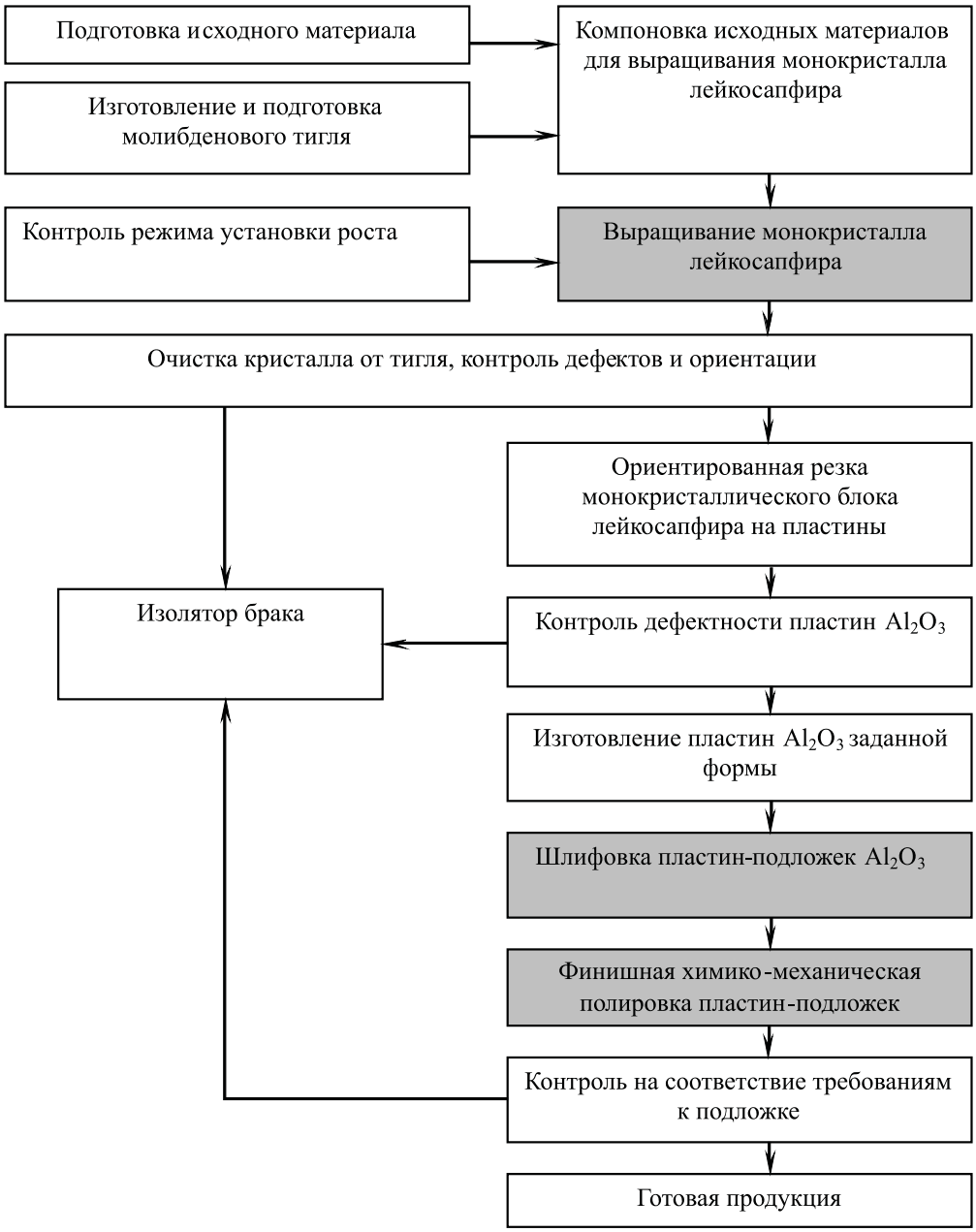


Рис. 1. Комплексная технологическая схема выращивания кристаллов сапфира и изготовления пластин-подложек для мемристоров

Для разработки и корректировки технологических режимов выращивания монокристаллов методом горизонтальной направленной кристаллизации (ГНК), а также для возможности усовершенствования конструкции теплового узла необходимо иметь представление о распределении температуры в кристаллизационной камере в процессе выращивания.

Задача о нахождении распределения температуры в системе кристалл-расплавшихта сводится к решению уравнения теплопроводности [3, 8]:

$$\frac{\partial T_i(x,y,z,\tau)}{\partial \tau} = \left(\frac{\partial}{\partial x} a_i \frac{\partial T_i(x,y,z,\tau)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} a_i \frac{\partial T_i(x,y,z,\tau)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} a_i \frac{\partial T_i(x,y,z,\tau)}{\partial z} \right) - W \frac{\partial T_i(x,y,z,\tau)}{\partial x}, \quad (1)$$

$$0 < x < x_L,\ 0 < y < y_L,\ 0 < z < z_L,$$

где $i = 1, 2, 3$ – соответственно кристалл, расплав и шихта; a_i – коэффициенты температуропроводности ($a_i = \dfrac{\lambda_i}{\rho_i \cdot C_i}$, где λ_i – коэффициент теплопроводности; ρ_i – плотность материала; C_i – удельная теплоемкость); W – скорость движения контейнера.

Экспериментальные исследования показали, что градиент температур в ростовой установке составляет 25–50 °С на сантиметр. Из этого можно сделать вывод о том, что процесс находится в квазистационарном состоянии, а распределение температуры можно найти по следующей формуле [3, 8, 9]:

$$div(\lambda_i grad T_i(x, y, z)) = 0. \quad (2)$$

Граничные условия для системы уравнений (2), отражающие неразрывность тепловых полей и тепловых потоков на границах раздела сред, записываются в виде следующих соотношений:

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(x_T y, z)}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial T_2(x_T, y, z)}{\partial x}; \quad (3)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2(x_T + \Delta x, y, z)}{\partial x} = \lambda_3 \frac{\partial T_3(x_T + \Delta x, y, z)}{\partial x}; \quad (4)$$

$$q_{s_1} = q_{s_2} = q_{s_3} = \sigma\beta(T^4 - T_{hot}^4), \quad (5)$$

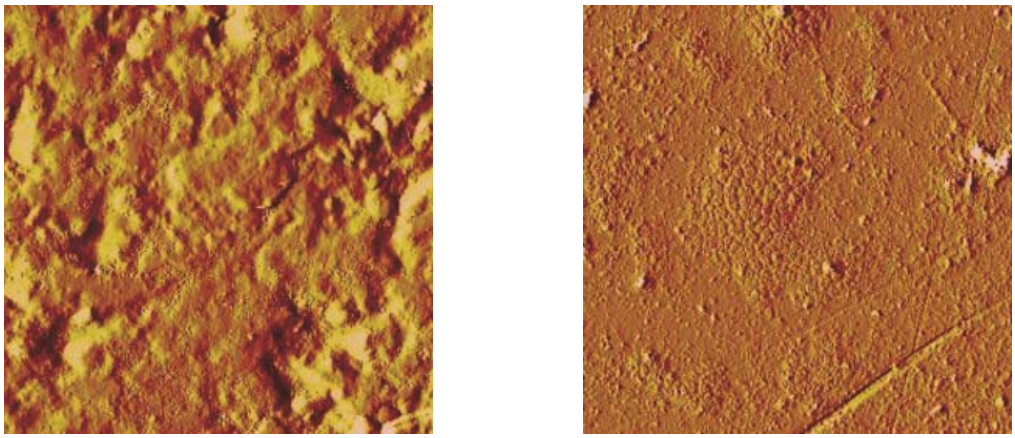
где σ – постоянная Стефана-Больцмана; β – коэффициент излучения; T_{hot} – функция, задающая распределение температуры на кристаллизаторах.

Результаты расчета показали, что прозрачность монокристаллов сапфира в кристаллической фазе и непрозрачность в расплаве непосредственно влияет на радиационные потоки в системе, а учитывая их весомый вклад в общий теплообмен, данный фактор влияет и на температурное поле, и на положение фронта кристаллизации. Температурные поля влияют на интенсивность радиационного переноса теплоты. Для оценки степени этого влияния проведены расчеты при повышении уровня температур в системе кристалл-расплав-шихта на 300 К. Результаты показали, что ширина расплава увеличивается на 11 %.

В процессе реализации структуры мемристора необходимо рассматривать вопросы обработки сапфировых подложек: ориентированную резку монокристаллического блока на пластины, шлифовку подложек, финишную химико-механическую полировку пластин-подложек. На этапе механической обработки исследовалась технология двухсторонней шлифовки. При исследовании шлифования пластин свободным абразивом было выявлено [7], что такие пластины имеют ровную матовую поверхность, без следов направлений обработки. Шлифовка свободным абразивом обеспечивает лучшее качество поверхности пластин. Шероховатость обработанных поверхностей снижается, а фактура и чистота их улучшается по мере уменьшения зернистости алмазных порошков в инструменте или суспензии (деионизованная вода – 66,7 %, глицерин – 11,11 %); при переходе от твердых шлифовальных инструментов на операциях грубого и тонкого шлифования к эластичным и мягким полировальным инструментам из полиуретана и замши на заключительных этапах обработки.

Исследована возможность использования закономерностей микроразрушения монокристаллов единичным зерном абразива для прогнозирования показателей процессов массового воздействия абразивными частицами при обработке [6].

В реальных условиях определенной длительности шлифования, когда в каждый момент времени на кристалл одновременно действует большое количество зерен, конечная дислокационная структура приповерхностного слоя определяется динамическим равновесием между скоростью сошлифования кристалла и скоростью образования новых дислокаций. Исходя из связи между зоной пластичности и глубиной внедрения зерна в кристалл следует, что увеличение твердости абразива и шлифовальника будет приводить к увеличению слоя с повышенной плотностью дислокаций.

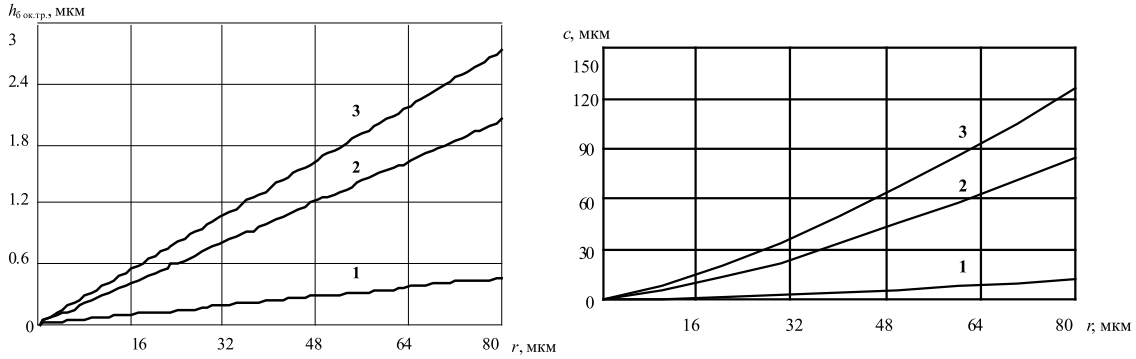


а б

Рис. 2. Микрофотографии поверхности сапфира после обработки алмазным порошком АСМ 28/20 (а) и АСМ 1/0 (б)

На рис. 3 представлена зависимость влияния материала шлифовальника и радиуса абразива на глубину приповерхностного поврежденного слоя и глубину залегаемых боковых трещин.

На основе проведенных исследований, разработанных моделей и алгоритмов созданы программные модули, которые приведены на рис. 4.



а б

Рис. 3. Влияние материала шлифовальника (1 – латунь, 2 – чугун, 3 – стекло) и радиуса абразива на глубину приповерхностного поврежденного слоя (а) и глубину залегаемых боковых трещин в монокристаллах сапфира (б)

Заключение

Таким образом, задача выбора оптимальных условий технологии изготовления подложек для мемристоров решалась на основе методов оптимизации, а также при сочетании методов аналитического моделирования с экспериментом и технологией экспертных систем. Были проведены исследования структуры поверхности подложек на различных этапах изготовления. Разработаны математические модели влияния параметров роста и обработки сапфира на качество получаемых подложек. На основании предложенных моделей и алгоритмов создан пакет компьютерных программ, предназначенный для интеллектуальной поддержки при принятии решения в процессе роста и обработки кристаллов, позволяющий повысить производительность процесса изготовления подложек в среднем на 15%. Результаты экспериментальных исследований и программное обеспечение дают достаточно полную информацию об особенностях реальной структуры монокристаллических подложек из сапфира и могут быть эффективно использованы при оптимизации технологии подготовки подложек для мемристоров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение №14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

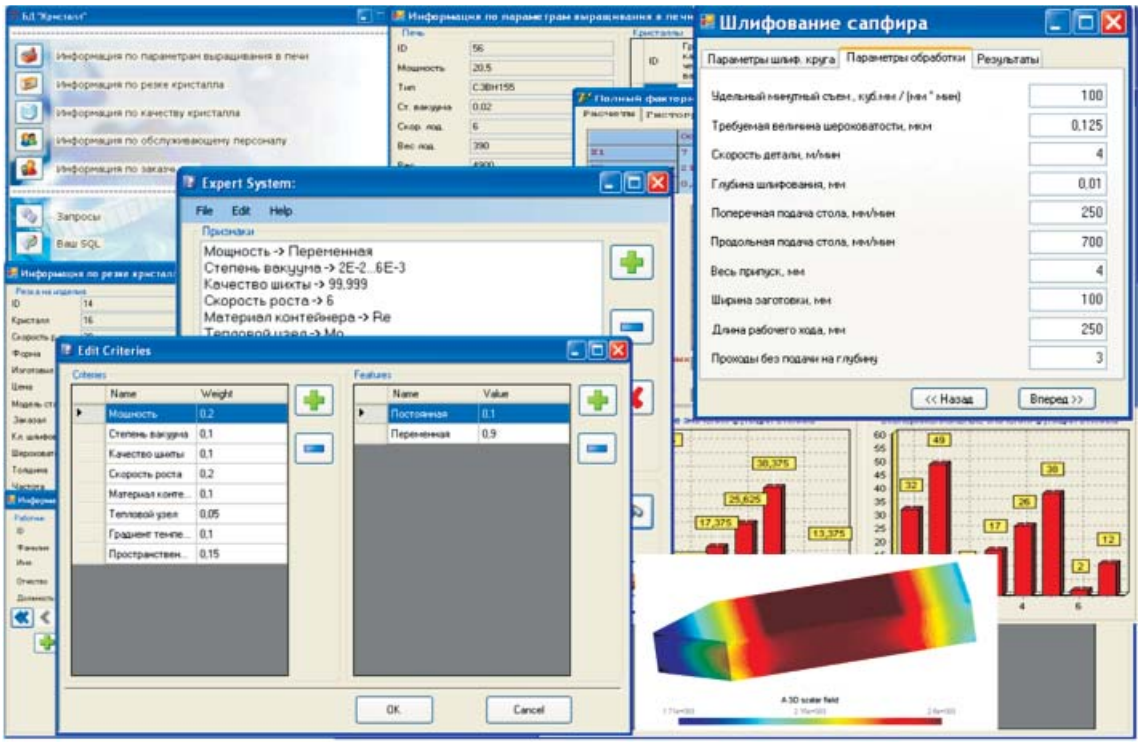


Рис. 4. Интерфейс программы интеллектуальной поддержки при принятии решения в процессе роста и обработки кристаллов сапфира

Список литературы

1. Багдасаров Х.С. Высокотемпературная кристаллизация из расплава. – М. : Физматлит, 2004. – 160 с.

2. Добровинская Е.Р., Литвинов Л.А., Пищик В.В. Энциклопедия сапфира. – Харьков: НТК «Институт монокристаллов», 2004. – 508 с.

3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.

4. Малюков С.П., Клунникова Ю.В. Оптимизация производства изделий из сапфира для электронной техники. – Lap Lambert Academic Publishing, 2012. – 151 с.

5. Малюков С.П., Клунникова Ю.В. Моделирование распределения температуры в процессе роста монокристаллов сапфира методом горизонтальной направленной кристаллизации в трехмерных координатах // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Нанотехнологии». – 2011. – № 4. – С. 86–94.

6. Малюков С.П., Клунникова Ю.В., Куликова И.В. Программа расчета основных параметров процесса получения изделий из кристаллов сапфира для электронной техники // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 17518 от 26.10.2011.

7. Малюков С.П., Нелина С.Н., Стефанович В.А. Физико-технологические аспекты изготовления изделий из сапфира. – Lap Lambert Academic Publishing, 2012. – 164 с.

8. Першин И.М. Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. – Пятигорск, 2007. – 244 с.

9. Dobrovinskaya E., Lytvynov L., Pishchik V. Sapphire & other corundum crystals. Institute for Single Crystals. – Kharkiv, 2002. – 294 p.

10. Driscoll T., Kim H.-T., Chae B.-G., Ventra M. Di, and Basov D. N. Phase-transition driven memristive system. Applied physics letters, 2009. URL:http://infrared.ucsd.edu/basov_pubs (дата обращения: 20.07.12).

References

1. Bagdasarov H.S. Vysokotemperaturnaya kristallizatsiyai zrasplava (High-temperature crystallization from the melt) Moscow, 2004. 160 p.

2. Dobrovinskaya E.R., Lytvynov L.A,, Pishchik V.V. Encyclopedia sapfira (Encyclopedia of Sapphire) Institute for Single Crystals. Kharkiv, 2004. 508 p.

3. Lykov A.V. Teoriya teploprovodnosti (Theory of heat conduction). – Moscow, 1967. – 600 p.

4. Malyukov S.P., Klunnikova Yu.V. Optimizatsiya proizvodstva izdeliy iz sapfira dlya electonnoy tekhniki (Optimization of sapphire production for electronic technique). – Lap Lambert Academic Publishing, 2012. 151 p.

5. Malyukov S.P., Klunnikova Yu.V. Modelirovanie raspredeleniya temperatury v protsesse rosta monocristallov sapfira metodom gorizontalnoy napravlennoy kristallizatsii v trekhmernykh koordinatakh (Simulation of the temperature distribution for sapphire crystals growth process by the method of horizontal directed crystallization in the three-dimensional coordinates // News of SFU. Technical science. 2011. no. 4. pp. 86–94.

6. Malyukov S.P., Klunnikova Yu. V., Kulikova I.V. Programma rascheta osnovnykh parametrov protsessa polucheniya iz deliy iz kristallov sapfira dlya elektronnoy tekhniki (Program for calculation of the main parameters of sapphire crystals production for electronic technique) // no. 17518 (26 November 2011).

7. Malyukov S.P., Nelina S.N., Stefanovich V.A. Fiziko-tekhnologicheskie aspekty izgotovleniya izdeliy iz sapfira (Physico-technological aspects of sapphire products manufacturing). Lap Lambert Academic Publishing, 2012. 164 p.

8. Pershin I.M. Analiz i sintez sistem s raspredelennymi parametrami (Analysis and synthesis of systems with distributed parameters). Pyatigorsk, 2007. 244 p.

9. Dobrovinskaya E., Lytvynov L., Pishchik V. Sapphire & other corundum crystals. Institute for Single Crystals. Kharkiv, 2002. 294 p.

10. Driscoll T., Kim H.-T., Chae B.-G., Ventra M. Di, and Basov D. N. Phase-transition driven memristive system. Applied physics letters, 2009. URL:http://infrared.ucsd.edu/basov_pubs (accessed 20 July 2012).

Рецензенты:

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии физико-математического факультета Таганрогского государственного педагогического института имени А.П. Чехова, г. Таганрог;

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор Научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Южного федерального университета, г. Таганрог.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 519.711 + 62–405.8 + 533.6.011.3

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ВНУТРИ КАНАЛОВ ВЫСОКОПОРИСТОГО ЯЧЕИСТОГО МАТЕРИАЛА

Митричев И.И., Кольцова Э.М., Женса А.В.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, e-mail: kolts@muctr.ru

Целью работы являлось компьютерное исследование течения газовой смеси в слое керамического высокопористого ячеистого материала (ВПЯМ), в том числе – установление границ существования газодинамических режимов течения в зависимости от скорости потока. Моделирование проводилось с использованием средства вычислительной гидродинамики ANSYS® FLUENT®. По результатам исследования критическое значение числа Рейнольдса равно 11, что совпадает с экспериментальным значением. Проанализирован ряд характеристик турбулентного течения для крупноячеистых и мелкоячеистых ВПЯМ. Проведено сравнение материалов ячеистой и блочной сотовой структуры по перепаду давления и интенсивности турбулентности при скоростях потока до 5 м/с. Гидравлическое сопротивление ВПЯМ выше в 10–25 раз гидравлического сопротивления блочного сотового материала, в то время как интенсивность турбулентности в несколько раз выше в макроканальной структуре ВПЯМ.

Ключевые слова: высокопористый ячеистый материал (ВПЯМ), дозвуковое течение газа, моделирование турбулентности, численное моделирование

COMPUTER SIMULATION OF GASODYNAMIC CONDITIONS IN CHANNELS OF OPEN-CELL FOAM

Mitrichev I.I., Koltsova E.M., Zhensa A.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, e-mail: kolts@muctr.ru

The focus of this work was CFD study of gas mixture flow in the open-cell ceramic foam layer, including the statement of the boundaries of gas flow regimes existence. The work was carried out using CFD-tool ANSYS® FLUENT®. As a result we found that the critical Reynolds number (Re) is equal to 11, this value fits with experimental data. Highly-developed turbulent flow starts with Re values about 300. We analyzed a number of characteristics of turbulent flow for large-pore and small-pore foams. Also the comparison of foam and honeycomb materials by pressure drop and turbulent intensity was made. Foam material turned to be 10–25 times more hydraulic resistant than honeycomb, but turbulent intensity in macrochannel foam structure was higher several times. Pressure drop vs velocity plot for porous foam media was in a good agreement with quadratic curves that are typical for turbulent flow, appropriate equation coefficients were proposed.

Keywords: open-cell foam, subsonic gas flow, turbulence modeling, numerical simulation

Высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ) являются перспективным классом материалов и получают в настоящее время свое применение в различных областях промышленности, транспорта в качестве носителей катализаторов, интенсификаторов массо- и теплообмена, газораспределителей, разделителей парогазовых сред, токоприемников для топливных элементов, звукопоглощающих и композиционных материалов. Они имеют высокую пористость (от 78 до 97%) и проницаемость, развитую регулируемую поверхность, малый объем, прочность при сжатии 0,4–0,8 МПа [1]. Размер ячейки 0,3–4,0 мм. ВПЯМ могут быть изготовлены из металлов (металлические ВПЯМ, открытоячеистые пенометаллы, англ. open-cell metal foam) и их оксидов (керамические ВПЯМ, открытоячеистая пенокерамика, англ. open-cell ceramic foam). Высокопористые ячеистые материалы можно получить различными способами [7]. Наиболее часто их изготавливают пропиткой пенополиуретана исходным шликером с последующим выжиганием полимерной матрицы. Совокупность свойств ВПЯМ позволяет рекомендовать их к использованию в качестве носителей катализаторов в процессах, где необходимо сочетание низких гидравлических потерь и эффективного массообмена газового потока с поверхностью катализатора [8], например, для очистки дымовых газов или проведения быстрых жидкофазных процессов.

Целью данной работы являлось проведение компьютерного моделирования течения смеси отходящих газов через слой высокопористого ячеистого материала с последующим анализом режимов и характеристик течения.

Моделирование газодинамической обстановки в данной работе выполнено в трехмерной постановке из-за сложной структуры потоков внутри слоя ВПЯМ.

Математическая модель

В качестве геометрической модели ячейки высокопористого материала использовалась сферическая модель с двенадцатью отсеченными сферическими сегментами

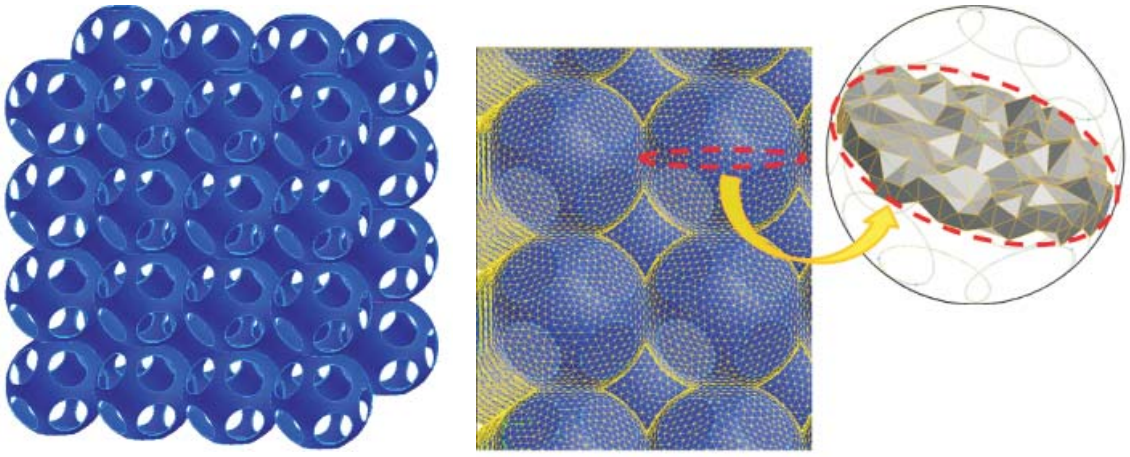
(рис. 1) [5]. Каждая ячейка имеет 12 соседних, образуя вместе с ними ансамбль из 13 элементарных ячеек, соответствующий гранецентрированной кубической упаковке сфер с перекрытиями. Такая структура имеет всего 2 определяющих параметра: диаметр сферы (ячейки) и степень сохранения как отношение расстояния между центрами сфер к диаметру сферы. Степень сохранения однозначно связана [5] с долей свободного объема (пустот) модели, которая, в свою очередь, соответствует макропористости ВПЯМ.

В пакете GAMBIT® была построена многослойная модель из 21 слоя ячеек с неравномерной тетраэдральной конечно-объемной сеткой (1,0 млн конечных объемов), шагом на увеличение от стенки $h_w = 1{,}2$. Моделирование показало линейное распределение давления по слою вдоль направления потока, поэтому данная модель использовалась в качестве модели участка ВПЯМ, перепад давления P_{21l} на нем рассчитывался по формуле:

$$P_{21l} = \frac{P_{70} L_{21l}}{70}, \qquad (1)$$

где P_{70} – перепад давления на слое (70 мм) ВПЯМ; L_{21l} – длина модели, мм.

Также была построена модель канала блочного сотового материала, сечение канала – квадратное с площадью 1 мм^2, длина – L_{21l} (сетка – 197 тыс. конечных объемов, $h_w = 1{,}2$).



а б

Рис. 1. Геометрическая модель участка ВПЯМ: а – часть структуры геометрической модели; б – тетраэдральная конечно-объемная сетка

Направление газового потока было выбрано вдоль длинной оси модели. На крайних окнах модели, перпендикулярных потоку, задавались периодические граничные условия.

Для моделирования движения вязкой среды численно решались осредненные по Рейнольдсу трехмерные стационарные уравнения Навье-Стокса (RANS). Между входными и выходными отверстиями в модели задавался перепад давлений, на стенке – граничное условие прилипания потока. Моделирование было выполнено в программном пакете ANSYS® FLUENT®. Для замыкания математической модели использовалась k–ε RNG модель турбулентности со стандартными параметрами, которая обеспечивает достаточную точность при расчете дозвуковых течений [10]. В пристеночной области использовался подход расширенных функций стенки (enhanced wall treatment), безразмерное расстояние до стенки y^+ во всех опытах не превышало числа 5.

Толщина исследуемого участка – 70 мм. Диаметр ячейки – 2,109 мм (крупноячеистый ВПЯМ, КЯ) и 1,007 мм (мелкоячеистый ВПЯМ, МЯ). Степень сохранения геометрической модели (0,92) соответствовала пористости моделируемого реального образца 90%.

На вход в модель подавался слабо турбулизованный поток (интенсивность турбулентности – 5%). В области низких скоростей интенсивность турбулентности быстро затухала по модели, то есть турбулентные структуры были неустойчивы. Это означало ламинарное течение среды, и вместо k–ε-модели далее решалась ламинарная модель.

Исследование перепада давлений на ВПЯМ

Зависимость перепада давлений от скорости газового потока для двух различных ВПЯМ и сотового материала представлена в виде графиков на рис. 2.

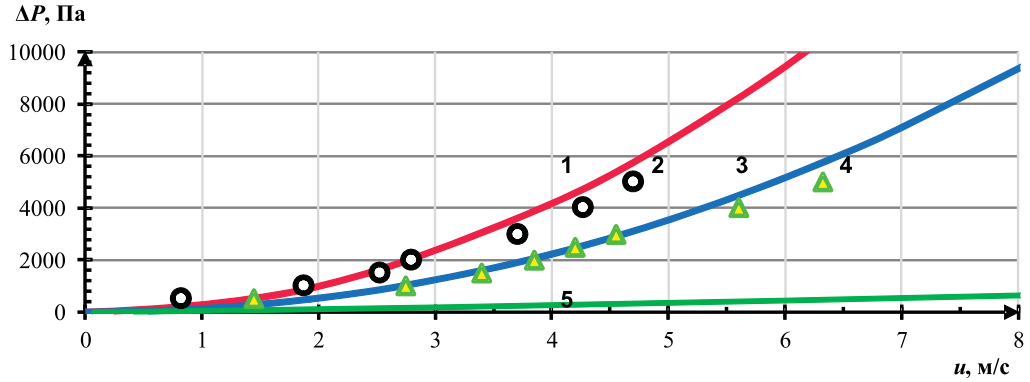


Рис. 2. Зависимость перепада давлений от скорости газового потока. Толщина слоя – 70 мм^ 1 – МЯ, модель; 2 – эксперимент $d_я$ = 1 мм [9]; 3 – КЯ, модель; 4 – эксперимент $d_я$ = 2,109 мм [9]; 5 – сотовый материал, модель

Как видно из рис. 2, гидравлическое сопротивление у мелкоячеистых образцов выше, то есть с уменьшением диаметра ячейки гидравлическое сопротивление увеличивается. Результаты согласуются с данными эксперимента [9]. У ВПЯМ гидравлическое сопротивление выше в 10–25 раз, чем у блочного сотового материала.

На рис. 3 показано сравнение расчетных и экспериментальных значений скорости при фиксированных значениях перепада давлений для крупноячеистого (рис. 3а) и мелкоячеистого (рис. 3б) ВПЯМ. Как видно из рис. 3, в диапазоне скоростей более 1,5 м/с относительная ошибка расчета по модели не выходит из 20%-го коридора. Многослойная модель хорошо согласуется с экспериментальными данными и может быть использована в качестве геометрической модели участка высокопористого ячеистого материала.

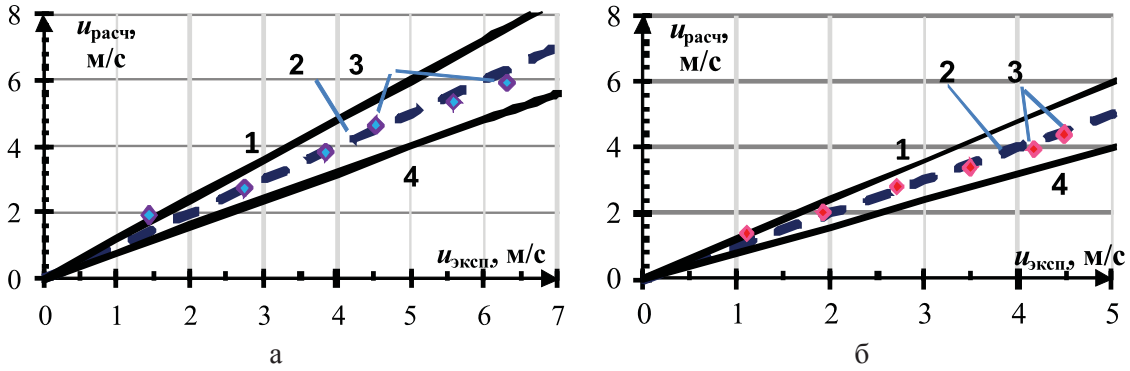


Рис. 3. Сравнение расчетных и экспериментальных значений скорости при фиксированных значениях перепада давлений для КЯ (а) и МЯ (б): 1 – линия относительной ошибки – 20%; 2 – эксперимент [9]; 3 – многослойная модель; 4 – линия относительной ошибки + 20%

Полученные зависимости в диапазоне 0–10 м/с с относительной погрешностью менее 10% ложатся на квадратичные кривые вида

$$\Delta P(u) = \tilde{A}u + \tilde{B}u^2, \qquad (2)$$

где u – скорость газа в потоке; $\tilde{A}$ и $\tilde{B}$ – коэффициенты, найденные с помощью метода наименьших квадратов (МНК): $\tilde{A} = 5{,}2$, $\tilde{B} = 142{,}5$ для КЯ, $\tilde{A} = 56{,}1$, $\tilde{B} = 269{,}8$ для МЯ.

Анализ режимов фильтрации газа

Следует заметить, что двучленная запись для фильтрации жидкостей и газов вида (2) применяется для описания зависимости гидравлического сопротивления пористых образцов от скорости потока в турбулентном режиме. В работе [3] было показано, что зависимость $\Delta P/L = f(u)$ на образцах ВПЯМ нелинейна (что означает отклонение от линейного ламинарного закона Дарси) при скоростях фильтрации газа больше 0,23 м/с. Таким образом, при указанных скоростях для образцов [3] течение было неламинарно.

При моделировании течения газа в слое ВПЯМ зависимость гидравлического сопротивления от скорости потока была также нелинейна и представляла собой квадра-

тичную зависимость с малым начальным линейным участком.

В статьях [2, 3] на основе экспериментальных данных построены зависимости критического значения числа Рейнольдса от пористости в металлических ВПЯМ. При пористости 90% это значение составляет ≈ 11. При этом авторы отмечают, что скорость газового потока u для $Re_{кр}$ составляла 0,1 м/с. Похожие данные представлены в статье [6], которые свидетельствуют о том, что в ячеистых высокопористых материалах турбулизация газового потока наблюдается уже при скорости u = 0,05 м/с.

По результатам численного эксперимента была построена зависимость коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса в логарифмических координатах (рис. 4).

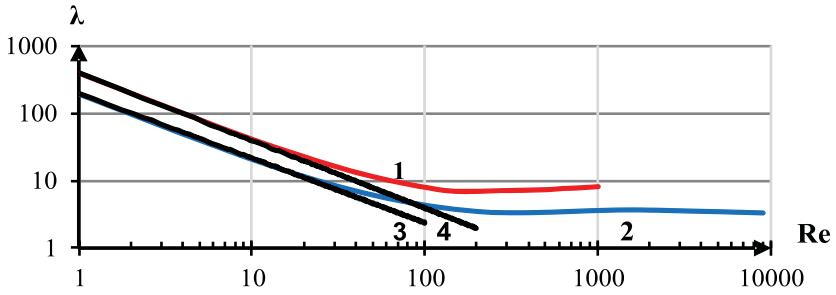


Рис. 4. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса; 1 – МЯ; 2 – КЯ; $d_я$ = 2,109 мм; 3, 4 –касательные

Величину Re для ячейки определяли из выражения:

$$\mathrm{Re}=\frac{u_я d_я \rho}{\mu}, \qquad (3)$$

где ρ – плотность газовой среды; $u_я$ – средняя скорость газа в центральном сечении ячейки; $d_я$ – диаметр ячейки; μ – динамическая вязкость газа.

Коэффициент гидравлического сопротивления λ можно вычислить по формуле:

$$\lambda=\frac{2d_я\Delta P}{\rho u_я^2 L}, \qquad (4)$$

где L – длина моделируемого образца ВПЯМ (здесь 70 мм).

Для ВПЯМ значение $Re_{кр}$, соответствующее началу отклонения зависимости от линейной, приблизительно равно 11, что совпадает с данными [8]. Равенство критического значения числа Рейнольдса является следствием гидродинамического подобия потоков в мелкоячеистых и крупноячеистых моделях ВПЯМ. При этом скорость газа составляла для крупноячеистого ВПЯМ 0,067 м/с, что хорошо согласуется с экспериментальными данными [6], для мелкоячеистого 0,128 м/с.

Об инвариантности λ(Re) (окончание переходного режима течения, развитая турбулентность) можно говорить, начиная с Re > 250. При этом скорость газа в потоке для крупноячеистого ВПЯМ u > 1,79 м/с (u > 2,32 м/с для мелкоячеистого).

Коэффициент гидравлического трения для мелкоячеистого ВПЯМ в среднем в три раза выше, чем для крупноячеистого, в рассматриваемом диапазоне скоростей (0–12 м/с).

Исследование характеристик турбулентности

Использование параметрической модели позволяет в случае турбулентного течения вычислить его осредненные характеристики. В данной работе для определения характера течения вычислены следующие параметры:

– интенсивность турбулентности;

– турбулентная вязкость;

– колмогоровские масштабы, характеризующие самые мелкие турбулентные вихри;

– завихренность, как циркуляция потока через единицу площади.

На рис. 5 показан профиль Z-составляющей вектора завихренности в слое крупноячеистого ВПЯМ (сечение вдоль слоя) при перепаде давлений 4000 Па, поток направлен по оси X. По приведенной картине можно сделать вывод, что наибольшая степень завихренности наблюдается около стенки перед и после прохождения потоком окон.

Масштаб турбулентности, указывающий размеры наиболее крупных турбулентных вихрей [4]:

$$L=\frac{k^{3/2}}{\varepsilon}, \qquad (5)$$

где k – кинетическая энергия турбулентности, м^2/с^2; ε – диссипация кинетической энергии турбулентности, м^2/с^3.

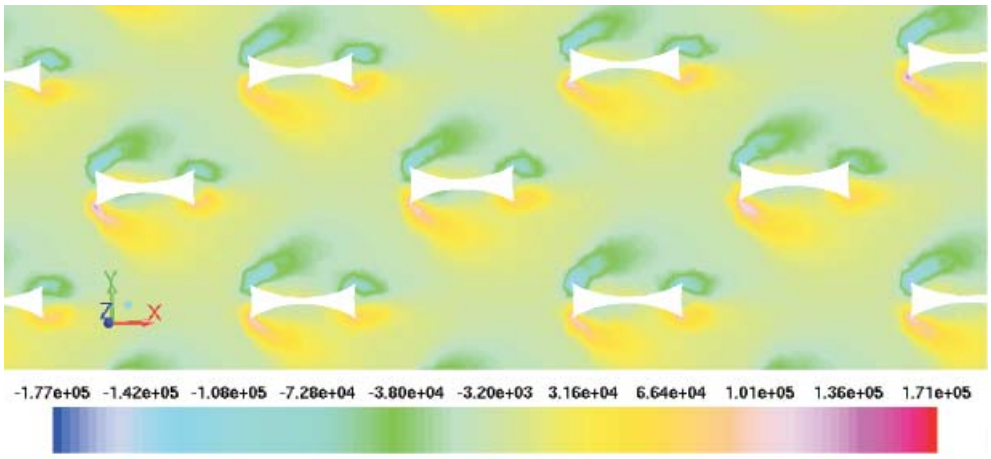


Рис. 5. Профиль Z-составляющей вектора завихренности в слое КЯ при перепаде давлений 4000 Па

Как видно из рис. 6а, наибольший размер вихрей наблюдается при скоростях порядка 2 м/с, с дальнейшим ростом скорости его значение начинает уменьшаться. Это обусловлено тем, что крупные вихри (наибольшие, длинноволновые моды частных решений уравнений Навье-Стокса) теряют устойчивость с ростом скорости.

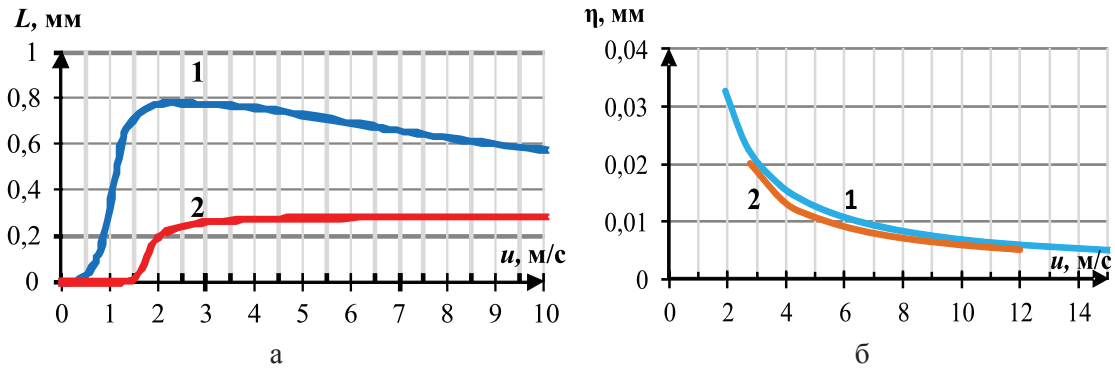


Рис. 6. Зависимость масштаба турбулентности от скорости газового потока: а – наибольший масштаб турбулентности L; б – Колмогоровский масштаб длины η; 1 – КЯ; 2 – МЯ

Колмогоровский масштаб длины определяет наименьшие размеры вихрей [4]:

$$\eta=\left(\frac{\nu^3}{\varepsilon}\right)^{\frac{1}{4}}, \qquad (6)$$

где ν – кинематическая вязкость среды, м^2/с.

Зависимость Колмогоровского масштаба длины η от скорости движения газового потока представлена на рис. 6б. Колмогоровские масштабы вычисляются для развитого турбулентного течения и при низких скоростях зависимости не строятся.

Заметно, что масштабы мелких вихрей в 60–100 раз меньше масштабов крупных вихрей при развитом турбулентном режиме. С ростом скорости масштабы медленно уменьшаются, стремясь к постоянной величине – минимальному Колмогоровскому размеру вихря, размеры которого менее 0,005 мм.

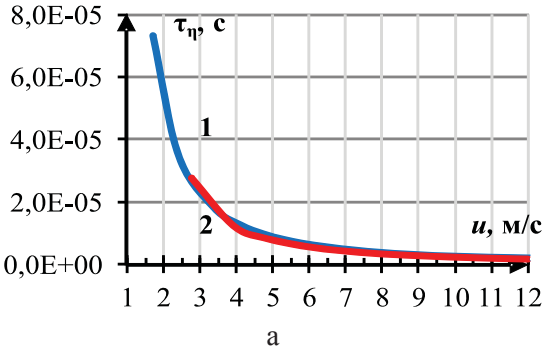
Колмогоровский временной масштаб, указывающий среднее время жизни вихрей, непосредственно диссипирующих в тепло [4]:

$$\tau_\eta=\left(\frac{\nu}{\varepsilon}\right)^{\frac{1}{2}}. \qquad (7)$$

Как видно из зависимости временного масштаба мелких вихрей от скорости газа (рис. 7), наибольшее время жизни мелких вихрей соответствует наименьшим скоростям развитого турбулентного потока. С увеличением скорости газа дальнейшее развитие турбулентности происходит в направлении уменьшения времени жизни мелких вихрей, то есть процесс диссипации кинетической энергии в тепловую происходит быстрее.

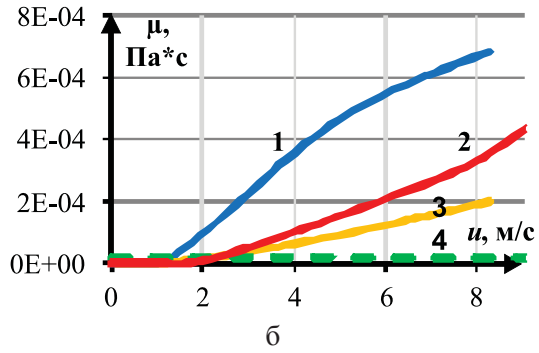
Полная (эффективная) вязкость потока складывается из постоянной (динамическая вязкость) и пульсационной со-

ставляющих (турбулентная, или вихревая, вязкость). С развитием турбулентного течения турбулентная вязкость начинает доминировать над динамической вязкостью. В ячейке крупноячеистого ВПЯМ это происходит по достижении скоростью потока значения 1,2 м/с. Вычисление аналогичных показателей в окнах между ячейками показало, что в них турбулентная вязкость растет медленнее и начинает доминировать над динамической вязкостью при скорости 2 м/с (рис. 8).



а

Рис. 7. Зависимость Колмогоровского временного масштаба турбулентности от скорости газового потока: 1 – крупноячеистый ВПЯМ, $d_я$ = 2,109 мм; 2 – мелкоячеистый ВПЯМ, $d_я$ = 1,007 мм



б

Рис. 8. Зависимость турбулентной вязкости от скорости газа при установившемся течении: 1, 2 – средняя турбулентная вязкость в центральном сечении ячейки, крупно- и мелкоячеистый ВПЯМ, 3 – средняя турбулентная вязкость в выходных окнах ячеек, 4 – динамическая вязкость (постоянная среды)

Формула Колмогоровского масштаба скорости из анализа размерностей [4]:

$$u_\eta = (\nu\varepsilon)^{\frac{1}{4}}. \qquad (8)$$

Отношение средней скорости пульсационного движения мелких вихрей к средней скорости среды в ячейке есть средняя интенсивность турбулентности мелких вихрей:

$$I_\eta = \frac{u_\eta}{u_я}. \qquad (9)$$

На рис. 9 показана зависимость средней интенсивности турбулентности мелких вихрей от скорости газового потока. При турбулентном течении с увеличением скорости интенсивность мелкомасштабных пульсаций уменьшается, так как уменьшается размер мелких вихрей, а следовательно, их энергия, и скорость мелкомасштабных пульсаций начинает расти медленнее средней скорости потока.

Сравнение блочного сотового и ячеистого материала по интенсивности турбулентности

На рис. 10 приведена зависимость средней интенсивности турбулентности от скорости газового потока. Интенсивность турбулентности вычислялась как отношение среднеквадратичного составляющих u'_x, u'_y, u'_z вектора пульсационной скорости к средней скорости движения среды $u_{ср}$ [10]:

$$I = \sqrt{\frac{u_x + u_y + u_z}{3}} \Big/ u_{ср.} \qquad (10)$$

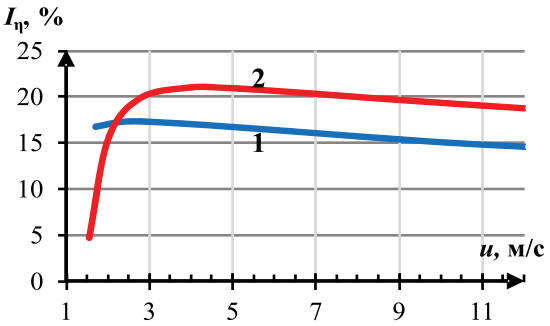


Рис. 9. Зависимость интенсивности турбулентности мелких вихрей от скорости газового потока: 1 – КЯ; 2 – МЯ

За среднюю скорость движения среды принималась средняя скорость движения потока в центральном сечении ячеек.

Согласно рис. 10, данная зависимость в рассматриваемом интервале скоростей является кривой с насыщением, для КЯ при росте скорости течения газа интенсивность турбулентного течения стремится к постоянной величине в 54 %.

Сравнивая данную зависимость с зависимостью на рис. 9, можно отметить, что интенсивность пульсационного движения мелкомасштабных вихревых структур приблизительно в 2–3 раза ниже, чем крупных.

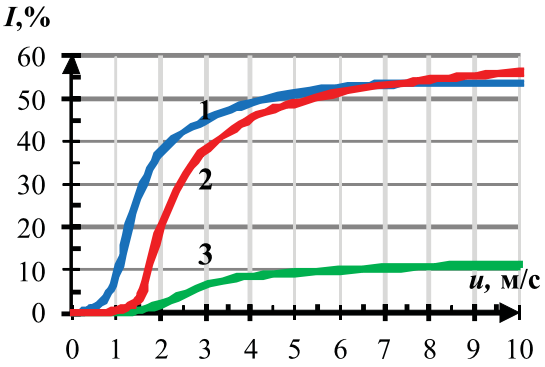


Рис. 10. Зависимость интенсивности турбулентности от скорости газового потока:
1 – КЯ; 2 – МЯ; 3 – блочный сотовый материал, ширина канала a = 1 мм

Выводы

Построена геометрическая модель, основанная на плотной упаковке сфер с пересечениями в трёхмерном пространстве. Модель состоит из массива ячеек, уложенных в узлы гранецентрированной кубической решетки. Ячейка модели соответствует поре ВПЯМ. С помощью пакета конечного анализа FLUENT произведено численное решение RANS в стационарной постановке, для замыкания системы использована k–ε RNG модель [10].

По результатам численного эксперимента (длина слоя $L = 70$ мм, степень сохранения $p = 0{,}92$) построены зависимости гидравлического сопротивления крупноячеистого и мелкоячеистого ВПЯМ от скорости газового потока. Полученные зависимости согласуются с экспериментальными данными [9]. Установлено, что данная зависимость может быть описана двучленным уравнением вида $\Delta P(u) = Au^2 + Bu$, во всём диапазоне скоростей, так как начальный линейный участок, соответствующий ламинарному режиму течения, незначителен.

С помощью зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса определено, что турбулизация в слое ВПЯМ начинается при $Re_{кр} \approx 11$.

Найдено приближенно значение числа Рейнольдса $Re \approx 250$–300, при котором устанавливалось развитое турбулентное течение.

Анализ гидродинамических режимов при фильтрации воздуха через блочные материалы различной структуры показал, что при одинаковой скорости интенсивность турбулентности во ВПЯМ значительно выше, чем внутри каналов материала сотовой структуры, при этом в области скоростей 1–5 м/с для интенсификации массо- и теплообмена рекомендуется использовать крупноячеистый ВПЯМ как наиболее эффективно турбулизирующий поток. Однако гидравлическое сопротивление ВПЯМ в 10–25 раз выше, чем у блочного сотового материала.

Найдены характерные размеры крупных и мелких турбулентных вихрей, данные масштабы различаются в 60–100 раз. С увеличением скорости газа время существования мелких турбулентных вихрей уменьшается.

Работа выполнена при поддержке гос. контракта Министерства образования и науки РФ №16.515.11.5044.

Список литературы

1. Анциферов В.Н. От египетских пирамид до космоса // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – №5. – С. 109–114.
2. Модели и свойства высокопористых ячеистых материалов / В.Н. Анциферов, А.А. Макаров, А.М. Ханов, Г.В. Башкирцев // Перспективные материалы. – 2010. – №3. – С. 5–9.
3. Беклемышев А.М. Структурные и гидравлические свойства высокопористых ячеистых материалов на металлической основе. – Пермь: ПГТУ, 1998. – 225 с.
4. Белов И.А. Моделирование турбулентных течений: учебное пособие / И.А. Белов, С.А. Исаев. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2001. – 108 с.
5. Кулаков С.В. Моделирование структуры высокопористых проницаемых ячеистых материалов // Перспективные материалы. – 2000. – №3. – С. 22–26.
6. Макаров А.А. Аэродинамические характеристики. [Электронный ресурс] // ЗАО «ЭКАТ». Режим доступа: http://ekokataliz.ru/penomaterials/specifications/aerodynamical – Загл. с экрана (дата обращения 16.12.2011).
7. Макаров А.А. Высокопористые ячеистые материалы в устройствах каталитической очистки газовых выбросов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Пермь, 2004. – 16 с.
8. Макаров А.А. Очистка газовых выбросов от аэрозолей агрессивных, токсичных и радиоактивных соединений высокопористой керамикой. [Электронный ресурс] // Мир Гальваники. – Режим доступа: http://www.galvanicworld.com/articles/articles_178.html – Загл. с экрана (дата обращения 22.06.2011).
9. Гидравлическое сопротивление шликерного ВПЯМ / С.В. Тищенко, А.И. Козлов, В.Н. Грунский, А.В. Беспалов // Химическая промышленность сегодня. – 2005. – №2. – С. 42–51.
10. ANSYS FLUENT Theory Guide. Release 14.0. ANSYS, Inc. November 2011. 768 p.

References

1. Antciferov V.N. Sorosovskiy obrazovatel'niy jurnal. 1996. Vol. 5. pp. 109–114.
2. Antciferov V.N., Makarov A. A., Hanov A. M., Bashkirtcev G. V. Perspektivnye materialy. 2010. Vol. 3. pp. 5–9.
3. Beklemychev A.M. Structurnye I gidravlicheskie svoystva vysokoporistyh yacheistyh materialov na metallicheskoy osnove [Structural and hydraulic properties of metal-based highly porous cellular materials]. Perm: PGTU. 1998. 225 p.
4. Belov I.A. Isaev S.A. Modelirovanie turbulentnyx techeniy [Turbulent flow modeling]. Saint-Petersburg, Baltiyskiy Gos. Tech. Univ. 2001. 108 p.
5. Kulakov S.V. Perspektivnye materialy. 2000. Vol. 3. pp. 22–26.
6. Makarov A.A. Aerodinamicheskiye harakteristiki (Aerodynamical characteristics) // ZAO «ECAT». Available at: http://ekokataliz.ru/penomaterials/specifications/aerodynamical (accessed 16.12.2011).
7. Makarov A.A. Vysokoporistye yacheistye materialy v ustroystvah kataliticheskoy ochistki gazovyh vybrosov [Highly porous cellular materials in devices of catalytic cleaning of gas emissions]. PhD Thesis Abstract. Perm. 2004. 16 p.
8. Makarov A.A. Ochistka gazovyh vybrosov ot aerosoley aggresivnyh, toksichnyh I radioaktivnyh soedineniy vysokoporistoy keramikoy (Purification of gas emissions from aerosols of corrosive, toxic and radioactive compounds with highly porous ceramics) GalvanicWorld. Available at: http://www.galvanicworld.com/articles/articles_178.html (accessed 22.06.2011).
9. Tishchenko S.V., Kozlov A.I., Grunskiy V.N., Bespalov A.V. Khimicheskaya promyshlennost' segodnya. 2005. Vol. 2. pp. 42–51.
10. ANSYS FLUENT Theory Guide. Release 14.0. ANSYS, Inc. November 2011. 768 p.

Рецензенты:
Бессарабов А.М., д.т.н., профессор, заведующий учебно-научным комплексом, ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт химических реактивов и особо чистых химических веществ «ИРЕА», г. Москва;
Куркина Е.С., д.ф-м.н., ведущий научный сотрудник факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 54.053

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР

[1]Мясоедова Т.Н., [1]Моисеева Т.А., [1]Петров В.В., [2]Кошелева Н.Н.

[1]ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: nazarova@hotmail.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет» Воронеж, e-mail: nazarova@hotmail.ru

Освещена актуальность проблемы создания резистивных элементов памяти (мемристоров). Показано, что наиболее перспективными материалами для создания рабочих элементов мемристоров являются оксиды переходных металлов, в частности CuO_x. Для формирования данного материала в виде тонкой пленки была разработана технология на основе цитратного золь-гель метода. Проведены исследования фазового состава полученных материалов. Показано, что материалы имеют нестехиометрический состав с одновременным присутствием фаз CuO и Cu_2O, что является характерным для использованных температур обработки. Для получения более стабильной фазы Cu_2O, используемой в качестве основы для производства рабочих элементов мемристоров, следует использовать относительно низкую температуру отжига материала. Толщина полученных тонкопленочных материалов, измеренная посредством метода интерференционной спектроскопии, составила порядка 0,1 мкм. Методом рентгенофазового анализа показано одновременное присутствие фаз CuO и Cu_2O. Поверхность пленочных материалов изучена методом растровой электронной микроскопии (РЭМ). Размер кристаллитов оксидов меди составил порядка 70 нм.

Ключевые слова: мемристор, тонкопленочный материал, золь-гель метод, оксиды меди

DEVELOPMENT OF OXIDE MATERIALS FORMATION TECHNOLOGY FOR MEMRISTORS APPLICATION

[1]Myasoedova T.N., [1]Moiseeva T.A., [1]Petrov V.V., [2]Kosheleva N.N.

[1]Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: nazarova@hotmail.ru;

[2]Voronezh State University, Voronezh, e-mail: nazarova@hotmail.ru

The urgency of creating resistive memory elements (memristors) is described. Shown that the most promising materials for the work items memristors are transition metal oxides, in particular CuO_x. In order to form the material into a thin film technology has been developed on the basis of citrate sol-gel method. The investigation of the phase composition, the materials received. It is shown that the materials have a non-stoichiometric composition with the simultaneous presence of phases CuO and Cu_2O, which is characteristic of the used processing temperatures. For a more stable phase Cu_2O, used as a basis for work items memristor, use a relatively low annealing temperature of the material. The thickness of thin-film materials, as measured by the method of interference spectroscopy was about 0,1 mm. By X-ray analysis showed the simultaneous presence of phases CuO and Cu_2O. The surface of the thin film materials was studied by scanning electron microscopy (SEM). Crystallite size of copper oxides was about 70 nm.

Keywords: memristor, thin film material, sol-gel technique, copper oxides

Твердотельные транзисторы в свое время сделали большой прорыв в мире микроэлектроники и обеспечили нас дешевыми и быстрыми методами обработки данных. Однако современные транзисторы имеют большие ограничения по размерам. При приближении размеров транзисторов к нанометровому диапазону возникают проблемы, связанные с квантовыми эффектами, а именно с повышением величины туннельного эффекта [6]. Другой проблемой современных твердотельных транзисторов является их нестабильная природа: они требуют большой запас энергии для поддержания текущего состояния памяти. Таким образом, разработки в области создания новых методов и электронных приборов обработки и хранения информации продолжаются. Решением вышеназванных проблем, связанных с созданием низкоразмерных и энергонезависимых приборов, обладающих эффектом памяти, может служить разработка мемристоров [4,5].

В качестве материалов для создания рабочих элементов мемристоров применяют материалы на основе оксидов переходных металлов, таких, как TiO_2, VO_x, NiO, ZrO_2, ZnO. CuO_x, которые получают в виде нанокомпозитных слоев или многослойных структур [2]. Наиболее распространенным и более всего изученным является TiO_2, однако современные темпы развития микроэлектроники требуют поиска новых материалов и технологий их создания для развития данного направления. Довольно перспективными являются материалы на основе оксидов меди CuO и Cu_2O [3,7], что может быть связано, например, с подвижностью ионов Cu^+ и их способностью диффундировать сквозь кристаллическую решетку, в которой создаются вакансии для заполнения их кислородом.

Цель работы заключается в разработке технологии создания тонкопленочного материала на базе оксидов меди для применения его в качестве рабочих элементов мемристорных структур.

Материалы и методы исследования

Для формирования пленок состава CuO_x был использован цитратный золь-гель метод. Применение данного метода не требует сложного технологического оборудования и обеспечивает получение пленочных материалов с воспроизводимыми параметрами заданного состава при фиксированных условиях осаждения и термообработки, что является особенно важным для создания материалов с эффектом памяти. Возможность контроля свойств материала на всех стадиях технологического процесса позволяет получать материал с известной величиной ширины запрещенной зоны и заданной дефектностью структуры, которые являются одними из основных характеристик при описании свойств мемристоров.

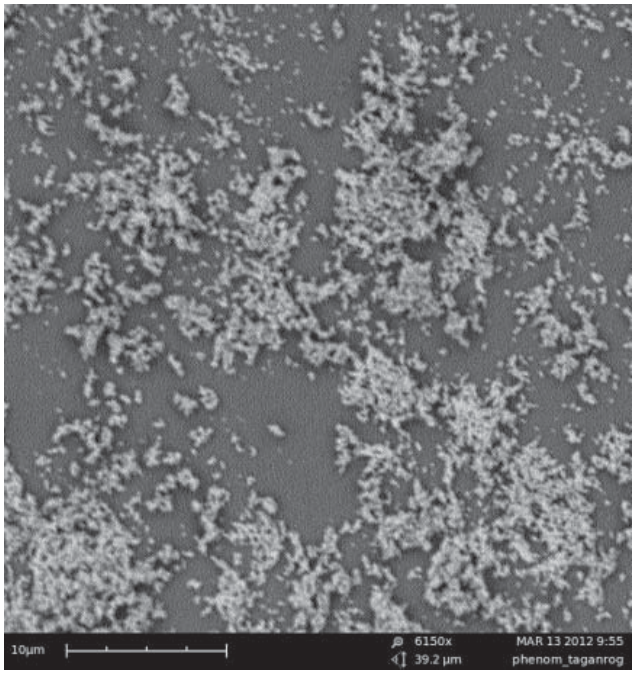
Толщины пленок были измерены посредством метода интерференционной спектроскопии. Фазовый состав определялся с помощью метода рентгенофазового анализа (РФА).

Результаты исследований и их обсуждение

В данной работе была разработана технология формирования тонкопленочного оксидного материала состава CuO_x с применением золь-гель метода. Изначально был приготовлен золь на основе этиленгликоля с добавками спиртово-водного раствора $CuCl_2$ и лимонной кислоты. Этиленгликоль обычно берут в избытке, поскольку гидроксильные группы стабилизируют в растворе металл-цитратные комплексы и способствуют образованию низкомолекулярных олигомеров. Лимонную кислоту добавляют для закисления золя, что способствует образованию вязкого раствора. Далее приготовленные растворы выдерживались в течение 24 часов для приобретения пленкообразующих свойств при pH = 4.

На следующем этапе готовый раствор наливали в чашку Петри и в него помещали термически окисленную кремниевую пластину. Пластина выдерживалась в растворе в течение нескольких дней при комнатной температуре с периодическим перемешиванием раствора. В завершении образцы проходили двухступенчатую термическую обработку: сушка при 200 °C; отжиг при 500 °C. Стадия термической обработки является важной в формировании материалов с заданными характеристиками. При нагревании выше 100 °C молекулы этиленгликоля и лимонной кислоты вступают в реакцию поликонденсации, которая приводит к образованию полимерного геля с включенными в него молекулами цитратов. При нагревании выше 400 °C начинаются процессы окисления и пиролиза полимерной матрицы, приводящие к образованию рентгеноаморфного оксидного прекурсора. Последующая термическая обработка этого прекурсора позволяет получить нужный материал с высокой степенью однородности и дисперсности. Так, в результате были сформированы пленочные материалы толщиной порядка 0,1 мкм.

Поверхность полученных материалов была исследована методом РЭМ (рисунок).



РЭМ-изображение поверхности пленочного материала состава CuO_x

На поверхности пленки можно отметить образование кристаллитов оксидов меди, фазовый состав которых был изучен методом РФА. В результате обнаружено одновременное присутствие оксидов CuO и Cu_2O. Средний размер кристаллитов, оцененный по формуле Шерера, составил порядка 70 нм.

Выводы

В результате разработана технология формирования тонкопленочных материалов состава CuO_x с использованием цитратного золь-гель метода. Проведены исследования фазового состава полученных материалов. Показано, что материалы имеют нестехиометрический состав с одновременным присутствием фаз CuO и Cu_2O, что является характерным для использованных температур обработки. Для получения более стабильной фазы Cu_2O, используемой в качестве основы для производства рабочих элементов мемристоров, следует использовать более низкую температуру отжига материала: порядка 250–300 °C [1].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение №14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Исследование фазового состава нанокомпозитных материалов SiO2CuOx методами рентгеновской спектроскопии поглощения и фотоэлектронной спектроскопии / Г.Э. Яловега, В.А. Шматко, Т.Н. Назарова, В.В. Петров, О.В. Заблуда // Известия вузов. Материалы электронной техники. – 2010 – Т.4. – С. 33–37.

2. Bao D.Transition metal oxide thin films for nonvolatile resistive random access memory applications // JSC-Japan. – 2009. – Vol. 117. – P. 929–934.

3. Dong R. et al. Reproducible hysteresis and resistive switching in metal-CuxO-metal // Applied Physics Letters. – 2007. – Vol. 90. – P. 042107.

4. Leon O Chua. Memristor-The Missing Circuit Element // IEEE Transactions on Circuit Theory. – September 1971. – Vol. CT-18. – №. 5. – P. 507–519.

5. Sawa A. Resistive switching in transition metal oxides // Materials Today. – June 2008. – Vol. 11, Issue 6. – P. 28–36.

6. Waser R., Dittman R., Staikov G. and Szot K. Redox-Based Resistive Switching Memories–Nanoionic Mechanisms, Prospects, and Challenges//Advanced Materials. – 2009. – Vol. 21. – P. 2632–2663.

7. Yasuhara R., Fujiwara K., Horiba K., Kumigashira H., and M. Kotsugi // Applied Physics Letters. – 2009. – Vol. 95. – P. 012110.

References

1. Yalovega G.E., Shmatko V.A., Nazarova T.N., Petrov V.V., Zabluda O. Izvestiya vuzov. Materiali electronoy tekhniki, 2010, no., pp. 33–37.

2. Bao D. –Transition metal oxide thin films for nonvolatile resistive random access memory applications // JSC-Japan. 2009. Vol. 117. pp. 929–934.

3. Dong R. et al. Reproducible hysteresis and resistive switching in metal-Cu_xO-metal// Applied Physics Letters. 2007. Vol. 90. pp. 042107,

4. Leon O Chua. Memristor-The Missing Circuit Element// IEEE Transactions on Circuit Theory. September 1971. Vol. CT-18. no. 5. pp. 507–519.

5. Sawa A. Resistive switching in transition metal oxides // Materials Today. June 2008. Vol. 11, Issue 6. pp. 28–36.

6. Waser R., Dittman R., Staikov G. and Szot K. Redox-Based Resistive Switching Memories–Nanoionic Mechanisms, Prospects, and Challenges // Advanced Materials. 2009. Vol. 21. pp. 2632–2663.

7. Yasuhara R., Fujiwara K., Horiba K., Kumigashira H., and M. Kotsugi // Applied Physics Letters. 2009. Vol. 95. pp. 012110.

Рецензенты:

Агеев О.А., д.т.н., профессор, директор Научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Южного федерального университета, г. Таганрог;

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии физико-математического факультета, ФГБО ВПО «Таганрогский государственный педагогический институт имени А.П. Чехова», г. Таганрог.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 621.391

МЕТРИКА ПРИ СВЕРТОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

Никитин О.Р., Полушин П.А., Ульянова Е.В., Синицын Д.В.
ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет», Владимир

Рассмотрен метод борьбы с межсимвольной интерференцией при передаче цифровых сигналов по каналам с многолучевостью. Проанализировано применение сверточных кодов для кодирования и декодирования сообщений. Для борьбы с МСИ предлагается использовать подход, основанный на модификации «мягкого» декодирования Витерби. Модификация данного алгоритма заключается в том, что, если раньше при использовании решетчатой диаграммы состояний и переходов каждая ветвь решетки обозначала прием нескольких символов, в модифицированном методе каждая ветвь перехода из конкретного состояния (кодового слова) в другое состояние обозначает прием одного текущего символа. Рассмотрен вопрос использования квадратичных метрик в сверточной процедуре и показано, что их использование дает возможность улучшить помехоустойчивость до 0,5 дБ. В результатах работы получено, что задержка восстановления передаваемой последовательности символов мало зависит от отношения «сигнал/шум» и заметно зависит от сочетания параметров МСИ. Приведены результаты моделирования работы описываемого метода.

Ключевые слова: межсимвольная интерференция (МСИ), сверточная обработка, квадратичные метрики

CONVOLUTIONAL METRIC FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Nikitin O.R., Polushin P.A., Ulyanova E.V., Sinitsyn D.V.
Vladimir State University, Vladimir

The method of combat intersymbol interference in the transmission of digital signals over multipath channels. Analyzed the use of convolutional codes for encoding and deco-coding messages. To combat intersymbol interference proposed an approach based on the modification of the «soft» Viterbi decoding. Modification of this algorithm is that, if before using lattice diagram of states and transitions, each branch of the lattice indicating a few characters in the modified method, each branch of the transition of a specific state (code word) in another state indicating a single current character. Consider the question of using the quadratic metrics in the convolution procedure, and show that their use makes it possible to improve the noise immunity of up to 0,5 dB. As a result of it was found that the delay recovery transmitted sequence of symbols is only slightly dependent on the ratio of «signal/noise» and considerably depending on the combination of parameters intersymbol interference. Simulation results of the described method.

Keywords: inter-symbol interference (ISI), the convolution processing, quadratic metric

В связи с тем, что в настоящее время наблюдается тенденция к постоянному увеличению объемов информационного обмена, ширина используемой для этого полосы спектра в каналах также постоянно увеличивается. Это характерно для систем передачи информации различного вида и назначения. Некоторые из них используют каналы, которым по их природе присуща многолучевость, т.е. передача сигналов от передатчика к приемнику по нескольким путям с различной временной задержкой. Если при этом в цифровых системах передачи разброс времен задержки распространения по различным лучам значительно превышает длительность отдельных символов, то возможно появление межсимвольной интерференции (МСИ) из-за взаимного наложения соседних символов, вызывающего значительные искажения [1, 2]. Известны различные методы, позволяющие снизить негативные последствия МСИ. Одним из перспективных является метод, использующий определенное сходство между сверточным кодированием и воздействием МСИ.

Действительно, после согласованной фильтрации и детектирования в приемнике каждый принятый символ y_i равен сумме нескольких (m) переданных символов x_i, взятых с определенными весовыми коэффициентами a_i, которые определяются структурой многолучевого канала [1, 3, 4], т.е.:

$$y_i = \sum_{j=0}^{m} a_j x_{i-j}.$$

При осуществлении сверточного кодирования исходный поток символов преобразуется в новый поток с увеличенным числом символов, в котором каждый символ является логической функцией определенного числа символов исходного потока и вносится избыточность, определяющаяся соотношением количества исходных информационных символов и символов после кодирования. Декодирование возможно различными способами, из которых для целей борьбы с МСИ возможно после модификации использовать подход, реализуемый при «мягком» декодировании Витерби [1]. Это обусловлено следующим.

Воздействие МСИ на сигналы сходно с определенного рода «естественным» кодированием. Как при сверточном кодировании, так и при межсимвольной интерференции каждый символ является функцией нескольких предыдущих символов исходного потока. Различия наблюдаются в том, что при сверточном кодировании каждый новый символ является результатом логических операций

над исходными символами, т.е. получается применением *логической* функции. А при МСИ каждый принятый символ получается весовым арифметическим суммированием нескольких предыдущих символов исходной последовательности т.е. получается путем применения *арифметической* функции.

Кроме того, сверточное кодирование предполагает введение избыточности. Если же рассматривать воздействие МСИ, как некоторый вариант «арифметического» кодирования, то здесь избыточность отсутствует. Однако сходство основных принципов преобразования исходного потока символов в новый поток позволяет применить для декодирования методы, применяемые для сверточных кодов. В этом случае осуществление декодирования в применении к передаче через многолучевые каналы будет означать устранение влияния МСИ.

Возможна реализация метода в «слепом» варианте и в варианте с применением тестовых сигналов. Слепой вариант осуществляется предварительной оценкой коэффициентов a_j на основе внутренних связей между символами и требует заметно большего времени для обработки цифровой последовательности. Если возможно применение тестовых сигналов, периодически передаваемых по каналу в специально отведенные промежутки времени, то коэффициенты a_j определяются простым измерением.

Модификация «мягкого» алгоритма Витерби [3, 4, 5] заключается в том, что, если раньше при использовании решетчатой диаграммы состояний и переходов каждая ветвь решетки обозначала прием нескольких символов, в модифицированном методе каждая ветвь перехода из конкретного состояния («кодового слова») в другое состояние обозначает прием одного текущего символа.

При «жестком» декодировании сверточных кодов метрики расстояний от всех вариантов переходов по решетке на каждом шаге определяются, как расстояния Хэмминга и имеют целочисленные значения. При «мягком» декодировании веса переходов между состояниями также принимают целочисленные значения, а отсчеты сигнала могут уже принимать дробные значения и метрики – это уже «арифметические» расстояния. В описываемом варианте сверточной процедуры и отсчеты сигнала, и веса переходов имеют дробные значения. Метрики переходов на каждом шаге определяются, как расстояния между принятым значением текущего символа и вариантами алгебраической суммы коэффициентов a_j, взятых со всеми возможными сочетаниями знаков.

Отдельного рассмотрения требует метод определения соответствующих метрик. Действительно, при известных вариантах реализации «мягкого» алгоритма Витерби метрики определяются, как модули разности между значением принятого сигнала и всеми возможными его реализациями. Для каждого пути по решетке определяется сумма метрик переходов, составляющих этот путь. При приеме каждого нового символа один из двух возможных путей, подходящих к каждому возможному варианту символа, откидывается после сравнения их суммарных метрик. Количество оставшихся путей постоянно уменьшается, пока не остается только один, и на его основе принимаются решения о значениях переданных символов. Суммарная метрика пропорциональна сумме линейных расстояний между принятым сигналом и его вариантами. Однако эффективность обработки можно увеличить, если использовать нелинейные метрики.

Рассмотрим подход, предложенный Омурой [6], который показал, что алгоритм Витерби реализует оценку по максимуму правдоподобия. Действительно, на текущем шаге i оцениваются пути с разными суммарными метриками. Каждый из путей соответствует определенной k-й последовательности принятых символов $\{x_i\}^{(k)}$. Если бы отсутствовал тепловой шум, то, зная коэффициенты a_j, можно было бы точно определить путь с минимальной суммарной метрикой, а значит и восстановить передаваемую цифровую последовательность. Однако из-за наличия шума сравнение метрик путей носит вероятностный характер, необходимо сравнивать условные вероятности каждого варианта пути при приеме последовательности $\{y_i\}$, т.е. величины $\left(P\left(\{x_i\}^{(k)}/\{y_i\}\right)\right)$.

Поскольку символы передаваемой информационной последовательности могут считаться независимыми, то каждую такую условную вероятность можно представить в виде произведения:

$$P\left(\{x_i\}^{(k)}/\{y_i\}\right)=\prod_i P\left(x_i^{(k)}/y_i\right), \quad (1)$$

верхний индекс в скобках здесь также обозначает принадлежность к k-тому варианту пути; произведение берется по необходимому количеству номеров i предыдущих символов.

Как известно, для сравнения можно при необходимости использовать не сами величины, а монотонные функции от них, в частности, для случая гауссова распределения теплового шума удобной функцией

является логарифм. В этом случае выражение (1) превращается с сумму квадратичных форм:

$$P\left(\frac{\{x_i\}^{(k)}}{\{y_i\}}\right) = -\sum_i \left[x_i^{(k)} - y_i^2\right]. \qquad (2)$$

Таким образом, путь с максимальным правдоподобием соответствует минимальной сумме из правой части (2). А это – сумма метрик, равных квадратам расстояний между принятым сигналом и его вариантами, а не модулей этих расстояний, как принято в стандартных реализациях алгоритмов «мягкого» декодирования Витерби. Использование квадратичной метрики вместо линейной может дать выигрыш по помехоустойчивости.

Для оценки величины выигрыша от применения квадратичной метрики была проведена серия модельных компьютерных экспериментов. Информационный сигнал имитировался последовательностью случайных равновероятных бинарных отсчетов. Структура МСИ определялась наборами из трех (m = 3) коэффициентов, значения которых могли выбираться произвольными. Воздействие теплового шума имитировалось случайными гауссово распределенными отсчетами. Мощность шума задавалась по отношению к мощности полезного сигнала выбором различной величины отношения «сигнал/шум» (в дБ). Мощность сигнала оценивалась не по мощности основного компонента (a_1), а по суммарной мощности всех трех полезных компонент (т.е. пропорционально величине $a_1^2 + a_2^2 + a_3^2$).

Моделирование работы подобного алгоритма показало его достаточно высокую эффективность. Некоторые результаты моделирования представлены на графиках, рис. 1 и 2.

На графиках рис. 1, приведены зависимости вероятности ошибки $P_в$ при передаче двоичного сигнала от отношения «сигнал/шум» ρ при одновременном воздействии межсимвольной интерференции. Из результатов моделирования показаны характерные зависимости, в частности, для наборов коэффициентов: $a_1 = 1$, $a_2 = 0{,}8$, $a_3 = 0{,}3$ – графики 1; $a_1 = 1$, $a_2 = 1$, $a_3 = 1$ – графики 2; $a_1 = 0{,}3$, $a_2 = 0{,}6$, $a_3 = -0{,}4$. Сплошные линии графиков соответствуют построению линейных метрик, прерывистые линии графиков соответствуют построению квадратичных метрик. Для сравнения графики для линейных и квадратичных метрик рассчитывались для одинаковых условий работы. График, обозначенный на рис. 1 номером 4, соответствует случаю, когда при воздействии МСИ обработка по борьбе с ними не проводилась. Этот график имеет одинаковый вид для любых сочетаний параметров a_1, a_2, a_3 и может быть отнесен ко всем трем ситуациям.

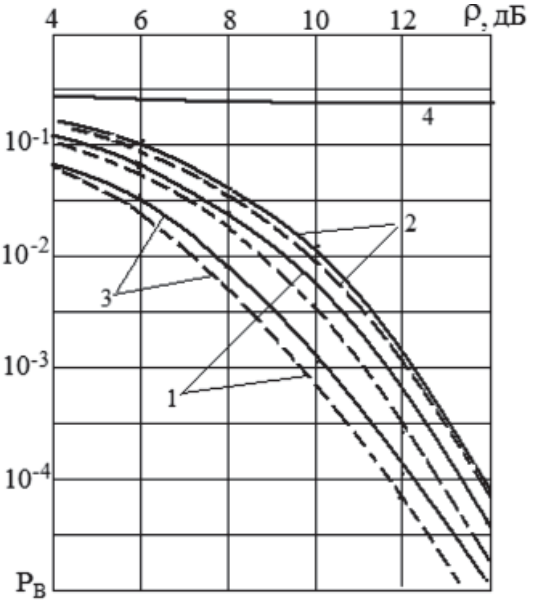


Рис. 1. Сравнительная помехоустойчивость метода сверточной обработки при линейной и квадратичной метриках

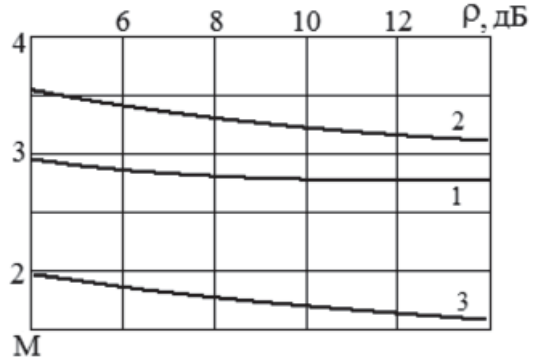


Рис. 2. Средняя задержка восстановления сигнала

Как известно, при использовании классического алгоритма Витерби окончательный вариант декодированной последовательности формируется с некоторым запаздыванием на M символов относительно текущего обрабатываемого символа. Причем M – случайная переменная величина. В описываемом модифицированном алгоритме восстановление передаваемой битовой последовательности также происходит с некоторой задержкой на M символов.

При моделировании контролировалось это количество символов в зависимости от отношения «сигнал/шум» при различных сочетаниях параметров. Графики на рис. 2

показывают среднее по выборке количество M в зависимости от отношения для тех же наборов параметров, что и на рис. 1.

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы.

1. При значительном уровне межсимвольной интерференции происходит столь значительное снижение помехоустойчивости, что без применения специальных мер передача информации становится невозможной.

2. Применение описанного метода борьбы с межсимвольной интерференцией с помощью сверточных процедур позволяет значительно увеличить помехоустойчивость и качество передачи сигналов, доведя его до достаточно высокого уровня.

3. Использование квадратичных метрик в сверточной процедуре дает возможность улучшить помехоустойчивость до 0,5 дБ.

4. Выигрыш от применения модифицированного алгоритма и квадратичных метрик зависит от сочетания параметров межсимвольной интерференции.

5. Задержка восстановления передаваемой последовательности символов мало зависит от отношения «сигнал/шум» и заметно зависит от сочетания параметров МСИ.

Список литературы

1. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

2. Полушин, П.А., Самойлов А.Г. Избыточность сигналов в радиосвязи. – М.: Радиотехника, 2007. – 256 с.

3. Полушин П.А. Методы борьбы с помехами и искажениями. – LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2011. – 342 с.

4. Применение процедуры Витерби для борьбы с межсимвольной интерференцией в системах передачи информации / П.А. Полушин, В.А. Пятов, Д.С. Сазонов, Е.В. Ульянова // Проектирование и технология электронных средств. – 2009. – №2. – С. 11–17.

5. Приемник цифровых сигналов: патент РФ на изобретение №24523794 С1 / Полушин П.А., Пятов В.А., Ульянова Е.В., оп. 10.07.2011, Бюл. №19.

6. Omura J. K. On the Viterbi Decoding Algorithm. – IEEE Trans. Inf. Theory, Inc. New York, 1960.

References

1. Skljar, B. Cifrovaja svjaz'. Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe primenenie. M.: Izd. dom «Vil'jams», 2003. 1104 p.

2. Polushin, P.A., Samojlov A.G. Izbytochnost' signalov v radiosvjazi. M.: Radiotehnika, 2007. 256 p.

3. Polushin P.A. Metody bor'by s pomehami i iskazhenijami. LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2011. 342 p.

4. Polushin P.A., Pjatov V.A., Sazonov D.S., Ul'janova E.V. Primenenie procedu-ry Viterbi dlja bor'by s mezhsimvol'noj interferenciej v sistemah peredachi infor-macii // Proektirovanie i tehnologija jelektronnyh sredstv, 2009, no. 2. pp. 11–17.

5. Patent RF na izobretenie №24523794 S1 «Priemnik cifrovyh signalov», av-tory: Polushin P.A., Pjatov V.A., Ul'janova E.V., op. 10.07.2011, Bjul. no. 19.

6. Omura J. K. On the Viterbi Decoding Algorithm. – IEEE Trans. Inf. Theory, Inc. New York, 1960.

Рецензенты:

Смирнов А.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры высшей алгебры и геометрии, ГОУ ВПО «Ставропольский государственный университет (СГУ)», г. Ставрополь;

Червяков Н.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики ГОУ ВПО «Ставропольский государственный университет (СГУ)», г. Ставрополь.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 378.147.39: 004

3D-ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, КАК СОВРЕМЕННЫЙ ДИДАКТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Новгородова Н.Г.

ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Екатеринбург, e-mail: dits49@gmail.com

Реформирование образования в Российской Федерации вызывает необходимость коренной перестройки всех видов учебного процесса высшего профессионально-педагогического образования. Постоянно увеличивающийся объем учебной информации и снижение доли аудиторной нагрузки требуют разработки преподавателями инновационных методических материалов. Применение информационных технологий в учебном процессе способно решить многие организационные и образовательные процессы. 3D-визуализация является инновационным дидактическим инструментом. Он позволяет преподавателю облегчить восприятие студентами сложного учебного материала на основе личностно-ориентированного подхода. Применение 3D-визуализации в учебном процессе высшего профессионально-педагогического образования мотивирует студентов к творчеству и созданию новых информационных проектов.

Ключевые слова: информационные технологии, 3D-визуализация, курсовое проектирование по дисциплине «Детали машин», лабораторный практикум, качество образования, мотивация к самообразованию, самостоятельная работа студентов, информатизация учебного процесса

3D-VIZUALIZATSIYA, AS MODERN DIDACTIC TOOL OF THE HIGHEST PROFESSIONAL PEDAGOGICAL EDUCATION

Novgorodova N.G.

Federal State independent education provider of the higher professional education «Russian state professional-pedagogical university», Yekaterinburg, e-mail: dits49@gmail.com

Education reform in the Russian Federation is the need for a fundamental restructuring of all types of the educational process of higher vocational and teacher training. Constantly increasing volume of learning information and the decline in the classroom load require the development of innovative teachers teaching materials. The application of information technologies in the educational process is able to solve many organizational and educational processes. 3D-visualization is an innovative didactic tool. It allows the teacher to facilitate the perception of the students of complex educational material based on a student-centered approach. Application of 3D-visualization in the learning process of higher vocational and teacher education motivates students to creativity and capacity-new information projects.

Keywords: information technologies, 3D-vizualizatsiya, course design on discipline of «A detail of cars», a laboratory practical work, quality of education, motivation to self-education, independent work of students, information of educational process

Согласно проекту закона об образовании Российской Федерации, который вступит в силу с 01.01.2013 г., отечественным высшим образованием следует считать [5]:

1) высшее профессиональное образование – бакалавриат (приравнивается к высшему образованию – бакалавриату);

2) высшее профессиональное образование – подготовка специалиста или магистратура (приравнивается к высшему образованию – специалитету или магистратуре соответственно);

3) послевузовское профессиональное образование в аспирантуре (адъюнктуре), интернатуре, ординатуре, в форме ассистентуры-стажировки (приравнивается соответственно к высшему образованию – подготовке кадров высшей квалификации).

В новом законопроекте об образовании РФ значительная роль отводится базовому образованию. Его структура и содержание направлены на формирование знаний, обеспечивающих высокую мобильность на рынке труда.

Анализ отечественного рынка труда показывает, что за последнее десятилетие значительно повысились требования, предъявляемые работодателями к выпускникам вузов. Сегодня рынку труда необходимы специалисты, в полной мере владеющие современными компьютерными технологиями, обладающие высокой управленческой культурой, способные ставить и решать широкий спектр профессиональных задач [1].

Для подготовки выпускников вузов более высокого профессионального уровня необходимо:

- усилить прикладную и профессиональную подготовку студентов;
- увеличить в учебных планах долю курсов по выбору (в соответствии с требованиями рынка труда);
- создать условия для самостоятельной творческой работы студентов;
- информатизировать все виды образовательной деятельности студентов;
- разрабатывать новые профессионально-значимые учебные курсы, гарантирующие трудоустройство выпускников вузов по специальности.

Стремительное развитие информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), характерное для конца XX века и начала третьего тысячелетия, приводит к значительной перестройке информационной среды современного общества, открывая новые возможности общественного прогресса, находящего свое отражение в сфере образования [4].

Вместе с тем, ***информатизация образования*** рассматривается в настоящее время как новая ***область педагогической науки.*** Обучение на базе информационных и коммуникационных технологий осуществляется при информационном взаимодействии между учеником (обучающимся или обучаемым), учителем (обучающим) и интерактивным средством обучения (СО) [4].

В отечественном высшем профессионально-педагогическом образовании наметилась тенденция уменьшения аудиторной составляющей и переноса акцента на самостоятельную работу студентов. Чтобы при этом не происходило снижения качества образования, необходима *коренная реорганизация всего обучающего процесса*.

Преподавателям необходимо перевести обучающие методические материалы в информационное пространство. Создать электронный учебно-методический комплекс дисциплины (УМКД). Удобнее всего выполнить его по модульной технологии, чтобы студенты различных специализаций могли получить все требуемые им методические материалы, а преподавателю не было бы необходимости разрабатывать УМКД с учетом специализаций студентов.

Следует отметить, что современные студенты довольно часто *вынуждены работать* наряду с обучением в вузе, что неизбежно приводит к пропускам аудиторных занятий и к «пробелам» в процессе формирования знаний (при пропуске лекций), умений и навыков (при пропуске лабораторных и практических занятий).

Преподаватели реагируют на эти пропуски по-разному: кто-то «наказывает» прогульщиков, обязывая их рукописным способом готовить рефераты по пропущенной теме лекции, другие преподаватели задают дополнительные вопросы на зачете или экзамене по пропущенным темам. И то, и другое вызывает *потери времени* как со стороны преподавателя (необходимость проверки представленных студентом материалов), так и со стороны студента (необходимость вручную переписывать учебники).

Выход из сложившейся ситуации может быть очень простым: организация информационного обучающего пространства. Практически в каждом университете страны созданы Информационно-обучающие системы, порталы, среды. В Российском государственном профессионально-педагогическом университете ИОС работает с 2007 года.

Благодаря ИОС организация образовательного процесса по любой дисциплине существенно облегчается [2]:

- администратор ИОС создает обучающий сайт для преподавателя;
- преподаватель размещает на сайте все методические материалы учебной дисциплины, а также – материалы по организации учебного процесса;
- на сайте преподаватель размещает *электронные групповые журналы*, которые заполняет после завершения *каждого аудиторного занятия* и согласно графику контрольных точек;
- студент имеет доступ к сайту дисциплины в *любое время суток* с любого компьютера. Это дает ему возможность *самостоятельно проработать пропущенную лекцию* или выполнить домашнюю работу, а также – подготовиться к выполнению лабораторных работ;
- студент может оценить свои «успехи» в продвижении по графику контрольных точек семестра, ознакомившись с суммой накопленных им баллов и сравнив их с номинальной суммой баллов к текущему сроку. Это приводит студентов к необходимости реорганизации своего времени.

Таким образом, *основные дидактические задачи*, стоящие перед преподавателями заключаются в том, чтобы подготовить студентов к *самообразованию*, *развить у них интерес к обучению, вызвать познавательные потребности, сформировать умения и навыки* ***самостоятельного умственного труда***. С этой целью преподаватели внедряют в образовательный процесс инновационные методы и технологии. В последние годы по мере реформирования системы образования *расширяется поиск мер повышения эффективности учебного процесса*.

Современность диктует необходимость внедрения новых информационных технологий в учебные процессы школы, колледжа, вуза: мультимедийных занятий, 3D-визуализации, интернет-технологий. Цель внедрения – создание ***вариативных*** компьютеризированных личностно-ориентированных курсов, позволяющих каждому обучаемому найти *новые информационные технологии* в качестве инструмента для решения своих творческих задач.

Внедрение динамичных средств 3D-визуализации в обучающие процессы профессионального образования (ВПО, СПО И НПО) открывает совершенно новые возможности. 3D-модель любого учебного объекта позволяет рассмотреть его со всех сторон,

минимизировать ошибки его моделирования, получить максимально полное представление об объекте. Так, например, применение 3D-визуализации при изучении дисциплины «Детали машин» существенно повысило как посещаемость аудиторных занятий, так и качество полученных студентами знаний.

Трехмерные модели деталей, узлов и механизмов, созданные в графическом пакете Autodesk Inventor, позволяют облегчить восприятие сложных разделов изучаемой дисциплины. Каждая деталь 3D-модели механической передачи имеет свой цвет, что обеспечивает преподавателю простоту объяснения устройства передачи в целом и каждой детали в отдельности. Например, говоря об использовании 3D-модели узла промежуточного вала редуктора,преподавателю легко объяснить не только устройство всего узла, но и конструкцию каждой детали, и технологию сборки узла (рис. 1).

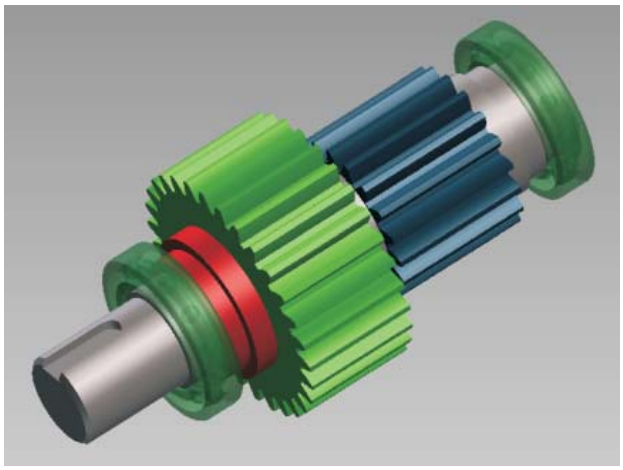


Рис. 1. 3D-модель узла промежуточного вала редуктора в сборе

На рис. 2 все детали разнесены в пространстве, каждая из них может быть показана в любом ракурсе. Все детали разнесены вдоль оси вала, на который они насажены, что позволяет преподавателю легко объяснить последовательность и особенности сборки узла. Вместе с этим, на таком примере можно рассмотреть принципы базирования каждой детали в узле и пояснить, каким образом следует осуществлять их изготовление, т.е. которая поверхность детали должна быть назначена в качестве базовой при ее механической обработке.

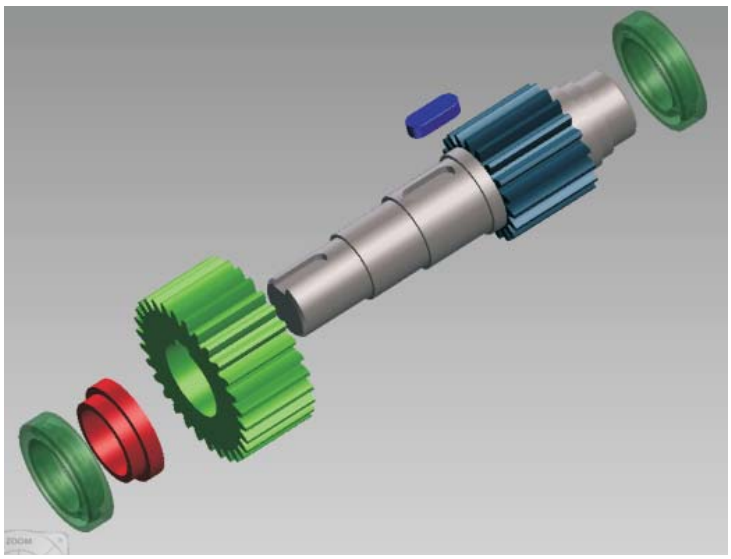


Рис. 2. 3D-модель узла промежуточного вала редуктора

3D-визуализация узлов и механизмов технологических машин позволяет преподавателю показать *со всех сторон каждую деталь*, ее местоположение в узле, объяснить особенности ее конструкции и технологию изготовления.

Расположение на сайте дисциплины «Детали машин» методических материа-

лов к лабораторному практикуму (на основе 3D-визуализации) облегчает подготовку студентов к выполнению той или иной лабораторной работы, так как сама лабораторная установка и исследуемый узел смоделированы в 3D.

Особенно важна 3D-визуализация в процессе курсового проектирования. Поскольку каждому студенту выдается задание на проектирование привода технологической машины соответственно профилю его специализации, то ему приходится сталкиваться со значительным числом учебной и справочной литературы. И не все студенты легко читают машиностроительные чертежи. Проектирование 3D-моделей редукторных передач и приводов дает студентам действительно качественные профессиональные умения и навыки.

Следует отметить, что информатизация учебных дисциплин позволяет *каждому преподавателю осуществлять действительно личностно-ориентированный процесс обучения* студентов (в зависимости от степени подготовленности обучаемых) посредством применения разноуровневых по сложности задач конструирования приводов машин.

Вместе с тем, новые компьютерные технологии облегчают *решение задач оптимизации* в курсовом проектировании; реализуют применение проблемно-поискового метода в лабораторном практикуме по курсу «Детали машин» и мотивируют выполнение студентами научно-исследовательских работ. Накопленный опыт работы в Информационно-образовательной среде университета позволяет сделать следующие выводы:

- студенты *учатся распределять свое время*, согласуя его с графиком прохождения учебной дисциплины;
- студенты *следят за процессом накопления рейтинговых баллов*, как в течение семестра, так и к контрольным точкам семестра;
- студент, используя интернет-технологии (например, электронную почту), не привязан к конкретной аудиторной консультации преподавателя и *может получить консультацию в любое время*;
- студент может отправить по электронной почте свою домашнюю работу на проверку преподавателю, затем – получить проверенную работу обратно;
- преподаватель на мультимедийной лекции не пересказывает свой конспект, а дает аудитории *дополнительные знания*;
- преподаватель, используя 3D-визуализацию на всех видах занятий, существенно быстрее достигает положительного результата – формирования знаний у студентов;
- преподаватель, используя возможности Информационно-образовательной среды, может оперативно дать консультацию всем студентам потока, например, по часто встречающимся ошибкам в их домашних заданиях. Такая экспресс-консультация позволит *улучшить качество самостоятельной работы студентов;*
- преподаватель, вводя рейтинговые баллы в электронный групповой журнал *после каждого занятия*, облегчает себе труд подведения рейтинговых итогов, например, к аттестационной неделе [3].

Таким образом, актуальной современной задачей высшей школы является формирование профессионально подготовленного специалиста, обладающего информационной культурой.

Список литературы

1. Алтухов В., Серебряков А. Исследование проблем и перспектив трудоустройства выпускников вузов на современном рынке труда. – http://www.profcareer.ru (Дата обращения: 18.08.2012).

2. Новгородова Н.Г. Усиление мотивации студентов к обучению посредством внедрения в учебный процесс 3D-визуализации: кол. монография // Теория и практика формирования профессиональной компетентности в контексте информатизации образования. – Кн. 2. – Георгиевск: Георгиевский технол. Инс-т (филиал) ГОУ ВПО «Северо-Кавказский государственный технический университет», 2011. – С. 100–108. ISBN 978-5-9903020-2-0.

3. Новгородова Н.Г. Изменение роли преподавателя вуза в период перехода высшей школы России на ФГОС-3 // Информационные ресурсы в образовании: материалы Всерос. науч.-практической конф. (14–16 февраля 2011 г.). – Нижневартовск. Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2011. – С. 181–184.

4. Роберт И.В. Методология информатизации образования: материалы – 2011 // Информатизация образования: материалы междунар. науч.-практич. конф. (14–15 июня 2011 г.) / И.В. Роберт; в 2-х ч. – Ч. 1. – Елец: ЕГУ им. И. А. Бунина, 2011. – С. 17–31. ISBN 978-5-94809-498-4

5. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон Российская Федерация. Статья 113. Обеспечение реализации положений настоящего Федерального закона.

References

1. Altukhov V. Serebryakov A. Investigation and employment prospects of graduates on the labor market. http://www.profcareer.ru (Date of access: 18.08.2012).

2. Novgorodova N.G. Strengthening students' motivation to learn through the implementation of the learning process of 3D-visualization count. Monograph // Theory and Practice of formation of professional competence in the context of education informatization. – The book. 2. – St. George: George's Technological. Ince-T (Branch) State Educational Institution «North Caucasus State Technical University», 2011. pp. 100–108. ISBN 978-5-9903020-2-0.

3. Novgorodova N.G. The changing role of university teachers in the transition to higher education in Russia GEF-3. All-Russian materials. Scientific-practical conference. «Information Resources in Education» (14–16 February 2011). / N.G. Novgorodova, Nizhnevartovsk. Publishing House of Nizhnevartovsk. humanity. University Press, 2011. pp. 181–184.

4. Robert I. Methodology of education informatization. materials-2011: Proceedings of the international. Scientific-Practical. Conf. «Informatization of education» (14–15 June 2011). / IV Robert, in 2 parts Part 1. Elec: YSU them. Bunin, 2011. pp. 17–31. ISBN 978-5-94809-498-4

5. The Russian Federation. Federal law. On Education in the Russian Federation. Article 113. Ensuring the implementation of the provisions hereof.

Рецензенты:

Осипова И.В., к.п.н., д.п.н. Международной академии наук Сан-Марино, профессор ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург;

Тарасюк О.В., к.п.н., д.п.н. Международной академии наук Сан-Марино, профессор, ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 519.63

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВА НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ «ТЭН-ПЕСОК-ВОЗДУХ»

Телков М.Г., Тимошенко П.О., Суханов И.А., Наимов А.Н., Синицын А.А.

Вологодский государственный технический университет, Вологда, e-mail: nee-energo@yandex.ru

Построена и исследована математическая модель процесса нагрева неоднородной среды «ТЭН-песок-воздух» в виде начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности в полярной системе координат с краевыми условиями, учитывающими особенности тепловых процессов на границах неоднородной среды. Приведено решение начально-краевой задачи и предложен алгоритм расчета тепловых характеристик процесса нагрева и регулярного температурного режима. Исследование актуально для разработки компьютерной виртуальной модели процесса нагрева неоднородной среды с целью наглядной демонстрации процесса нагрева за небольшой промежуток времени, а также для расчета соответствующих тепловых характеристик на основе реальных экспериментальных данных. Исследования проведены сотрудниками Вологодского государственного технического университета при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Ключевые слова: начально-краевая задача, собственные значения и собственные функции, стационарный режим, регулярный режим, расчет тепловых характеристик

RESEARCH OF THE TEMPERATURE RATE IN THE HEATING PROCESS OF THE INHOMOGENEOUS MEDIUM «TURBULAR ELECTRIC HEATING ELEMENT – SAND – AIR»

Telkov M.G., Timoshenko P.O., Sukhanov I.A., Naimov A.N., Sinitsyn A.A.

Vologda State Technical University, Vologda, e-mail: nee-energo@yandex.ru

There were built and researched a mathematical model of the heating process of the inhomogeneous medium «turbular electric heating element-sand-air» as an initial-boundary value problem for the heat conduction in the polar coordinate system with boundary conditions that consider features of heating processes at the boundaries of the inhomogeneous medium. There were given a solution of the initial-boundary value problem and suggested the algorithm of calculation of the thermal characteristics of the heating process and regular temperature rate. The work is relevant for the development of computer virtual model of the process of heating of a heterogeneous environment, as well as for the calculation of the thermal characteristics on the basis of real experimental data. The research is made by the personnel of Vologda State Polytechnic University within the confines of the federal program Science and Science and Pedagogical Personnel of Innovative Russia for 2009–2013.

Keywords: heat conduction, heat process, inhomogeneous medium, boundary value problem

Статья посвящена исследованию температурного режима в процессе нагрева неоднородной среды, состоящей из термоэлектрического нагревателя (ТЭН), помещенного в стальную цилиндрическую трубу, песка, которым заполнено пространство между внутренней стальной трубой и внешней медной трубой, и воздуха, которым окружена внешняя труба. Данное исследование актуально для исследований, описанных в статьях [3, 2] по разработке компьютерной виртуальной модели процесса нагрева неоднородной среды с целью наглядной демонстрации процесса нагрева за небольшой промежуток времени, а также для расчета соответствующих тепловых характеристик на основе реальных экспериментальных данных.

С целью расчета температурного режима в процессе нагрева неоднородной среды «ТЭН-песок-воздух» были проведены три эксперимента с различными электрическими мощностями ТЭН и были произведены замеры температуры с помощью термопары в четырех точках (на поверхности внешней и внутренней труб и в двух внутренних точках) в последовательные моменты времени (через каждые 5 миллисекунд) от начала процесса до момента стабилизации температуры. Показания термопары фиксировались аналого-цифровым преобразователем и обрабатывались компьютерной программой Table Curve 2D. Программа для каждой точки замера выводила свой вариант формулы зависимости температуры от времени (рисунок) с конкретными значениями коэффициентов.

При этом возникают следующие вопросы:

1. Как связаны между собой коэффициенты получаемых формул и тепловые характеристики процесса – коэффициенты теплопроводности, теплоемкости, теплопередачи?

2. Можно ли находить коэффициенты теплопередачи от ТЭНа к песку и теплоотдачи песка воздуху?

3. Какова динамика температуры в пространстве и во времени?

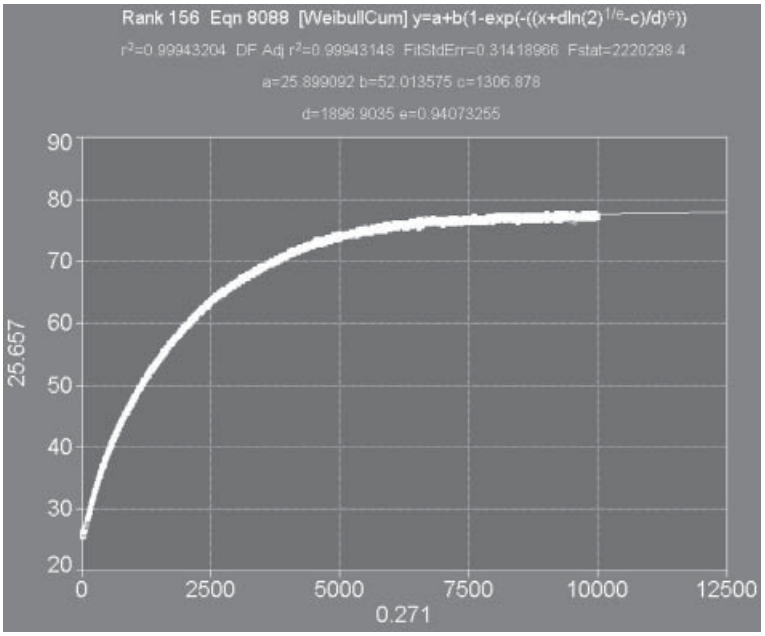
Для ответа на эти вопросы используется методология работы [1], состоящая из следующих этапов:

I. Построение математической модели процесса нагрева в виде начально-краевой

задачи для уравнения теплопроводности с краевыми условиями, учитывающими неоднородность среды.

II. Решение краевой задачи методом разделения переменных, где необходимо построить базис собственных функций, удовлетворяющих краевым условиям.

III. Расчет тепловых характеристик процесса на основе экспериментальных данных посредством формул стационарного и регулярного режимов.



Зависимость температуры от времени и вариант формулы этой зависимости в программе Table Curve 2D

Исследуемый процесс нагрева «ТЭН-песок-воздух» качественно отличается от процесса, рассмотренного в работе [1]. Вследствие этого получается другая начально-краевая задача, где базис собственных функций явно находить невозможно. Существование и полнота собственных функций соответствующей задачи Штурма-Лиувилля доказаны в работе [4]. С их помощью выводится формула решения начально-краевой задачи, и, в частности, формула регулярного режима. Регулярным режимом определяется «кривая разгона» – кривая изменения температуры от начала процесса нагрева до момента стабилизации.

Построение математической модели

Для построения математической модели процесса нагрева неоднородной среды «ТЭН-песок-воздух» приведем следующие предположения и обозначения.

1. Температура есть функция $U(t, x)$ переменных t и x, где t – время, $t \geq 0$, x – расстояние от центра внутренней трубы до точки, где измеряется температура, $r \leq x \leq R$, $r > 0$, r – радиус внутренней трубы, R – радиус внешней трубы; в проведенных экспериментах $r = 10$ мм, $R = 50$ мм. Следовательно, температура зависит лишь от расстояния до центра внутренней трубы и она постоянна вдоль любой цилиндрической поверхности, концентрично расположенной относительно внутренней трубы.

2. Обозначим через $U(t, r)$ температуру на поверхности внутренней трубы в момент времени t, $U(t, r + 0)$ – температуру песка на границе с внутренней трубой, $U(t, x)$ – температуру песка во внутренней точке x, $r < x < R$, $U(t, R - 0)$ – температуру песка на границе с внешней трубой, $U(t, R)$ – температуру воздуха вблизи внешней трубы. При этом температурой медной трубы пренебрегаем из-за большого значения коэффициента теплопроводности меди.

3. Неоднородная среда характеризуется следующими константами: c_r – удельная теплоемкость внутренней (стальной) трубы, c_R – удельная теплоемкость внешней (медной) трубы, Q – количество тепла, выделяющееся из единичной площади внутренней трубы за единичный промежуток времени, h_r – коэффициент теплопередачи от внутренней трубы к песку, h – коэффициент теплоотдачи песка воздуху, α_R – коэффициент теплопотери воздуха вблизи внешней трубы, k, ρ, c – коэффициент теплопрово-

дности, плотность и удельная теплоемкость песка, $a^2 = \frac{k}{c\rho}$ – коэффициент температуропроводности песка.

Математическая модель процесса нагрева будет состоять из уравнений баланса во внутреннем пространстве песка, на внутренней поверхности трубы, на границах «ТЭН-песок», «песок-воздух», в воздухе вблизи внешней трубы.

Уравнение теплового баланса во внутреннем пространстве песка, согласно закону Фурье, [1], имеет вид:

$$\frac{1}{a^2}\frac{\partial U}{\partial t}(t,x) = \left[\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}(t,x) + \frac{1}{x}\frac{\partial U}{\partial x}(t,x)\right], \quad t>0,\ r<x<R, \tag{1}$$

где правая часть есть оператор Лапласа в полярной системе координат с радиус-вектором x.

На поверхности внутренней трубы тепловой баланс зададим условием

$$c_r \frac{\partial U}{\partial t}(t,r) - k\frac{\partial U}{\partial x}(t,r+0) = Q,\ t>0, \tag{2}$$

где $c_r \frac{\partial U}{\partial t}(t,r)$ – количество тепла на нагревание внутренней трубы; $-k\frac{\partial U}{\partial x}(t,r+0)$ – количество тепла, отдаваемое песку.

На границе «ТЭН-песок» условие теплового баланса имеет вид:

$$-k\frac{\partial U}{\partial x}(t,r+0) = h_r\left[U(t,r) - U(t,r+0)\right], \quad t>0. \tag{3}$$

А на границе «песок-воздух» имеем:

$$-k\frac{\partial U}{\partial x}(t,R-0) = h_R\left[U(t,R-0) - U(t,R)\right], \quad t>0. \tag{4}$$

Тепловой баланс в воздухе вблизи внешней трубы зададим условием

$$-k\frac{\partial U}{\partial x}(t,R-0) = c_R\frac{\partial U}{\partial t}(t,R) + \alpha_R U(t,R), \tag{5}$$

где $c_R \frac{\partial U}{\partial t}(t,R)$ – количество тепла на нагревание внешней трубы; $\alpha_R U(t, R)$ – количество тепла, теряемое воздухом вблизи внешней трубы.

В начальный момент неоднородная среда имеет температуру окружающей среды:

$$U(0, x) = u_0, \quad r \le x \le R. \tag{6}$$

Таким образом, математическая модель процесса нагрева представляет собой начально-краевую задачу для дифференциального уравнения теплопроводности (1) в полярной системе координат с краевыми условиями (2), (3) – на внутренней границе, (4), (5) – на внешней границе, и начальным условием (6). Решением $U(t, x)$, $t \ge 0$, $r \le x \le R$ начально-краевой задачи (1)–(6) определяется температурный режим в процессе нагрева неоднородной среды «ТЭН-песок-воздух». Функция $U(t, x)$ при каждом $t > 0$ терпит разрыв в точках $x = r$ и $x = R$.

Стационарный режим

Стационарным режимом, как в работе [1], называем стабилизацию температуры в процессе нагрева:

$$\bar{U}(x) = \lim_{t\to+\infty} U(t,x), \quad r \le x \le R,$$

где $\bar{U}(x)$ – температура на расстоянии x от центра ТЭНа при стабилизации. В формулах (1)–(5), переходя к пределу при $t \to +\infty$, выводим, что функция $\bar{U}(x)$ должна удовлетворять следующим условиям:

$$\frac{d^2\bar{U}(x)}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{d\bar{U}(x)}{dx} = 0, \quad r<x<R,$$

$$-k\frac{d\bar{U}}{dx}(r+0) = Q;$$

$$-k\frac{\partial\bar{U}}{\partial x}(r+0) = h_r\left[\bar{U}(r) - \bar{U}(r+0)\right];$$

$$-k\frac{\partial\bar{U}}{\partial x}(R-0) = \alpha_R\bar{U}(R);$$

$$-k\frac{\partial\bar{U}}{\partial x}(R-0) = h_R\left[\bar{U}(R-0) - \bar{U}(R)\right].$$

Отсюда находим $\bar{U}(x)$:

$$\bar{U}(x)=\begin{cases}\bar{U}(r+0)+\dfrac{Q}{h_r}, & x=r,\\ \left(1+\dfrac{\alpha_R}{h_R}\right)\dfrac{rQ}{R\alpha_R}+\dfrac{rQ}{k}\ln\dfrac{R}{x}, & r<x<R,\\ \dfrac{rQ}{R\alpha_R}, & x=R.\end{cases} \quad (7)$$

По формуле (7) на основе экспериментальных данных можно находить значения тепловых констант α_R, k, h_r, h_R. А именно, пусть известны значения температуры в четырех точках замера при стабилизации:

$$\tilde{U}(r),\ \tilde{U}(r_2),\ \tilde{U}(r_3),\ \tilde{U}(R)$$

где $r < r_2 < r_3 < R$. Полагая

$$\bar{U}(r)=\tilde{U}(r),\ \bar{U}(r_2)=\tilde{U}(r_2),$$

$$\bar{U}(r_3)=\tilde{U}(r_3),\ \bar{U}(R)=\tilde{U}(R),$$

относительно неизвестных α_R, k, h_r, h_R, получим следующую систему линейных уравнений:

$$\begin{cases}\left(1+\dfrac{\alpha_R}{h_R}\right)\dfrac{rQ}{R\alpha_R}+\dfrac{rQ}{k}\ln\dfrac{R}{r}+\dfrac{Q}{h_r}=\tilde{U}(r),\\ \left(1+\dfrac{\alpha_R}{h_R}\right)\dfrac{rQ}{R\alpha_R}+\dfrac{rQ}{k}\ln\dfrac{R}{r_2}=\tilde{U}(r_2),\\ \left(1+\dfrac{\alpha_R}{h_R}\right)\dfrac{rQ}{R\alpha_R}+\dfrac{rQ}{k}\ln\dfrac{R}{r_3}=\tilde{U}(r_3),\\ \dfrac{rQ}{R\alpha_R}=\tilde{U}(R).\end{cases}$$

Находим неизвестные:

$$\begin{cases}\alpha_R=\dfrac{rQ}{R\tilde{U}(R)}, \quad k=\dfrac{rQ\ln\dfrac{r_3}{r_2}}{\tilde{U}(r_2)-\tilde{U}(r_3)},\\ h_R=\left(\dfrac{R}{rQ}\cdot\dfrac{\tilde{U}(r_2)\ln\dfrac{R}{r_3}-\tilde{U}(r_3)\ln\dfrac{R}{r_2}}{\ln\dfrac{r_2}{r_3}}-\dfrac{1}{\alpha_R}\right)^{-1},\\ h_r=\left(\dfrac{\tilde{U}(r)}{Q}-\dfrac{r}{R}\left(\dfrac{11}{\alpha_R}+\dfrac{}{h_R}\right)-\dfrac{r}{k}\ln\dfrac{R}{r}\right)^{-1}.\end{cases} \quad (8)$$

Решение начально-краевой задачи

Решение задачи (1)–(6) находим в следующем виде:

$$U(t,x)=\bar{U}(x)+\sum_{i=1}^{\infty}A_iV_i(x)e^{-\lambda_i a^2 t}, \quad (9)$$

где числа $0<\lambda_1<\lambda_2<\ldots<\lambda_n<\ldots$ и функции определяются как собственные значения и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля в форме Кнезера [1]:

$$\begin{cases}\dfrac{d^2V}{dx^2}(x)+\dfrac{1}{x}\dfrac{dV}{dx}(x)+\lambda V(x), \quad r<x<R,\\ \lambda c_r a^2V(r)+k\dfrac{dV}{dx}(r+0)=0, \quad -k\dfrac{dV}{dx}(r+0)=h_r\left(V(r)-V(r+0)\right),\\ \left(-\lambda c_r a^2+\alpha_R\right)V(R)=-k\dfrac{dV}{dx}(R-0), \quad -k\dfrac{dV}{dx}(R-0)=h_R\left(V(R-0)-V(R)\right).\end{cases} \quad (10)$$

В работе [4] доказаны существование и полнота собственных функций задачи (10) в пространстве функций

$$H=\left\{f(x):\ \int_r^R f^2(x)dx<+\infty,\ \ |f(r)|+|f(R)|<\infty\right\}$$

со скалярным произведением

$$\langle f,g\rangle=\int_r^R xf(x)g(x)dx+\frac{ra^2c_r}{k}f(r)g(r)+\frac{Ra^2c_R}{k}f(R)g(R).$$

Другими словами, любая функция $f(x) \in H$ единственным образом представима в виде ряда по собственным функциям задачи (10):

$$f(x) = \sum_{i=1}^{\infty} B_i V_i(x),$$

где $B_i = \langle f, V_i \rangle$, $\langle V_i, V_i \rangle = 1$, $i = 1, 2, \ldots$ и $\langle V_i, V_j \rangle = 0$ при $i \neq j$. При этом для первого собственного значения λ_1 имеет место неравенство:

$$\frac{\alpha}{c_R} \le \lambda_1 \le \frac{4\alpha}{c_R}.$$

Полагая $f(x) = u_0 - \bar{U}(x)$, находим коэффициенты A_i, $i = 1, 2, \ldots$ представления (9):

$$A_i = \left\langle u_0 - \bar{U}, V_i \right\rangle, \quad i = 1, 2, \ldots . \qquad (11)$$

В этом случае ряд в правой части формулы (9) при каждом $t > 0$ сходится в обычном смысле.

Регулярный режим

Согласно терминологии работы [5], регулярный температурный режим определяется приближенной формулой

$$U(t, x) \approx \bar{U}(x) + A_1 V_1(x) e^{-\lambda_1 a^2 t},$$

где λ_1 – первое собственное значение, а $V_1(x)$ – соответствующая нормированная собственная функция задачи Штурма-Лиувилля (10); их можно находить приближенно численно-аналитическими методами. Коэффициент A_1 определяется формулой

$$A_1 = \left\langle u_0 - \bar{U}, V_1 \right\rangle.$$

Таким образом, можно задать следующий алгоритм расчета регулярного температурного режима в процессе нагрева неоднородной среды «ТЭН-песок-воздух»:

1. По экспериментальным данным $\tilde{U}(r)$, $\tilde{U}(r_2)$, $\tilde{U}(r_3)$, $\tilde{U}(R)$, полученным в ходе замеров температуры в четырех точках при стабилизации, находим приближенные значения тепловых констант с помощью формул (8).

2. Численно-аналитическими методами находим приближенные значения первого собственного значения λ_1 задачи Штурма-Лиувилля (10) и соответствующей нормированной собственной функции $V_1(x)$.

3. Находим стационарный режим $\bar{U}(x)$ формулой (7).

4. Вычисляем коэффициент A_1 формулой

$$A_1 = \int_r^R x\left(u_0 - \bar{U}(x)\right) V_1(x)\,dx + \frac{ra^2 c_r}{k}\left(u_0 - \bar{U}(r)\right) V_1(r) + \frac{Ra^2 c_R}{k}\left(u_0 - \bar{U}(R)\right) V_1(R).$$

5. Регулярный режим рассчитывается формулой

$$U(t, x) \approx \bar{U}(x) + A_1 V_1(x) e^{-\lambda_1 a^2 t}, \quad r \le x \le R,\ t \ge 0. \qquad (12)$$

Список литературы

1. Самарский А.А. Избранные труды. – М.: МАКС Пресс, 2003. – С. 531.

2. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.

3. Синицын А.А., Тимошенко П.О. К разработке виртуального лабораторного стенда «Изучение процессов теплопередачи в условиях свободной конвекции» // Вузовская наука – региону: материалы седьмой всерос. науч.-техн. конф., 27 февр. 2009 г. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – Т. 1. – С. 162–163.

4. Телков М.Г., Наимов А.Н. Существование и полнота собственных векторов задачи Штурма-Лиувилля в форме Кнезера // Вузовская наука – региону: материалы десятой всероссийской научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – С. 120–125.

5. Тимошенко П.О., Синицын А.А. Основные результаты разработки виртуального лабораторного стенда кафедры теплогазоснабжения и вентиляции // Молодые исследователи – регионам: материалы Всеросс. науч. конф. студентов и аспирантов. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – Т. 1. – С. 151–153.

References

1. Samarskii A.A. Selected works. (MAKS Press, Moscow, 2003). pp. 531.

2. Samarskii A.A., Mikhailov A.P. Mathematical modeling. M.: Fizmatlit, 2002. 320 p.

3. Sinitsyn A.A., Timoshenko P.O. To the question of developing of a virtual laboratory stand «Study of the heat transfer under conditions of free convection» // University science to the Region: Proceedings of the Seventh All-Russian scientific and engineering conference, 27th Feb. 2009. Vologda: VSTU, 2009. Vol. 1. pp. 162–163.

4. Telkov M.G., Naimov A. N. The existence and completeness of the eigenvectors of the Sturm-Liouville theory in the form of Kneser // Proceedings of the tenth All-Russian Conference «University science to the Region». Vologda: VSTU, 2012. pp. 120–125.

5. Timoshenko P.O., Sinitsyn A.A. The main results of the development of virtual laboratory stand of the Chair of heat and gas supply and ventilation // Young researchers to the Region: Proceedings of All-Russian scientific conference of students and postgraduates. – Vologda: VSTU, 2009. Vol. 1. pp. 151–153.

Рецензенты:

Горбунов В.А., д.ф.-м.н., профессор, главный специалист ООО НПФ «Энерго-КИТ», г. Вологда;

Калягин Ю.А., д.т.н., профессор, главный конструктор Общества с ограниченной ответственностью Научно-производственный центр «Информационные и энергетические технологии» (ООО НПЦ «Инэнтех»), г. Вологда.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 004.413

К ПРОБЛЕМЕ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОВ

Чернов В.В.

ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: chernovv@gmail.com

Поставлена проблема организации эффективного процесса разработки веб-интерфейсов. Проведен анализ основных подходов к разработке веб-интерфейсов: OOCSS, SMACSS, БЭМ. SMACSS обобщает практический опыт разработки и хорошо применим для типовых задач. OOCSS переносит принципы ООП на CSS, что позволяет решить проблемы организации и повторного использования CSS-кода. БЭМ-методология вводит собственную предметную область, образуя дополнительный слой абстракции над интерфейсом. Все компоненты интерфейса должны быть описаны в БЭМ-терминах согласно строгой системе именования, реализуя принцип независимости блоков. В настоящее время БЭМ является наиболее комплексным и перспективным подходом к разработке веб-интерфейсов. Для устранения недостатков БЭМ-подхода требуется усовершенствовать его методологическую базу. Предложен способ управления связями между БЭМ-сущностями. Обозначены задачи, требующие дальнейших исследований.

Ключевые слова: разработка интерфейсов, веб-интерфейсы, CSS, OOCSS, SMACS, БЭМ

ABOUT PROBLEMS WITH DEVELOPMENT OF WEB INTERFACES

Chernov V.V.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: chernovv@gmail.com

The analysis of the main approaches to front-end architecture of web interfaces has been done (OOCSS, SMACSS,and BEM). SMACSS is the category system, formed in consequence of summarizing practical experience, that works well for typical tasks. In OOCSSprinciples of object oriented programming are distributed to CSS; the benefits of this approach are an increased scalability and reuse of CSS code. BEM methodology introduces its own subject domain thus forming an extra abstraction layer over the interface. Interface components should be described in terms of BEM method by means of a strict naming rules and according the principle of blocks independence. BEM is the most complete and promising approach to the development of web interfaces at the present time. However, the need to improve methodological basis of BEM approach, for eliminate shortcomings. New method to control relations between BEM entities has been proposed. The present study provides a starting-point for further research in the front-end architecture.

Keywords: UI development, web user interfaces (WUI), CSS, OOCSS, SMACS, BEM

Распространение интернета и компьютерных сетей во все сферы общественной, научной и производственной деятельности привело к увеличению объемов разработки веб-ориентированных информационных систем. Такие системы могут представлять собой простые веб-сайты, предназначенные только для вывода информации, сложные, включающие в себя активный обмен информацией с пользователем, нетривиальную логику работы, интеграцию со сторонними сервисами и т.д., а также веб-приложения, которые по определению могут представлять собой любой сложности ИС.

Веб-ориентированные ИС накладывают свою специфику в области проектирования и разработки интерфейса, заключающуюся в многочисленных технологических требованиях и ограничениях, связанных с различной реализацией технологий и веб-стандартов в клиентском ПО (браузерах). Неизбежный дальнейший рост этого сектора разработки в совокупности со слабым уровнем формализации предметной области и подходов к ней является основанием для её изучения и разрешения имеющихся проблем.

С технологической точки зрения область разработки интерфейсов характеризуется набором стандартных (HTML, CSS, Javascript и т.д.), но несовершенных технологий, несовершенных – прежде всего в использовании и в программных реализациях. Веб-технологии стандартизированы, но их реализации в каждом конкретном браузере различаются. Неотъемлемой частью процесса разработки интерфейсов также является невозможность заранее знать условия исполнения программного кода.

Основные трудности связаны не столько с решением частных технических задач, сколько с обеспечением качественного процесса разработки в целом. Необходимо иметь возможность быстрого написания нового кода, легкого дополнения и внесения изменений в существующий код, а также повышения его быстродействия. Эти трудности не являются специфичными только для какого-то определенного рода проектов, а имеют место для всех, поскольку независимо от внутренней логики работы приложения или сайта, компоненты интерфейса в большинстве своем остаются неизменными. Тем не менее множество вариантов интерфейсов ничем не ограничено и проблема состоит в том, что для построения эффективного процесса разработки недостаточно просто накапливать примеры реализации для использования их в дальнейшем, количество не переходит в качество, поэтому требуется провести исследование с целью выявления общих закономерностей.

Задачи, которые должен решать эффективный подход к разработке интерфейсов:

– простота внесения изменений (быстрота и надежность);

– переиспользование кода (как внутри одного проекта, так и между разными проектами);

– возможность увеличивать скорость разработки за счет увеличения количества разработчиков. Обеспечение эффективной совместной работы, быстрое погружение в проект.

– увеличение возможностей оптимизировать быстродействие конечного кода.

Для больших и сложных проектов скорость внесения изменений замедляется вместе с ростом количества компонентов, эта сложность напрямую связана с размерностью системы, а также увеличением количества связей между элементами, в том числе неконтролируемых. Для небольших или типовых проектов проблема переходит в несколько иную плоскость – требуется увеличение скорости разработки таких проектов.

Из существующих библиотек, фреймворков, техник и подходов на универсальность претендует лишь несколько: SMACSS, OOCSS, а также БЭМ. Наибольшее внимание в рассматриваемых подходах уделяется CSS, как основной технологии, отвечающей за представление веб-интерфейса.

SMACSS – масштабируемая модульная архитектура CSS, разработана Джонатаном Снуком. Из технологий в SMACSS рассматривается только CSS, для которой предлагается подход к организации CSS-правил, основанный на их классификации и разделении на модули. Правила в SMACSS делятся на 4 основные и 2 дополнительные группы: базовую, раскладки, модули, состояния, а также темы и типографика. К каждой из этих групп предъявляются особые принципы именования и построения правил. Данный подход – результат обобщения практического опыта разработки, который вылился в стройную систему организации работы с CSS, однако по сути представляет собой больше свод рекомендаций, которые хорошо применимы для типовых задач, нежели методологию.

OOCSS (ObjectOriented CSS) – предложенный Николь Салливэн подход, суть которого состоит в переложении на CSS принципов объектно-ориентированного программирования. Под CSS-объектом понимается отдельный визуальный компонент интерфейса, описываемый совокупностью технологий: HTML-разметка (один или несколько DOM-узлов), CSS правила для всех частей объекта, javascript, относящийся к объекту, а также декоративные изображения и другие дополнительные компоненты, необходимые для отображения объекта. Объекты выделяются из интерфейсной предметной области, т.е. отражают интерфейс с точки зрения визуальной семантики.

Основные принципы OOCSS:

– Разделение структуры и визуального решения компонента интерфейса. Такое разделение, когда за структуру компонента отвечают одни CSS-классы (объектные), а за его частное представление – другие (классы тем), позволяет добиться переиспользования части кода – CSS-объекты используются в качестве прототипов, которые расширяются новыми классами или за счет классов тем. Согласно принципу открытости/закрытости объектные классы никогда не изменяются, а только расширяются и модифицируются за счет новых классов.

– Независимость от контекста использования. Данный принцип означает, что компоненты не должны определяться через контекст, в котором они используются, поскольку это лишает возможности переиспользовать код компонента в другом контексте, что приведет к дублированию кода в случае такой необходимости.

В рамках OOCSS успешно решается задача повторного использования кода, но других возможностей этот подход не предоставляет.

БЭМ (Блок Элемент Модификатор) – методология, разработанная в компании Яндекс, вводит собственную предметную область, состоящую из следующих понятий:

– Блок – некоторая самостоятельная сущность, блок может быть простым или составным – содержать в себе другие блоки.

– Элемент – часть блока, отвечающая за отдельную функцию интерфейса. Элемент может находиться только в составе блока и не имеет смысла в отрыве от него.

– Модификатор – свойство блока или элемента, которое меняет внешний вид или поведение, помимо имени может иметь значение. Блок или элемент могут одновременно иметь несколько разных модификаторов.

Понятия, составляющие БЭМ-предметную область, образуют дополнительный слой абстракции над интерфейсом. Все компоненты интерфейса должны описываться в БЭМ-терминах, для этого БЭМ предоставляет систему именования, однако это не говорит о том, каким образом следует выделять компоненты интерфейса в БЭМ-сущности. Одним из принципов именования является уникальность имени блока, в основе этого принципа лежит концепция абсолютно-независимых блоков (АНБ), главная идея которой в том, что блок должен определяться независимо от контекста и в любом окружении сохранять свои свойства. В частности, этим объясняется практически полное покрытие HTML-

кода классами БЭМ-предметной области. Для БЭМ-сущности HTML является одним из слоёв реализации, наряду с другими, необходимыми для неё технологиями. Такой подход к разработке подразумевает наличие этапа компиляции, когда код, написанный в БЭМ-терминах, преобразовывается в код требуемых технологий.

Преимущества БЭМ:

– строгая система наименований, а также однозначное положение кода на файловой системе позволяют быстро разобраться в проекте;

– единая терминология способствует успешной коммуникации между всеми участниками процесса разработки;

– АНБ-принцип позволяет распределить разработку, поблочно;

– несколько способов повторного использования кода: использование модификаторов, смешивание нескольких БЭМ-сущностей на одном DOM-узле, уровни переопределения (наборы реализации блоков, в том числе межпроектные).

Недостатки БЭМ:

– неполнота предметной области – имеющейся системы понятий недостаточно, чтобы описать всё множество структур и связей, которые могут возникнуть между элементами интерфейса:

- невозможность сложноструктурированных блоков;
- нет способа управлять связями между блоками;
- нет механизма расширения/дополнения языка.

– отсутствие механизма встраивания не-БЭМ-объектов.

Хотя в настоящее время из всех подходов к разработке интерфейсов БЭМ-подход является наиболее эффективным, и он не лишён недостатков. Требуется усовершенствовать его методологическую базу, для этого, в частности, следует задействовать теорию проектирования пользовательских интерфейсов.

В качестве одного из решений проблемы управления связями между БЭМ-сущностями предлагается ввести понятие дополняющей сущности. Под дополняющей сущностью понимается или модификатор основной сущности, или новые блоки и элементы, в том числе со своими модификаторами, расположенные на том же DOM-узле, что и основная БЭМ-сущность (блок или элемент). В отличие от случая простой композиции нескольких сущностей на одном DOM-узле, дополняющая сущность позволяет приоритезировать сущности. Каждая следующая по порядку записи сущность имеет больший приоритет, чем предыдущая (по аналогии с CSS), в пределах DOM-узла. Сущность с большим приоритетом, являясь более специфичной, может дополнять или переопределять свойства DOM-узла, а также влиять на порядок наследования блоков в БЭМ-дереве. Такое наслаивание сущностей друг на друга представляет собой удобный способ связи независимых сущностей, позволяющий избежать конфликтов между ними, а также в полной мере использовать свойства каждой из них.

Остается нерешенной такая архитектурная проблема, как выявление БЭМ-сущностей – выделять компоненты интерфейса в блоки можно по-разному и это может отрицательно сказываться на качестве разработки. Необходимо разработать универсальный метод разбиения на блоки и оценить границы его применимости. Еще одна задача, требующая решения, это кластеризация CSS-правил, с целью обеспечения оптимального быстродействия для пользователя. Решение этих вопросов позволит дополнительно теоретически обосновать БЭМ-подход, а также повысить эффективность разработки веб-интерфейсов.

Список литературы

1. Скотт Б., Нейл Т. Проектирование веб-интерфейсов. – СПб. : Символ-плюс, 2010. – 352 с.

2. Салливан, Н. Визуальная семантика в HTML и CSS [Электронный ресурс] // Персональный сайт Николь Салливан: [сайт]. [2010]. – URL: http://www.stubbornella.org/content/2010/06/12/visual-semantics-in-html-and-css/ (датаобращения: 10.07.2012).

3. Снук, Д. Масштабируемая модульная архитектура CSS : [сайт]. [2010]. – URL: http://smacss.com/ (дата обращения: 10.07.2012).

4. Степанова В. В. Что такое БЭМ? [Электронный ресурс] // bem (Block, Element, Modifier): [сайт]. [2010]. – URL: http://bem.github.com/bem-method/pages/beginning/beginning.ru.html (дата обращения: 10.07.2012).

5. Галлахер, Н. О семантике HTML и фронтенд-архитектуре [Электронный ресурс] // Персональный сайт Николаса Галлахера: [сайт]. [2012]. – URL: http://nicolasgallagher.com/about-html-semantics-front-end-architecture/ (дата обращения: 10.07.2012).

References

1. Scott, Bill, and Theresa Neil. *Designing Web Interfaces*. Beijing: O'Reilly, 2009. Print.

2. Sullivan, Nicole *Visual Semantics in HTML and CSS*. Available at: http://www.stubbornella.org/content/2010/06/12/visual-semantics-in-html-and-css/ (accessed 10 Jule 2012)

3. Snook, Jonathan. *Scalable and Modular Architecture for CSS*. Available at: http://smacss.com/ (accessed 10 Jule 2012).

4. Stepanova, Varvara*What is BEM?* Available at: http://bem.github.com/bem-method/pages/beginning/beginning.en.html (accessed 10 Jule 2012).

5. Gallagher, Nicolas *About HTML semantics and front-end architecture*Available at: http://nicolasgallagher.com/about-html-semantics-front-end-architecture/ (accessed 10 Jule 2012).

Рецензенты:

Соловьев Н.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

Сердюк А.И., д.т.н., профессор, директор аэрокосмического института ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 629.1

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ ВСАСЫВАЮЩЕГО ЗАБОРНОГО УСТРОЙСТВА ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ

Шиманова А.А.

ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-петербург, e-mail: igasu_ptm@bk.ru

В данной статье приведено описание конструкции полезной модели всасывающего заборного устройства пневмотранспортной установки. Полезная модель была разработана при участии автора сотрудниками кафедры НТТМ архитектурно-строительного университета. Автором были разработаны этапы работы всасывающего заборного устройство и проведены теоретические и экспериментальные исследования по каждому этапу для достижения наиболее эффективной работы устройства. Ввиду того, что для определения основных параметров всасывающего заборного устройства теория разрушения слоя материала затопленной струёй воздуха не разработана в достаточной степени, автором был изучен процесс распространения и взаимодействия затопленной струи с поверхностью. В статье систематизированы и приведены результаты экспериментальных исследований по взаимодействию затопленной струи воздуха с уплотненными строительными материалами разных видов. Автором определены оптимальные параметры процесса разрыхления слежавшегося материала струями сжатого воздуха при заборе материала всасывающим заборным устройством.

Ключевые слова: пневмотранспорт, сыпучие строительные материалы, затопленная струя воздуха

THEORETICAL BASIS OF WORK SUCTION FENCE DEVICE OF PNEUMATIC PLANTS

Shimanova A.A.

Saint Petersburg State University of Civil Engineering and Architecture), Saint Petersburg, e-mail: igasu_ptm@bk.ru

In this article provides a description of the design of useful models of the suction intake device пневмотранспортной installation. A useful model was developed with the participation of the author of the staff of the Department of transport and technological machines architectural-building University. The author has developed stages of the suction intake unit and carried out theoretical and experimental research on each step to achieve the most effective operation of the device. In view of the fact that for the main parameters of the suction intake devices of the theory of destroying the fabric of a flooded the air flow is not developed to a sufficient degree, the author has studied the process of propagation and interaction of flooded jet with the surface. The article systematized and presents the results of experimental research on the interaction of flooded jets of air sealing with building materials of different kinds. The author determined the optimal parameters of the process of loosening слежавшегося material jets of compressed air at the fence material suction fence device.

Keywords: pneumatic haulage, bulk construction materials, submerged jet of air

Производительность, надежность и экономическая эффективность применения пневмотранспортных установок для разгрузки и перемещения сыпучих строительных материалов обеспечивается благодаря рациональной конструкции основных узлов, применению износостойких материалов и современным технологиям изготовления. Эффективность работы любой пневмотранспортной системы, применяемой для забора сыпучих материалов, зависит от конструкции устройств, которые обеспечивают подачу материала в зону всасывания [2].

Для интенсификации процесса забора сыпучего материала специалистами кафедры НТТМ СПбГАСУ при участии автора была разработана конструкция всасывающего заборного устройства пневматической транспортной установки (рис. 1) (полезная модель № 115340 от 27.04.2012).

Всасывающее устройство выполнено в виде заборного сопла круглой формы. Всасывающий наконечник для разрушения слежавшегося материала снабжен минимум четырьмя соплами подачи сжатого воздуха, входы которых соединены с нагнетательным трубопроводом с регулятором подачи сжатого воздуха. Для подачи воздуха в нагнетательный трубопровод не требуется установки дополнительного источника сжатого воздуха, он подается из транспортной линии. Защитный кожух предотвращает пыление в зоне всасывания и потерю ценного материла.

Процесс забора материала всасывающим заборным устройством можно разделить на три этапа: разрыхление материала струями сжатого воздуха; аэрирование материала; всасывание аэрированного материла в трубопровод.

От эффективности каждого этапа зависит эффективность забора в целом. Поэтому для обеспечения высокого качества забора материала необходимо проанализировать теоретические исследования по каждому этапу и установить оптимальные параметры.

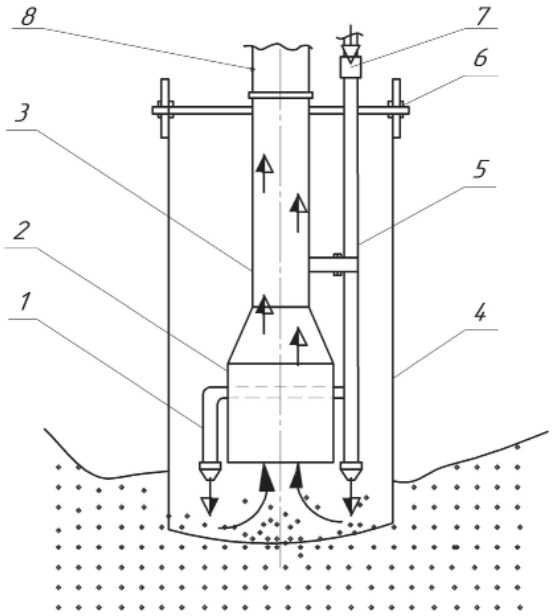


Рис. 1. Всасывающее заборное устройство пневмотранспортной установки:
1 – сопла подачи сжатого воздуха;
2 – всасывающий наконечник;
3 – заборное сопло; 4 – защитный кожух;
5 – нагнетательный трубопровод;
6 – устройство крепления кожуха;
7 – регулятор подачи воздуха;
8 – всасывающий трубопровод

Материал разрыхляется под действием струй сжатого воздуха, формируемых аэрирующими соплами. Теория разрушения слоя материала затопленной струёй воздуха не разработана в достаточной степени для расчета параметров устройства. Наиболее близкие задачи рассматриваются в работах по подводной разработке грунтов затопленной струёй воды, по струйной мойке машин, оборудования, деталей, заполнителей бетона и т.д.

Задачей теоретического исследования процесса разрыхления материала затопленной струей воздуха является определение минимального динамического давления струи, необходимого для нарушения сплошности слоя материала в зоне контакта струи с поверхностью. Для определения параметров струи воздуха, необходимых для динамического разрушения слоя материала, был изучен процесс взаимодействия затопленной струи с поверхностью. Для оценки этого взаимодействия надо знать характеристики растекания свободных затопленных осесимметричных струй (рис. 2).

Опыты показали, что течение струи с равномерным начальным профилем скорости остается ламинарным до числа $Re_0 = 10^3$. При числе $Re_0 = 4 \cdot 10^3$ течение струи становится полностью турбулентным. Число Re_0, можно найти из формулы [5]

$$Re_0 = u_0 D_0/\nu, \qquad (1)$$

где u_0 – начальная скорость струи, м/с; D_0 – диаметр сопла, м; ν – кинематическая вязкость воздуха, кг/м·с.

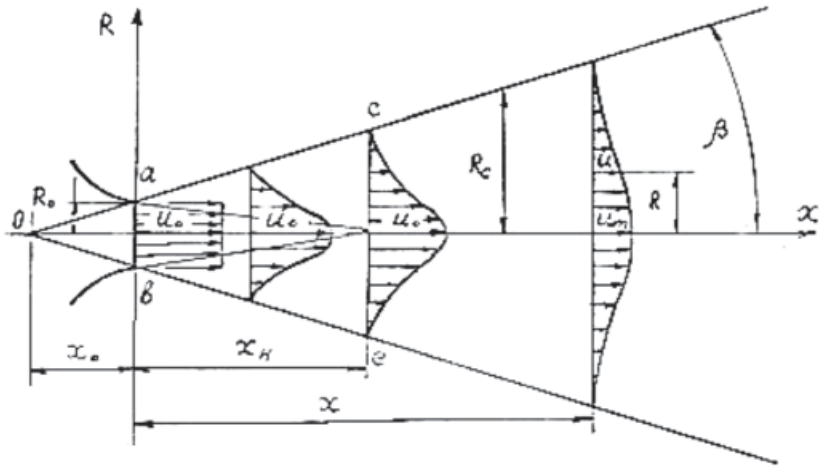


Рис. 2. Схема свободной турбулентной струи с равномерным начальным распределением скоростей:
O – полюс струи; R_0 – радиус сопла; a, b – начальное сечение струи;
c, e – переходное сечение струи; x_0 – полюсное расстояние струи;
$x_н$ – длина начального участка струи; u_0 – скорость истечения струи из сопла;
u_m – скорость на оси струи на расстоянии x от начального сечения; u – скорость на расстоянии R от оси струи и x от начального сечения; R_c – радиус границы струи на расстоянии x от начального сечения; β – половина угла расширения струи

Установлено, что существует универсальная для всех сечений основного участка функция

$$u/u_m = f(R/R_c). \quad (2)$$

Замеры давления в струе показывают, что статическое давление в ней одинаково и равно статическому давлению окружающего воздуха. Поэтому полное количество движения I секундной массы во всех сечениях струи одинаково, т.е.

$$I = \int_0^M udM = \text{const}, \quad (3)$$

где M – масса, протекающая в единицу времени сквозь элемент поперечного сечения струи.

Определенность функции f, a также условие (3) позволяют рассчитать все параметры затопленной струи воздуха, если экспериментально установлена для неё одна константа, например тангенс половины угла расширения струи β. Для струи воздуха установлено β = 14°, чему соответствует tgβ = 0,25.

Для расчета параметров аэрирующих сопел необходимо знать максимальное расстояние, на котором струя известных параметров в состоянии разрушить слой материала. Для того чтобы струя внедрилась в материал, необходимо определенное силовое воздействие струи на материал. Степень силового воздействия пропорциональна импульсу силы в заданном сечении струи, отнесенному к площади этого сечения [3]. На некотором расстоянии от среза сопла из-за увеличения радиуса границы струи R_c и площади сечения струи силовое воздействие ее становится недостаточным для проникновения в материал. Это расстояние является глубиной фронта разрушения. Обозначим ее s_0. Радиус сечения струи на расстоянии s_0 от среза сопла и импульс силы, отнесенный к площади сечения, обозначим соответственно R_s и i_s.

Из условия постоянства количества движения в струе имеем

$$i_s = \frac{\rho_B \cdot R_0^2 \cdot u_0^2}{R_S^2}, \quad (4)$$

где ρ_B – плотность воздуха, кг/м^3.

Радиус сечения струи на расстоянии s_0 от среза сопла R_s, м, определяется по формуле

$$R_s = s_0 t + R_0, \quad (5)$$

где

$$t = \text{tg}\beta \quad (6)$$

Значение s_0, м, можно определить по формуле

$$s_0 = u_0 \cdot R_0 \Big/ t \cdot \sqrt{\frac{\rho_B}{i_s}} - \frac{R_0}{t}. \quad (7)$$

Начальная скорость струи воздуха зависит от формы насадка, давления перед и за ним, вязкости и плотности воздуха. Начальную скорость струи воздуха [5] на выходе из насадка u_0, м/с, можно определить по формуле

$$u_0 = \phi \cdot \sqrt{2 \cdot \left(p_0 - p_{\text{ср}B}\right)/\rho}, \quad (8)$$

где φ – коэффициент скорости; p_0, $p_{\text{ср}}$ – соответственно, давление перед насадком, давление среды, куда истекает струя (в нашем случае $p_{\text{ср}} = p_{\text{атм}}$), Па.

Для расчета падения осевой скорости u_m, м/с, струи можно использовать формулу, предлагаемую Абрамовичем Г.Н. [1]

$$u_m = \frac{0{,}96 \cdot u_0}{0{,}29 + \alpha \cdot s_0 \cdot R_0^{-1}}, \quad (9)$$

где α – коэффициент структуры струи.

Коэффициент α растет с увеличением неравномерности начального профиля скорости, но не зависит от числа Рейнольдса в очень широком диапазоне $Re_0 = (0{,}2 – 40{,}0)\cdot 10^5$. Коэффициент α характеризует степень турбулентности струи. По данным различных авторов [1, 5], для воздуха α = 0,06...0,1.

Динамическое давление на оси струи p_m, Па, можно определить по формуле [5]

$$p_m = \frac{\rho_B \cdot u_m^2}{2}. \quad (10)$$

Можно получить еще одно уравнение, задавшись расходом воздуха через аэрирующие сопла. Расход воздуха на срезе сопла Q_0, м^3/с, можно определить по формуле

$$Q_0 = \mu \cdot F_0 \cdot \sqrt{\frac{2(p_0 - p_{\text{ср}})}{\rho_B}}, \quad (11)$$

где μ – коэффициент расхода; F_0 – площадь поперечного сечения выходного отверстия насадка, м^2.

Общий расход воздуха, проходящего через аэрирующие сопла, определится по формуле

$$q = Q_0 \cdot z, \quad (12)$$

где z – число сопел, определяемое из условия, что струи на глубине s_0 создают секторный фронт разрушения.

По мере распространения струи расход в ней увеличивается за счет подсасывания воздуха из окружающего пространства.

Л.И. Повх [5] рекомендует следующую формулу для определения расхода воздуха на основном участке струи $Q_{ос}$, м^3/с

$$Q_{oc} = \frac{2{,}13 \cdot Q_0 \cdot u_0}{u_m}. \qquad (13)$$

Значения коэффициентов μ и φ зависят от вязкости воздуха, начального давления, от профиля и от качества обработки внутренней поверхности сопла. Насадки применяются коноидальные, цилиндрические и конические. Максимальную кинетическую энергию имеет струя воздуха, истекающая из коноидального насадка (μ = φ = 0,97–0,99) [9]. Однако из-за конструктивной сложности выполнения коноидальных насадков малого диаметра наиболее целесообразно использовать менее совершенные, но более простые конические сходящиеся насадки, имеющие лучшие параметры при угле конусности 13–15° (μ = 0,94, φ = 0,96). У цилиндрических насадков μ = φ = 0,82 [5].

Число сопел можно определить по формуле

$$Z = B/2R_s, \qquad (14)$$

где B – ширина фронта разрушения, м, для кольцевого сопла приравнивается к радиусу $R_{ос}$, м, окружности, проходящей через центры сопел (принимается конструктивно).

Для расчета параметров аэрирующих сопел необходимо знать величину импульса силы i_s, котрый зависит от свойств разрыхляемого материала. Для определения i_s были выполнены экспериментальные исследования процесса взаимодействия затопленной струи с поверхностью разрыхляемого материала. Результаты показали, что для несвязных сыпучих материалов значение удельного импульса силы на фронте разрушения можно принимать того же порядка, что и коэффициент сопротивления смятию $K_{см}$. Таким образом, на основании опытных данных, при расчете параметров разрыхления величину i_s следует принимать в пределах $(0{,}04...3)\cdot 10^5$ Па. Обработка результатов испытаний показала также, что значение половины угла расширения струи воздуха, распространяющейся в сыпучем материале, несколько меньше, чем в воздухе. Было получено среднее значение угла β = 12°, чему соответствует t = 0,21.

Скорость u_0 истечения воздуха из сопел также необходимо принимать в зависимости от свойств материала. Из формул (4) и (7) следует, что для обеспечения одинаковой глубины фронта разрушения с увеличением удельного импульса силы, необходимого для рыхления материала, скорость истечения должна увеличиваться приблизительно пропорционально величине $i_s^{0,5}$. Для практических расчетов пневматического рыхления сыпучих материалов скорость истечения воздуха можно принимать из условия [3]

$$u_0 \geq 0{,}35 i_s^{0,5}. \qquad (15)$$

Таким образом, используя теоретические и экспериментальные исследования распространения и взаимодействия затопленной осесимметричной струи с поверхностью материала, можно определить оптимальные параметры процесса разрыхления слежавшегося сыпучего материала.

Исследования проводились для сопел диаметром от 2 до 18 мм. Расстояние от среза сопла до разрыхляемой поверхности задавалось от 10 до 100 мм. Как видно из графика на рис. 3, оптимальные параметры процесса разрыхления будут достигнуты при значении относительной скорости $u' = u_m / u_0$, приближающемся к 1, а значение относительного расстояния $l = s_0/R_0$ не должно превышать 10.

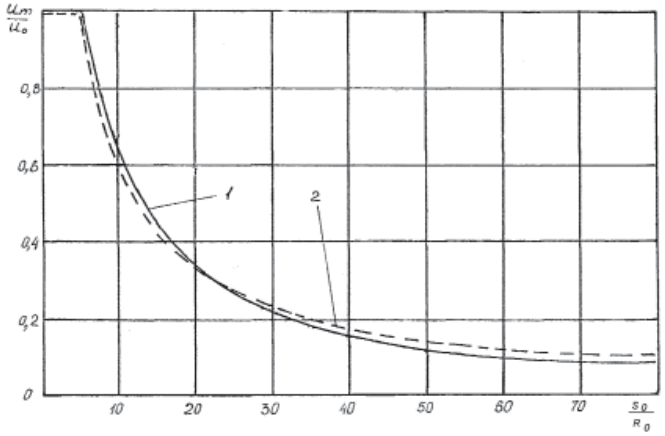


Рис. 3. Изменение безразмерной осевой скорости затопленной осесимметричной струи:
1 – кривая по формуле [1] при рассчитываемом коэффициенте α;
2 – кривая по формуле [1] при коэффициенте α = 0,08

Наиболее эффективным разрыхление материала будет при следующих параметрах (таблица).

Второй этап – аэрирование материала – выполняется автоматически при корректном выполнении первого этапа. При рыхлении материала струями скорость воздуха u_B много больше $\upsilon_{отр}$ скорости отрыва частиц.

Вопросы всасывания материала и аэросмеси при работе пневмотранспортных установок изучались Шапуновым М.М., Серяковым В.С., Малевичем И.П., Калинушкиным М.П., Зенковым Р.Л. и др. При всасывании аэрированного материала скорость всасывания можно рассчитать по формуле [5]

$$\upsilon_{вс} = \upsilon_{вит} \cdot (R_i / R_{BC})^n, \quad (16)$$

где $\upsilon_{вит}$ – скорость витания частиц, м/с; R_i, R_{BC} –соответственно радиус зоны всасывания, радиус устья всасывающего наконечника м; n – опытный коэффициент.

Оптимальные параметры разрыхления уплотненного материала

Материал	u_0, м/с	u_m, м/с	p_0, МПа	q, м^3/с	R_0, мм	s_0, мм	Z, шт.	$N_{раз}$, кВт
Известь гашеная	22,1	22	0,102	0,007	5	42	4	0,8
Песок	76	75,7	0,105	0,023	5	42	4	3
Зола уноса	113	112,6	0,11	0,035	5	42	4	4,6
Гипс	154,6	154	0,12	0,048	5	42	4	6,7
Цемент	192,3	191,9	0,13	0,059	5	42	4	9
Сухая смесь	206,2	205,7	0,13	0,063	5	42	4	9,9

Скоростью витания частицы называется скорость восходящего потока воздуха, при которой вес частицы уравновешивается подъемной силой потока. Частица в это время не имеет абсолютной скорости. Скорость витания равна скорости равномерного осаждения частицы в неподвижном воздухе. Падение становится равномерным после приобретения частицей скорости, при которой сила сопротивления воздуха становится равной силе тяжести. При экспериментальном определении скорости витания аэродинамические свойства частиц учитываются как бы автоматически, а в расчетных формулах для скорости витания, которые обычно выводятся в предположении, что частицы имеют форму шара, учет несферичности и состояния поверхности частиц производится введением коэффициента формы и динамического коэффициента формы [4].

Скорость витания можно определить по формуле.

$$\upsilon_{вит} = \sqrt{2 \cdot m \cdot g / C_X \cdot A_M \cdot \rho_B}, \quad (17)$$

где m – масса частицы, кг; g – ускорение свободного падения, $g = 9{,}81$ м^2/с; C_x– коэффициент сопротивления при обтекании частицы воздушным потоком; A_m – площадь миделева сечения частицы, м^2; $\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м^3.

Для транспортирования частиц материала по трубопроводу вместе с воздухом скорость воздуха должна превышать критическую, при которой начинается осаждение частиц [5]:

$$\upsilon_{кр} = B \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{F_{rB}}} \cdot \sqrt[9]{\frac{\rho_{см} - \rho_B}{\rho} \cdot \left(\frac{\rho_{тв} - \rho_{см}}{\rho_B} \right)^2}, \quad (18)$$

где $\rho_в$, $\rho_{см}$, $\rho_{тв}$ – соответственно плотность воздуха, транспортируемой аэросмеси и твердых частиц; B – коэффициент; F_r – число Фруда, определяемое по формуле

$$B = \frac{\upsilon_{вит}^2}{g \cdot D}, \quad (19)$$

где D – внутренний диаметр трубопровода.

Расчет основных параметров всасывающего устройства ведется по стандартной методике в зависимости от типа установки, с которой применяется всасывающее заборное устройство. Таким образом, для расчета параметров всасывающего устройства и скорости транспортирования частиц материала по трубопроводу необходимо определить гранулометрический состав материала и его плотность.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что эффективная работа заборных сопел без пневморазрыхлителей возможна только при заборе легкообрушающихся, неслежавшихся, неуплотненных сыпучих материалов. При транспортировке и хранении сыпучих строительных материалов не всегда получается этого избежать. Забор уплотненных

материалов становится возможным только при условии механического воздействия заборного сопла на материал. В результате возрастает сопротивление перемещению заборного сопла, снижаются концентрация и производительность. Эффективность заборного сопла в этих условиях можно существенно повысить пневматическим рыхлением материала. При этом снижаются потери давления в заборном устройстве, повышается концентрация смеси и производительность.

Список литературы

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – М.: Изд–во физ.-мат. литературы, 1960. – 715 с.

2. Евтюков С.А., Шапунов М. М. Пневмотранспортное оборудование в строительной индустрии и строительстве: учебное пособие. – ДНК, 2005 г. – 360 с.

3. Иванов В.А., Лукин Н.В. Суда технического флота. – М.: Транспорт, 1982. – 366 с.

4. Кузнецов Ю. М. Пневмотранспорт: теория и практика. – Екатеринбург: УрОРАН, 2005. – 61 с.

5. Репин С.В. Оптимизация процессов и параметров оборудования для промывки гидробаков экскаваторов при техническом обслуживании: кан. дис. – Л., 1986. – 230 с.

References

1. Abramovich G. N. Teoriya turbulentnykh struy. M.: Izd-vo fiz.-mat. literatury, 1960. 715 p.

2. Evtyukov S.A., Shapunov M.M. Pnevmotransportnoe oborudovanie v stroitelnoy industrii i stroitelstve. Uchebnoe posobie. DNK, 2005. 360 p.

3. Ivanov V.A., Lukin N.V. Suda tekhnicheskogo flota. M.: Transport, 1982. 366 p.

4. Kuznetsova Y.M. Pnevmotransport: teoriya i praktika. – Ekaterinburg: UrORAN, 2005. 61 p.

5. Repin S.V. Optimizatsiya protsessov i parametrov oborudovaniya dlya promyvki gidrobakov ekskavatorov pri tekhnicheskom obslugivanii. Kan. dis. Leningrad, 1986. 230 p.

Рецензенты:

Добромиров В.Н., д.т.н., профессор, директор института безопасности дорожного движения, г. Санкт-Петербург;

Ушаков А.И., д.т.н., профессор, директор ООО «Научно-производственный информационно-консультационный центр-плюс», г. Санкт-Петербург.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.

УДК 615.454.12+616-001.41

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕПАРАТИВНЫХ СВОЙСТВ ФИТОГЕЛЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ЭКСТРАКТЫ ЧАБРЕЦА И СОЛОДКИ

[1]Володина Т.А., [1]Пеньевская Н.А., [2]Викторов С.И., [1]Огай М.А., [3]Майорова А.В.

[1]ГБОУ ВПО Омская государственная медицинская академия, Омск;

[2]МУЗ «Городская больница №3», Омск;

[3]РУДН, Москва, e-mail: gnom.tv@mail.ru

В статье приведены результаты изучения биологической активности фитогеля оригинального состава. В качестве биологических объектов эксперимента использовали культуру клеток Parametium caudatum и белых крыс линии Вистар. Для исследования были сконструированы пять композиций, которые отличались долевыми соотношениями каждого из компонентов. В тестах на культуре клеток Parametium caudatum по антиоксидантной и мембраностабилизирующей активности из пяти экспериментальных композиций выбрана оптимальная. Проведенные фармакологические и гистоморфологические исследования с использованием модели линейной кожной раны на самцах крыс линии Вистар показали, что фитогель обладает выраженными репаративными свойствами, способствующими более быстрому заживлению линейной раны, формированию и созреванию рубца, чем в контроле.

Ключевые слова: репарация, фитогель

STUDY OF REPARATIVE PROPERTIES OF PHYTOGEL CONTAINING EXTRACTS OF THYME, GLYCYRRHIZA

[1]Volodina T.A., [1]Penevskaya N.A., [2]Viktorov S.I., [1]Ogay M.A., [3]Majorova A.V.

[1]Omsk State Medical Academy, Omsk;

[2]«City Hospital № 3», Omsk;

[3]RUFN, Moskow, e-mail: gnom.tv@mail.ru

Results of studying of biological activity of phytogel of original composition are given in article. As biological objects using a cell culture experiment Parametium caudatum and white Wistar rats. For the study we constructed five compositions that were different equity ratios of each component. In tests on culture of Parametium caudatum on antioxidant and membrane stabilizing activity the optimum is chosen from five experimental compositions. Past pharmacological and hystomorphological researches with use of model of a linear skin wound on males of rats of the line Vistar showed that phytogel possesses the expressed reparation properties promoting faster healing of a linear wound, to formation and hem maturing, than in control.

Keywords: reparation, phytogel

Несмотря на обилие имеющихся на фармацевтическом рынке лекарственных средств для местного лечения раневых и воспалительных процессов, приходится констатировать, что желаемая степень терапевтического эффекта до сих пор не достигнута [1, 4, 5]. В последнее десятилетие отмечается возрастающий интерес к средствам растительного происхождения, что объясняется наличием широкого спектра фармакологического действия, мягко и гармонично воздействующего на все системы организма при минимальном количестве побочных эффектов в условиях длительного применения, а также экономичностью.

Рациональное лечение ран – одна из наиболее острых и сложных проблем современной медицинской практики. На сегодняшний день ни один из методов лечения ран с использованием лекарственных средств не является универсальным, надежным, в полной мере удовлетворяющим клиницистов. Этиология и патогенез раневого процесса делают необходимым дифференцировать подход к созданию лекарственных форм для местного лечения раневой патологии [3,5].

Цель: изучить биологическую активность фитогеля оригинального состава.

Материалы и методы исследования

На первом этапе исследования были сконструированы 5 композиций из густых экстрактов чабреца, каштана, солодки, крапивы, масляного экстракта зверобоя и дигидрокверцетина. Композиции отличались долевыми соотношениями каждого из компонентов.

В качестве биологических объектов использовали культуру клеток Parametium caudatum и белых крыс линии Вистар. Parametium caudatum легко культивировать и при исследовании ее роста и размножения возможно быстро получить большой объем цифровой информации [2, 4]. Для культивирования парамеций использовали среду Лозина-Лозинского при pH водной среды 6,2–7,8 и температурном оптимуме 20–26°С. Пищей для парамеций служили живые дрожжи – Rhadotorula gracilis с добавлением пшеничной муки. Для определения чувствительности парамеций на предметное стекло наносили две капли среды (число парамеций в каждой капле не менее 5 особей), одна капля служила контролем, ко второй тангенциально наносили каплю соответствующего объема 0,9% раствора натрия хлорида. При этом парамеции считаются чувствительными в случае ускорения движения не более 4 особей из 5 по результатам 5 измерений. Двигательная активность парамеций во многом формируется на основе работы

ионных каналов, встроенных в мембрану ресничек, и является характеристикой, отражающей функциональное состояние клетки [2]. При этом Parametium caudatum функционирует в направлении сохранения мембранного потенциала. В результате снижения мембранного потенциала клетки двигаются медленнее или вращаются на месте вокруг одного конца. Для оценки чувствительности по параметру – замедление движений – использовали 0,5%-й раствор калия хлорида и проводили опыты по аналогичной методике. При этом парамеции считаются чувствительными в случае замедления движения не менее 4 особей из 5 по сравнению с контролем. Для изучения протективного (антиоксидантного и мембраностабилизирующего) действия исследуемых композиций оценивали их влияние на продолжительность периода активности инфузорий в среде с добавлением токсических веществ: 1%-й раствор водорода пероксида (токсикант, который in vivo расщепляется до перекисных радикалов и повреждает преимущественно липидную часть мембраны) и 14%-й этиловый спирт (токсикант, преимущественно повреждающий белковые структуры биомембраны). Под микроскопом оценивали состояние парамеций по следующим критериям: индифферентность – клетки совершают равномерные броуновские движения; биоактивность – движения клеток изменены: биоцидность-50 – погибло около 50% клеток, биоцидность-100 – гибель 100% клеток. Для подсчёта числа инфузорий использовали гемоцитометрический способ (камера Горяева).

Самцов крыс линии Вистар массой 180–200 г содержали в стандартных условиях по 3–4 особи в клетке с контролируемыми режимами температуры (24°С) и освещения (в течение 12 ч), со свободным доступом к воде и пище. Все животные перед экспериментом проходили карантинный период продолжительностью 21 день. При проведении эксперимента на животных были соблюдены все этические правила и нормы по отношению к ним.

Раневой процесс воспроизводили на модели линейной кожной раны, которую наносили под комбинированным наркозом – ксилазина гидрохлорид (3 мг/кг), эфир диэтиловый. Кожу спины разрезали до собственной фасции. Длина разреза составила в среднем 25 мм. Затем на равном расстоянии от краев раны накладывали 1 шов, сближающий края раны. Для удобства последующего измерения размеров ран швы накладывались с таким расчетом, чтобы эпителий боковых краев раны не соприкасался, и в этом случае эпителизация происходила от конечных краев раны. Оценку ранозаживляющего действия проводили по характеру клинического течения (наличия нагноения, времени полного отторжения струпа, времени и динамике полного срастания краев раны) на 4, 8, 12, 16, 20 дни наблюдения. В исследовании использовали фитогель оригинального состава на основе чабреца, который наносили на рану 1 раз в день ежедневно в течение 20 дней.

Материал для гистологического исследования брали на 25 сутки после нанесения линейной раны. Образцы кожи брали таким образом, чтобы в поле зрения попадал, как участок поврежденной кожи, так и соседний неповрежденный участок. Эти участки рассматривались как интактные для сравнения с поврежденными.

Полнослойный фрагмент кожи иссекали в области раны, фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина и затем заливали в парафин по стандартной методике. Срезы толщиной 5–6 мкм окрашивали гематоксилин-эозином, а также пикрофуксином по Ван Гизону для выявления коллагеновых волокон.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты изучения биологической активности пяти экспериментальных фитокомпозиций в остром (продолжительность сохранения двигательной активности парамеций после добавления клеточных ядов) и хроническом (темп роста парамеций) опытах представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экспресс-оценка биологической активности экспериментальных фитокомпозиций в остром и хроническом опытах

Объект исследования	Количество парамеций в 0,05 мл через 3 суток (при исходном 4–5 в 0,05мл)	Размер парамеций (мкм)	Характер движения (биологическая активность)	Время остановки парамеций в 14% этаноле, мин	Время остановки парамеций в 1%-м р-ре H_2O_2, мин
Композиция №1	> 100	148 ± 11	-*	13,3 ± 0,4	3,4 ± 0,1
Композиция №2	> 100	142 ± 9	-*	14,1± 0,1	5,2 ± 0,2
Композиция №3	> 100	147 ± 9	-*	15,3 ± 0,5	5,8 ± 0,3
Композиция №4	> 200	151 ± 16	-*	17,8 ± 0,7	7,1 ± 0,5
Композиция №5	> 100	146 ± 11	-*	15,9 ± 0,4	4,6 ± 0,2
Контроль	40–50	145 ± 11	-*	8,9 ± 0,3	2,4 ± 0,1

Примечание. * – отсутствие биологической активности, инфузории совершают хаотичные броуновские движения.

Клетки парамеций в опытных группах (культуральная среда: очищенная вода с добавлением испытуемой комбинации) по размеру и форме не отличались от клеток контрольной группы (культуральная среда: очищенная вода). Кроме того, инфузории в среде, содержащей четвертую фитокомпозицию, отличались значительно более

высокой подвижностью, чем в контроле. Результаты хронического опыта свидетельствует, что экспериментальные композиции являются экологически благоприятными для выбранной биологической модели. Также установлено, что фитокомпозиции существенно и статистически значимо ($p < 0,05$) удлиняли период сохранения двигательной активности инфузорий от момента добавления токсиканта до их остановки.

Таким образом, предварительный скрининг на Parametium caudatum показал что, наиболее благоприятной для используемой биологической модели оказалась композиция №4, под воздействием которой заметно повышалась двигательная активность и частота деления клеток парамеций, в результате чего к третьим суткам их количество превосходило контроль в 5 раз. Кроме того, композиция № 4 оказывала максимальные мембраностабилизирующий и антиоксидантный эффекты, что проявлялось в статистически значимам удлинении времени остановки движения парамеций под воздействием спирта этилового (в 2 раза) и перекиси водорода (в 3 раза).

В дальнейшем экспериментальная композиция № 4 была использована для создания фитогеля, репаративные свойства которого были изучены на модели линейной кожной раны у крыс (табл. 2). Все животные были разделены на три группы: контрольная группа (без лечения), опытная группа (лечение фитогелем) и группа сравнения (лечение мазью «левомеколь»).

Таблица 2

Влияние разработанного фитогеля на время заживления линейной кожной раны

Исследуемый объект	Средний линейный размер раны, мм					
	исходный	на 4 день	на 8 день	на 12 день	на 16 день	на 20 день
Контрольная группа ($n = 7$)	26,6 ± 1,3	22,9 ± 0,6	17,8 ± 1,7	5,3 ± 0,5	3,1 ± 0,6	1,3 ± 0,7
Группа сравнения ($n = 7$)	28,0 ± 1,0	22,0 ± 1,1	17,6 ± 1,1	4,3 ± 0,7	2,7 ± 0,5	0
Опытная группа ($n = 7$)	25,1 ± 1,4	19,8 ± 1,4	15,2 ± 1,1	2,7 ± 0,5	1,4 ± 0,5	0

Визуальные наблюдения показали, что заживление линейной раны было более интенсивным в группе животных, подвергавшихся лечению фитогелем. Уже на 12 послеоперационные сутки происходило значительное уменьшение раневой поверхности и отечности у опытных животных, по сравнению с контрольной группой, не подвергавшейся никакому воздействию. Средний размер линейной раны в опытной группе статистически значимо ($p < 0,05$) был почти в 2 раза меньше, чем в контроле. В группе сравнения, как и в контроле, наблюдали уменьшение размера линейной раны, однако при данном количестве животных различия статистически незначимы (4,3мм и 5,3 мм). Как известно, 15–20 сутки соответствуют третьей фазе заживления ран – фазе формирования рубца и его эпителизации. По нашим наблюдениям, на 20 сутки в опытной группе и группе сравнения животных раны были очищены от струпа, рубец полностью эпителизирован и покрыт волосяным покровом в отличие от контроля, где и на 22 сутки еще сохранялся струп. В контрольной группе полное заживление ран наблюдалось к 24 суткам.

На 25 день были взяты образцы для гистологического исследования. Результаты гистоморфологического исследования представлены на рис. 1–4. Макроскопически к 25 дню отмечалось полное заживление ран во всех группах. Поверхности линейных ран очищены от струпа. Кожные рубцы на данный день после операции были различимы с трудом, особенно в опытной группе.

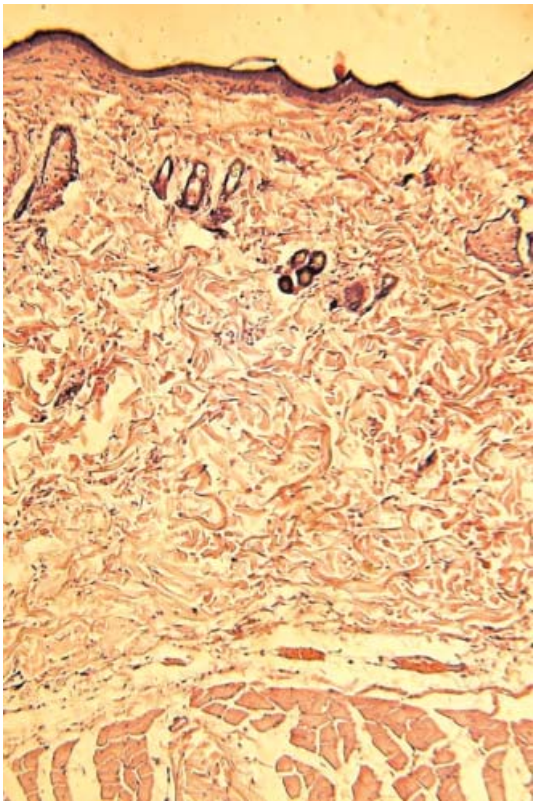


Рис. 1. Срез кожи крыс до повреждения (окраска гематоксилин-эозином, увеличение ×400)

На рис. 2 представлена окраска среза кожи крысы контрольной группы (без лечения) по Ван Гизону. В интактной зоне коллагеновые волокна отличаются значительной толщиной и расположены рыхло. В области заживления линейной раны наблюдается формирование грануляционной ткани, в которой коллагеновые волокна заметно тоньше, достаточно плотно прилегают друг к другу, менее интенсивно окрашены. Сохраняется большое количество капиллярных сосудов, в которых содержатся эритроциты. Наличие сосудов свидетельствует о незрелости образовавшегося рубца.

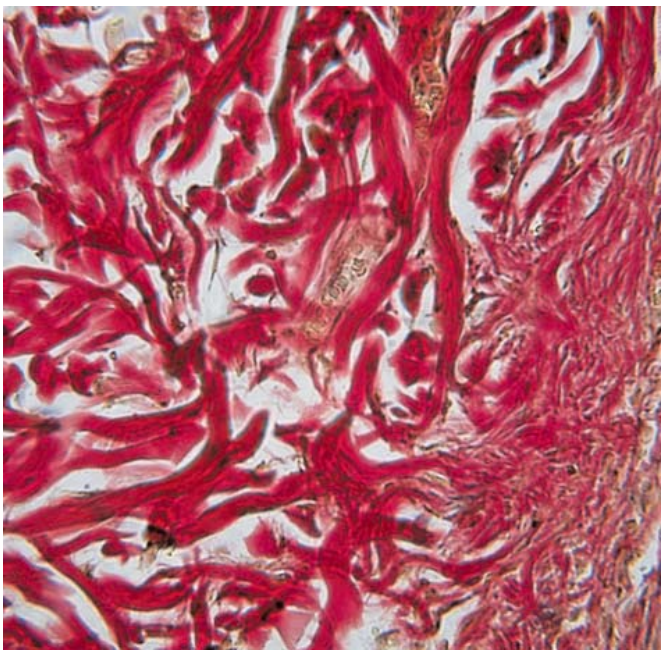


Рис. 2. Срез кожи крысы контрольной группы (без лечения), окраска по Ван Гизону (увеличение ×800), фрагмент рубца (справа)

Микроскопически к 25 дню в опытной группе имела место полная эпителизация раневой поверхности (рис. 3). В контроле (рис. 4) микроскопически видны легкая борозда и незавершенная регенерация эпителия в зоне консолидации краев раны. В контрольной группе, в отличие от опытной, под эпителием и в структуре рубца отмечались очагово-диффузные воспалительные инфильтраты.

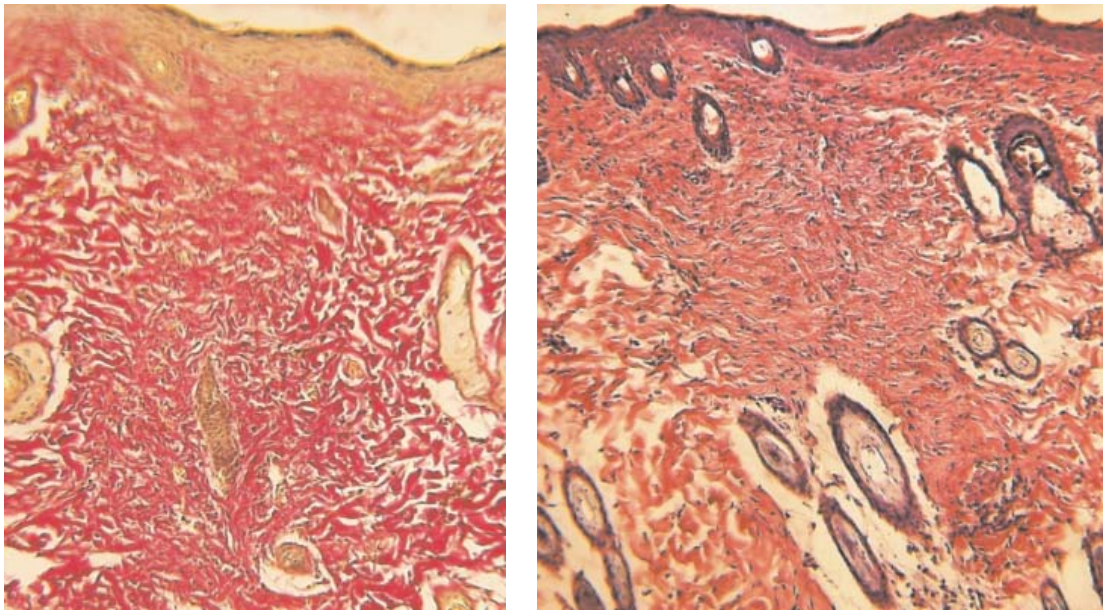


Рис. 3. Фитогель, окраска по Ван Гизону и гематоксилин-эозином

Площадь зоны рубца и количество сосудов капиллярного типа в ней в срезах кожи животных контрольной группы (рис. 4) были значительно больше, чем у животных опытной группы (рис. 3). Отмечены различия в глубине проникновения рубцовой ткани. В опытной группе (несмотря на одинаковую глубину нанесения раны) к 25 дню рубец заканчивался на уровне волосяных фолликулов, тогда как в контроле грануляционная ткань распространялась глубоко в дерму до границы с подкожно-жировой клетчаткой.

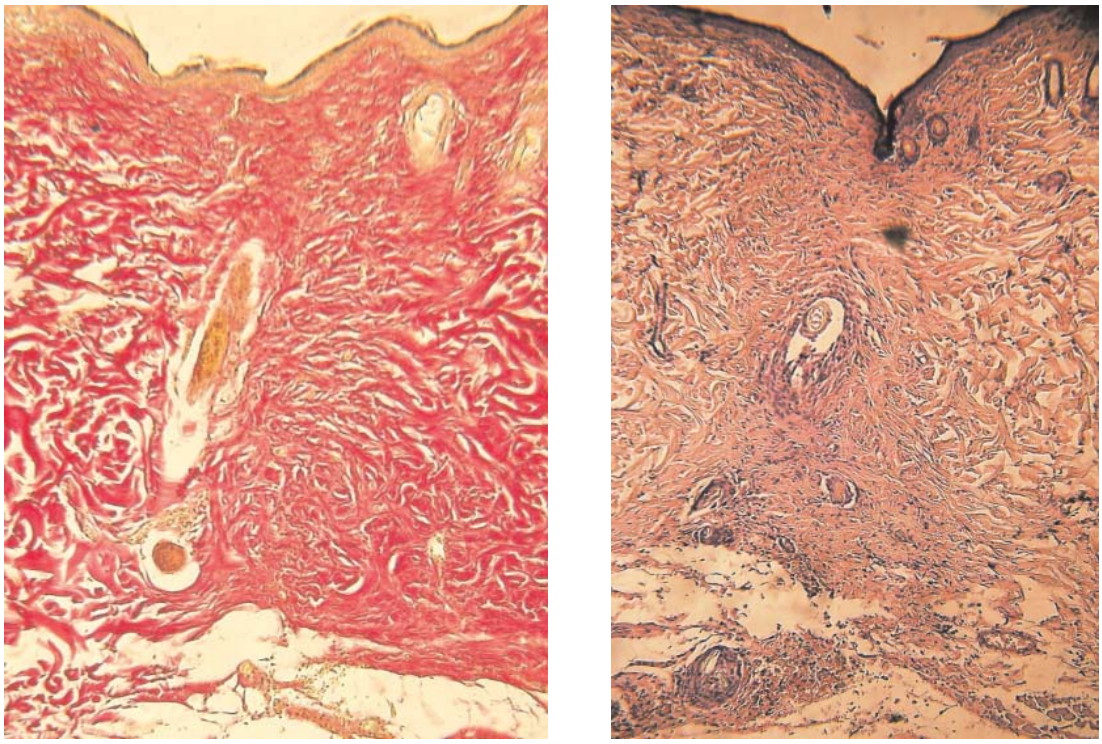


Рис. 4. Контрольная группа (без лечения), окраска по Ван Гизону и гематоксилин-эозином

В контроле на границе рубца с неповрежденной тканью сохранялась сосудистая зона грануляционной ткани, что свидетельствует о незавершенности формирования рубца. Кроме того, на границе проникновения рубца в дерму имела место зона воспаления (васкулиты). Количество клеточных элементов преобладает над волокнистыми. В опытной группе признаков воспаления нет, отмечается запустевание сосудов, в структуре рубцовой ткани отмечается преобладание волокнистых элементов над клеточными, что говорит о завершении созревания рубца.

Число структурных образований, характерных для нормальной кожи (волосяных фолликулов и сальных желез), было заметно больше в опытной группе по сравнению с контрольной.

Выводы

1. Наиболее благоприятной в экологическом отношении для Parametium caudatum оказалась фитокомпозиция № 4, которая оказывала максимальные мембраностабилизирующий и антиоксидантный эффекты.

2. Фитогель оригинального состава на основе композиции № 4 обладает репаративными свойствами, не уступающими препарату сравнения.

3. Воздействие фитогеля приводило к изменению динамики морфологических характеристик процесса регенерации кожных ран. Согласно макроскопическим и гистологическим критериям зрелости рубца (степень эпителизации, соотношения клеточных и волокнистых элементов соединительной ткани, степень выраженности и инволюции сосудистого компонента грануляционной ткани и др.), фитогель способствует более быстрому заживлению линейной раны (регенерации кожи), формированию и созреванию рубца.

Список литературы

1. Алексеева И.В. Разработка лекарственных форм для лечения ран / И.В. Алексеева // Фармация. – 2003. – № 2. – С. 43–46.

2. Воспроизведение потомства парамеций и млекопитающих при различных величинах окислительно-восстановительного потенциала среды/ Е.Б. Сабитова, К.М. Резников, А.Д. Брездынюк// Научные Ведомости БелГУ. Серия Медицина. Фармация. – 2012. – №4(123). – Вып.17/1. – С. 219–222.

3. Исследования по разработке состава мази для лечения раневого процесса / Т.Е. Рюмина, И.В. Алексеева, В.И. Панцуркин, Л.Н. Шмакова // Санкт-Петербургский научный Форум. – 2003: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – СПб., 2003. – Т. 2. – С. 46–47.

4. Кудрин, А.Н. Система экспресс-методов интегральной оценки биологической активности индивидуальных и комплексных препаратов на биологических объектах / А.Н. Кудрин, В.В. Ананин, В.Ю. Балабьян // Рос. Хим. журн. – 1997. – Т. 41. – № 5. – С. 114–123.

5. Опыт применения нового препарата при лечении раневого процесса / С.Х. Кичемасов, Е.К. Гуманенко, В.В. Воробьев, И.В. Алексеева и др. // Новые технологии в диагностике и лечении хирургической инфекции на основе доказательной медицины: материалы VI Всерос. конф. с междунар. участием «Раны и раневая инфекция». – М., 2003. – С. 55–57.

References

1. Alekseeva I.V. Razrabotka lekarstvennich form dlya lecheniya ran / I.V. Alekseva// Pharmaciya. 2003. no. 2. pp. 43–46.

2. Vosproizvedenie potomstva paramecii I mlecopitayushich pri raxlichnich velichinach okiskitelno-vosstanovitelnogo potenciala sredi/ E.B. Sabitova, K.M. Reznikov, A.D. Brezdinyuk// Naychnie Vedomosti BelGU. 2012. no. 4(123). 17/1. pp. 219–222.

3. Issledovaniya po razrabotke sostava mazi dlya lecheniya ranevogo processa/ T.E. Ryumina, I.V.Alekseeva V.I. Pancurkin, L.N. Shmakova// Sankt-Peterburgskii nauchnii forum. 2003: materiali III Megdunar. naych.-prakt. conf. molodich uchenich. P-Pb, 2003. T.2. pp. 46–47.

4. Kudrin, A.N. Sistema express-metodov integralnoi ocenki biologicheskoi activnosti individualnich I kompleksnich preperatov na biologicheskich objektach/ A.N. Kudrin, V.V. Ananin, V.U. Balabyan // Ros. Chim. Jurn. 1997. T.41. no. 5. pp. 114–123.

5. Opit primeneniya novogo preparata pri lechenii ranevogo processa/ S.C. Kichemasov, E.K. Gumanenko, V.V. Vorobjov, I.V. Alekseeva I dr. // Novie technologii v diagnostike I lechenii chirurgicheskoi infekcii na osnove dokazatelnoi medicine: materiali VI Vseros. Conf. s megdunar. Uchastiem «Rani I ranevaya infekciya». Moskow, 2003. pp. 55–57.

Рецензенты:

Степанова Э.Ф., д.фарм.н., профессор, профессор кафедры технологии лекарств ПятГФА, г. Пятигорск;

Шевченко А.М., д.фарм.н., профессор кафедры технологии лекарств ПятГФА, г. Пятигорск.

Работа поступила в редакцию 25.09.2012.

УДК 37.0+17

ОБРАЗОВАНИЕ КАК СТАНОВЛЕНИЕ ДУХОВНОГО ЧЕЛОВЕКА

Кузнецова А.Я.

Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, e-mail: Phileducation@yandex.ru

В философской и психолого-педагогической науках одновременно с проблемой познания реального человека становится актуальной проблема осмысления образования как процесса становления человека. Исторически непрерывно при смене поколений происходят взаимообусловленные обновление общества и индивидуальное обновление человека. Богатство природы человека состоит в том, что в каждом конкретном обществе, в конкретную эпоху актуализируются соответствующие им природные задатки индивидов, которые являются источником духовных основ общества. В то же время духовное состояние общества накладывает отпечаток на духовное становление индивида, его образование. От системы образования, от специально организованной образовательной среды зависит то, насколько новый человек будет подготовлен для адаптации к современному быстроизменяющемуся научно-техническому обществу. Для наилучшего включения в общество индивиду нужны как компетенции, так и личностное духовное развитие. Основанием для создания современного научного образа человека служит осмысление реального процесса образования современного человека в философии нового гуманизма и наиболее общих теориях современной психологии личности.

Ключевые слова: философия образования, индивид, личность, интеллект, интеллектуальная рефлексия, саморазвитие, гуманизм, гуманизация, интеллектуализация

EDUCATION AS THE FORMATION OF THE SPIRITUAL MAN

Kuznetsova A.Y.

Novosibirsk State Pedagogical University Novosibirsk, e-mail: phileducation@yandex.ru

In the philosophical and psychological-pedagogical science simultaneously with the problem of knowing the real person solved the problem of thinking of education as a process of becoming human. Historically, the continuous change of generations occur when interdependent renewal of society and individual renewal rights. The richness of human nature is that in any given society, the natural inclinations of individuals are the source of the spiritual foundations of society. At the same time, the spiritual condition of society has an impact on the spiritual formation of the individual, his education. Then, as the new man will be ready to adapt to the rapidly changing modern society depends on the education system, from a specially organized educational environment. For the best possible inclusion in the society to the individual need not only competence, but also the personal spiritual development. The basis for the creation of the modern scientific image of man found in the philosophy of new humanism and the most common theories of modern psychology of personality.

Keywords: philosophy of education, individual, personality, intelligence, intellectual reflection, self-development, humanism, intellectualization

Основными задачами философии образования остаются выяснение содержания понятия «образование» и осмысление практической цели образования. В современной науке философия образования проявляет себя как новая область научного знания. Её формирование вызвано рядом научных проблем. На первый план выходит проблема необходимости усиления интегративных процессов в науке. Противоположный интеграции процесс роста количества научных направлений происходит за счёт всё более узкой специализации. Методологический недостаток предметной специализации состоит в нарушении целостности научных исследований за рамками данной предметной области. Для объективности результатов исследования необходимо, наряду с углублением предмета исследований, совершенствовать интегральные методы, позволяющие строить целостную картину объекта научного исследования. Философия образования – это такая научная область, перед которой можно ставить задачи интегрирующего характера, центром интеграции в которой является сам целостный человек.

Во-вторых, формирующаяся современная философия образования призвана разработать концептуальные основания, необходимые для решения конкретных проблем образования. Для адаптации в процессе согласования с современным быстроизменяющимся научно-техническим обществом человеку нужны соответствующие способности. Эти способности даны ему природой как задатки, но для их развития необходима системно-образовательная среда, временная структура которой согласована со стадиями развития способностей индивида. Названные проблемы согласования современного человека и общества требуют философской рефлексии.

Фундаментальные основания философии образования имеют свой генезис. Так, Максом Шелером разработана концепция, в которой образование человека трактуется как гуманизация, то есть, согласно его трактовке, гуманизация и есть само образование человека в обществе: «Нет человека как

вещи, – даже как относительно константной вещи, – но есть лишь вечная «возможная», в каждый момент времени свободно совершающаяся *гуманизация,* никогда, даже в историческое время, не прекращающееся становление человека. Человек есть существо *возвышенное и возвысившееся* в самом себе над всей жизнью и ее ценностями (да и над всей природой в целом), – существо» [5], «Вечно новое и растущее «становление человека» в этом точном смысле – гуманизация, которая есть одновременно самообожение и со-осуществление идеи божества, … именно самообожение, что означает в то же время со-осуществление вечно лишь «сущей как сущность». Образование – это не «учебная подготовка к чему-то», к профессии, специальности, ко всякого рода производительности, и уж тем более образование существует *не ради* такой учебной подготовки. Всякая учебная подготовка «к чему-то» существует для образования, лишенного всех внешних «целей» – для самого духовно сформированного человека [5].

В образовании человека принимают участие его природа, наделенная индивидуальными чертами, и общество. Для того чтобы в процессе образования человек становился существом духовным и духовно-возвышенным, необходимо, чтобы само общество было гуманизированным, сформированным сообразно духовной природе человека. В 1924 году С.Л. Франк так определил современное ему состояние человечества: «Мы живем в эпоху глубочайшего безверия, скепсиса, духовной разочарованности и охлаждённости» [4, с. 17]. «Мы не знаем, чему мы должны служить, к чему нам стремиться и чему отдавать свои силы. Именно это сочетание духовного безверия с шаткостью и бурностью стихийного исторического движения образует характерное трагическое своеобразие нашей эпохи… Мутные, яростные потоки стихийных страстей несут нашу жизнь к неведомой цели; мы не творим нашу жизнь, но мы гибнем, попав под власть непросветленного мыслью и твердой верой хаоса стихийных исторических сил» [4, с. 17].

Свою эпоху Франк называет «самой многосведующей», в то же время эта эпоха пришла «к сознанию своего полного бессилия, своего неведения и своей беспомощности» [4]. Состояние бессилия, неведения и своей беспомощности знакомо и современному человеку. «В таком духовном состоянии самое важное – не забота о текущих нуждах и даже не историческое самопознание; самое важное и первое, что здесь необходимо, – это усилием мысли и воли преодолеть усиливающееся наваждение скептицизма и направить свой взор на вечное существо общества и человека… Мы должны вновь проникнуться сознанием, что есть, подлинно есть вечные незыблемые начала человеческой жизни, вытекающие из самого существа человека и общества, и попытаться вспомнить и понять самые основные и общие из этих начал» [4, с. 17].

Образование современного человека осуществляется в условиях научно-технической информационной цивилизации, образовательная среда которой всё более теряет компоненты духовности и характер духовной целостности. Одним из сильных факторов дегуманизации общества становятся некачественные интеллектуальные проекты.

Чтобы образование человека осуществлялось как его гуманизация, то есть, для того, чтобы человек становился человеком, формируясь в условиях научно-технической информационной цивилизации, важными и действенными в настоящих условиях становятся два фактора:

1 – гуманизация общества, то есть гуманизация среды образования человека;

2 – воспитательное воздействие на индивида с целью направления его на путь самоконтроля и личностного самообразования.

Второй путь предполагает воспитание в процессе образования индивида с развитыми интеллектуальными способностями, позволяющими ему, с помощью механизмов рефлексии, самопознания контролировать траекторию своего личностного развития, обеспечивая соответствующее природе духовное формирование индивида.

Несмотря на то, что общество и индивид – два самостоятельных природных явления, сложная связь между ними, природа отношения индивид-общество требует осмысления их совместно как одного целого явления. На единство сущностей человека и общества указывают исследования духовно-психических процессов. Так, мышление – явление коллективное, в то время как рождение мысли совершается в голове отдельного индивида, аналогично, именно индивид является источником духовной энергии, притом, что духовная жизнь есть явление коллективное. В результате такой связи духовное становление нового человека в процессе его образования обеспечивает духовное обновление всего общества. Согласно данной концепции гуманизация образования и общества начинается с личностного развития и становления индивидов.

Полученное в результате философской рефлексии и основанное на исследованиях психологии понятие «личность» [6] позво-

ляет выяснить и уточнить цели современного образования. Подчеркивая социальную обусловленность личности, следует отметить, что современная психология личности предполагает, что в процессе социализации индивид не является лишь пассивным объектом внешнего воздействия. Образовывающийся человек активен и относительно независим. Личностное становление индивида в общественной среде совершается при условии его субъективной активности.

Философские основания отечественных исследований XX века разнородны и отражают отдельные аспекты теории личности, такие, как: «самоопределение личности в группе» (А.В. Петровский), «устойчивость и автономия личности» (В.Э. Чудновский), «неадаптивность в индивидуальной деятельности и социуме» (В.А. Петровский), «самодвижение деятельности» (А.Н. Леонтьев), «выход личности из кризисных ситуаций» (Б.С. Братусь), «смыслообразование» (А.Н. Леонтьев, А.Г. Асмолов), «психологическое время личности» (А.А. Кроник). Разнообразие философско-социологических и естественнонаучных предпосылок привело к созданию подходов рассмотрения личности, плохо совмещаемых друг с другом, что ведет к дальнейшей потере «целостности» личности.

Наряду с этим в современных исследованиях теории личности наблюдается тенденция к объединению. В некоторой единой наиболее приемлемой парадигме психолого-педагогических представлений о личности нуждаются теория и практика образования. В настоящее время в теории образования складывается педагогическая система знаний о личности, методологическую основу которой составляет современная философия образования, сохраняющая рационализм и в то же время переходящая на позиции неклассической и постнеклассической науки. Эта система позволит дополнить общенаучную картину мира знаниями о человеке и о его динамичном становлении в обществе и совместно с обществом.

Исторически развивающаяся идея гуманизма содержит в себе наиболее актуальные философские положения, необходимые для формирования образа современного человека. В эпоху Возрождения и в Новое время развивался гуманизм как особое философское направление и сопряженная с ним интеллектуальная традиция. Романтизм обогатил человека вечно обновляемым миром и в то же время лишил образ человека целостности, открывая возможность самопознания. Порождая идею самодостаточности, модернизм обогащает и поле проблем. Это только обостряет противоречие между индивидуальной самостоятельностью человека и обществом. В первой половине XX в. философия постмодернизма, отражая первые симптомы кризиса личности, обнаруживает опасные признаки тотального поглощения индивидуальности социумом, нарастания иррациональности общественной жизни.

Философия сегодняшнего дня, оформляющаяся как постмодернизм, использует элементы классической и неклассической традиций для выявления условий реализации духовных возможностей индивидов в процессе жизни в обществе на основе *самопознания* и саморазвития индивида, изучения им собственных духовных задатков и развития своих личностных качеств в информационном научно-техническом обществе.

Современные научные концепции утверждают личность целью и ценностью гуманистически-ориентированного общества [1]. Дальнейшая разработка соответствующей концепции психолого-педагогического образа современного человека дает возможность ответить на вопрос: остается ли ценностью интеллектуальное развитие человека?

В полезности интеллектуального развития стали сомневаться в связи с надвигающейся глобальной экологической катастрофой, с развитием многочисленных кризисных явлений. Обратить «просвещенное внимание» при поиске путей выхода из кризиса на внутренний мир человека, на его душу призвали ученые в середине XX века. К.Г. Юнг считал, что ключ к решению задачи состоит в том, что интеллект и душа человека едины. Интеллект более ограничен, чем душа, и заключен в ней. «Все высказывания, какие вообще мыслимы, возникают в душе. Они возникают, между прочим, как динамический процесс...» [6, с. 297]. Восстанавливая права человека на его душу, Юнг не указывает на то, что для полноценного личностного развития человеку необходимо самопознание, а оно совершается, как и любое познание, с помощью интеллекта.

Сказанное выше определяет основания гуманистического образа современного человека. Личностное становление индивида в общественной среде совершается при условии его духовной и, в частности, интеллектуальной активности.

Общее современных философского и психолого-педагогического подходов состоит в том, что личность рассматривается в системе общественных отношений, сквозь призму выполнения социальной роли на основе естественнонаучного анализа ее природы. Для освоения личностного подхода в образовании существенно понимание того, что реализация духовного потенциала

индивида сопряжена с его социализацией. Дегуманизация образования, в указанном контексте, состоит в преобладании тех процессов социализации, которые ведут к подавлению, угнетению активности субъекта. Последнее ведет к ухудшению, искажению и самого процесса социализации. Образование современного конкретного человека требует динамичного согласования целей формирования социального индивида и сохранения субъективных качеств носителя индивидуальной природной активности.

В современной отечественной философии вопросы образования человека составляют широкое проблемное поле философии образования. В рамках этой науки вырисовываются отдельные аспекты: аксиологический, гносеологический, социальный, онтологический, психологический и др.

Аксиологический аспект гуманистической философии образования состоит в признании человека, его природосообразного развития в условиях общества первейшей ценностью. Гносеологический аспект современной гуманистической философии образования проявляется в характере познавательного взаимодействия человека с природой. В процессе познания человек выделяет себя из природы, становясь субъектом исследования объективной реальности. В результате такого выделения исследователя как субъекта, согласно Мартину Хайдеггеру, появляется необходимость в последующей гуманизации объекта. В дальнейшем процессе познания человек в своем сознании строит объективную научную картину мира, которая со временем заменяет ему реальность. Гуманизировать полученную картину мира – значит вернуть в неё человека, учесть роль исследователя в результатах исследований и сделать самого исследователя их объектом.

Социальный аспект гуманистической философии образования состоит в том, что развитие индивида в соответствии с его природой приводит к духовному обновлению общества. Необходимость согласования развития личности с характером развития научно-информационного общества требует усиления внимания в процессе образования к тем качествам личности, которые обеспечивают оптимальную адаптацию нового молодого человека к особенностям социальной действительности. Исследования теории образования и образовательной деятельности, основанные на представлениях о личности, ее духовном потенциале становятся всё более актуальным предметом философии образования.

Онтологические положения гуманистической философии образования основываются на выяснении природных качеств человека, сущность которых не должна быть искажена в процессе целенаправленного формирования человека в условиях современного общества. Среда информационной научно-технической цивилизации, в которой индивид получает свое образование сегодня, во многом приобрела искусственный характер. Социо-онтологический аспект гуманистической философии образования позволяет увидеть, отвечает ли образовательная среда, предоставленная современной цивилизацией, природе человека в стадии его формирования**.**

Для решения проблемы духовного становления человека важен психологический подход. Современная гуманистическая психология утверждает, что личностью может быть каждый человек. Но, если индивидуальностью рождаются, то для того, чтобы стать личностью, индивиду необходимо пройти становление в обществе. Процесс становления продолжается в течение жизни личности. Личность, как её трактует современная психология, – это динамическое состояние человека, требующее индивидуальной духовной работы.

Во второй половине XX – начале XXI веков в исследованиях проблем образования представление о необходимости личностного развития становится общепринятым. Поскольку личностное развитие и самоутверждение индивида совершается на основе самопознания, для которого необходим интеллект, то и для осуществления на практике гуманистического подхода в образовании необходим достаточно высокий уровень интеллектуального развития индивида и общества. Наше исследование подтверждает положение о центральной роли интеллектуального развития в целенаправленном формировании целостной личности. Такая позиция последовательно задает гуманистический характер философским взглядам на образование.

Особенность современного этапа состоит в том, что существующий в настоящее время уровень интеллектуального развития общества, массовость включения индивидов в интеллектуальные системы делает интеллектуальное развитие индивида ведущим фактором его духовного становления [2].

Проблема интеллектуализации образования, разрабатываемая в отечественной философии со второй половины XX века, напрямую связана с проблемой духовного становления современного человека. Идея интеллектуализации состоит в том, что путь к дальнейшему развитию общества лежит через раскрытие «невостребованной» доли суммарного интеллекта индивидов, состав-

ляющих общество. При решении данной проблемы предполагается, что интеллектуализация образования приведет к интеллектуализации общества. Понятие «интеллектуализация образования» введено в науку И.С. Ладенко [3]. Уточняя это понятие, он настаивал на том существенном замечании, что «интеллектуализация» не означает внесения интеллекта извне, а представляет собою раскрытие возможностей интеллектов, включенных в обучающую интеллектуальную систему, а именно – интеллектов обучаемых и обучающих. То, что формирование интеллекта происходит в процессе осознанного, рефлексируемого обучения, обусловлено естественной природой человека.

Духовное развитие и духовное становление современного человека становится возможным только при условии индивидуального самосознания и рефлексии. Работы К.Г. Юнга по психологии, философские труды И.С. Ладенко и другие современные исследования предоставляют основания рассматривать образование современного человека, человека информационной научно-технической цивилизации как целостное духовное становление индивида с учетом соответствующего интеллектуального развития.

Список литературы

1. Кузнецова А.Я. Гуманистическая философия образования: комплексная концепция // Философия образования. – 2006. – № 15. – С. 43–50.

2. Кузнецова А.Я. Психолого-педагогические образы современного человека // Человек: философская рефлексия. Границы философских дискурсов. – Барнаул, 2008. – С. 105–108.

3. Ладенко И.С. Диалоговое мышление и организация интеллектуальных систем // Проблемы эффективного включения человека в интеллектуальные системы. – Новосибирск, 1992. – С. 5–18.

4. Франк С.Л. Духовные основы общества. – М.: Республика, 1992. – 511 с.

5. Шелер М. Формы знания и образование / Избранные произведения. – М., 1994. – http://anthropology.rinet.ru/old/library/sheler3.htm.

6. Юнг К.Г. Поздние мысли// Собрание сочинений. – Т.15. – М.: Ренессанс, 1992. – С. 271–303.

References

1. Kuznetsova A.I. *Filosofija obrazovanija,* 2006, no. 15, pp. 43–50.

2. Kuznetsova A.I. *Chelovek filosofskaja refleksija Granicy filosofskih diskursov*. (Man: philosophical reflection. The boundaries of philosophical discourse). Barnaul, 2008, pp. 105–108.

3. Ladenko I.S. *Problemyjeffektivnogovkljucheniechelove kavintellektual'nyesistemy (*The effective inclusion of rights in intellectual systems). Novosibirsk, 1992, pp. 5–18.

4. Frank S.L. *Duhovnye osnovy obwestva* (Spiritual foundations of society). M.: Republic, 1992, 511 p.

5. Scheller M. *Formy znanija i obrazovanie Izbrannye proizvedenija.* (The forms of knowledge and education/ Selected Works). M., 1994, http://anthropology.rinet.ru/old/library/sheler3.htm.

6. Jung C.G. *Pozdnie mysli Sobranie sochinenij* (Late thoughts/ Collected Works).T.15. M.: Renaissance, 1992. pp. 271–303.

Рецензенты:

Майер Б.О., д.филос.н., проректор по научной работе Новосибирского государственного университета, г. Новосибирск;

Пушкарёва Е.А., д.филос.н., директор Института детства, Новосибирского государственного университета, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.

УДК 678.06

ПОЛУЧЕНИЕ ВОЛОКОН ИЗ ВТОРИЧНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ ЦЕНТРОБЕЖНО-ФИЛЬЕРНЫМ СПОСОБОМ

[3]Кулага И.Г., [1]Маланова Н.В., [2]Бордунов С.В., [4]Жиганов А.Н., [1]Косинцев В.И.

[1]НИ ТПУ, Томск;

[2]ООО НВП «Эчтех», Томск, e-mail: bvv@academ.tsc.ru;

[3]Филиал 46 ЦНИИ МО РФ, Мытищи;

[4]СТИ НИЯУ МИФИ

Предложен центробежно-фильерный способ получения волокон из полимерных отходов, который позволяет получать волокна из флека с прочностью, близкой к прочности текстильных волокон из первичного сырья. Достоинством метода является отсутствие необходимости мойки и сушки флека. Способ изучали экспериментально, методом моделирования конструкции реактора на расплавах полипропилена. Исследовали влияние геометрических размеров реактора, температурного режима реактора при его вращении, геометрии внутренней полости реактора, диаметра отверстий фильер, шага между центрами отверстий и числа параллельных рядов отверстий фильер на производительность реактора и качество получаемого волокна с учетом увеличения диаметра струи расплава неньютоновской жидкости на некотором удалении от среза фильеры. На реакторах были получены волокна из полипропилена, полиэтилена, полиэтилентерефталата, полистирола и смесей этих полимеров в соотношении 1:1:1:1.

Ключевые слова: волокнистые материалы, полимерные отходы, термопласт, центробежно-фильерный способ

PRODUCTION FIBRES FROM RECYCLABLE THERMOPLASTIC BY A CENTRIFUGAL DIE METHOD

[3]Kulaga I.G., [1]Malanova N.V., [2]Bordunov S.V., [4]Zhiganov A.N., [1]Kocintsev V.I.

[1]National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk;

[2]Public Corporation Scientific-innovation enterprise «Echteh», Tomsk, e-mail: bvv@academ.tsc.ru;

[3]Branch 46 CRI Defense Ministry, Mytishchi;

[4]STI NRNU MiFi

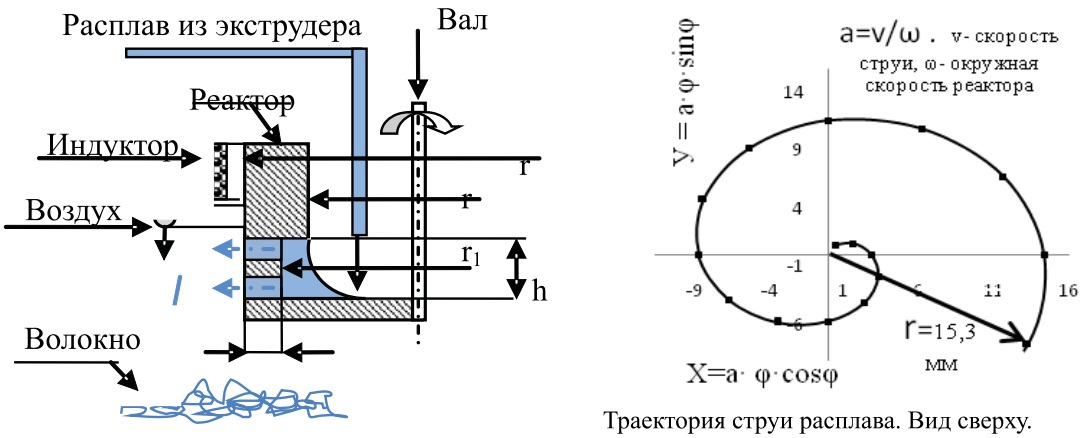
Centrifugal die technique of production fibers from a polymeric waste was suggested. It allows to obtain fibers from flake with the strength close to strength of textile fibers from primary raw materials. Method advantage is lack of a flake sink and drying. Mode was studied experimentally by method of reactor construction modeling with polypropylene melt. Influence of the geometrical sizes of the reactor, a temperature regime at rotation, geometry of reactor internal cavity, diameter of dies openings, a step between openings centers and number of parallel ranks of dies openings on productivity of the reactor and fiber quality. Fibers from polypropylene, polyethylene, polyethylene terephthalate, polystyrene and mixes of these polymers in the ratio 1:1:1:1 were produced in reactors.

Keywords: centrifugal die method, fibrous materials, polymeric materials, thermoplastic

Доля изделий из термопластов в твердых бытовых отходах (ТБО) постоянно возрастает. По данным статистических исследований, доля полимерных отходов (ПО) в ТБО России составляет 7%, в США – 12%. Проблема повторного использования громадных объемов этого ценного вторичного сырья достаточно актуальна. ПО перерабатывают в моторное топливо, сырье для органического синтеза или измельчают во флек для использования в качестве добавок к первичным полимерам. Мы полагаем, что не менее перспективно и направление получения из ПО волокон центробежно-фильерным способом [1, 4]. Способ позволяет получать волокна из флека ПО с прочностью, близкой к прочности текстильных волокон из первичного сырья. Такие материалы могут использоваться в процессах фильтрационной очистки воды и воздуха, в мебельной промышленности, для сбора разлитых нефтепродуктов, в производстве нетканых полотен для теплоизоляции и подстилающего слоя асфальтобетонных покрытий и в других отраслях [2, 3]. Достоинством способа является отсутствие необходимости мойки и сушки флека, так как в конструкции реактора диаметр отверстий фильер составляет 5 и более 1 мм. На рис. 1 схематически приведен центробежно-фильерный способ получения волокон в виде «путанки» из флека. Это техническое решение конструктивно оформлено в виде вращающейся чаши с вертикальной осью вращения и фильерами по периметру донной части. Оси двух рядов фильер с диаметром 5 мм расположены в двух параллельных плоскостях, перпендикулярных к вертикальной оси вращения реактора. Внутри реактора по высоте, занимаемой фильерами, как показано на рис. 1, сделана полость, в которой при вращении собирается слой расплава, создающий под действием центробежных сил перепад давления, движущий поток расплава через фильеры.

Производительность реактора и диаметр получаемых волокон определяются числом и диаметром отверстий фильер, скоростью вращения реактора, расходом расплава из экструдера и может варьироваться от долей микрометра до 350 мкм – диаметр волокон, прочность на разрыв

и относительное удлинение при разрыве которых позволяют получать нетканое полотно. Траектория движения струи расплава (см. рис. 1) представляет собой спираль Архимеда, с началом координат в центре отверстия фильеры на внешней поверхности реактора. При скорости вращения реактора 146,6 $с^{-1}$ струя расплава достигает точки встречи с потоком воздуха из кольцевого воздуховода, удаленной от поверхности реактора на 15 мм, после поворота реактора вокруг своей оси на 1 1/3 оборота (480°). Максимально возможная длина пути струи по спирали, пренебрегая снижением скорости движения струи за счет сопротивления воздуха, составляет 60 см.



Траектория струи расплава. Вид сверху.

Рис. 1. Центробежно-фильерный способ получения волокон из термопластов

Процесс формования волокна по способу [1], не имеет аналогов, так как струи расплава закручиваются вокруг горячего реактора по сложной траектории в воздухе, причем температура воздуха снижается от температуры стенки реактора до точки встречи с потоком воздуха, достигая у последней 100–140 °С. Исходя из отсутствия аналогов способ изучали экспериментально, методом моделирования конструкции реактора на расплавах ПП. Исследовали влияние геометрических размеров реактора, температурного режима реактора при его вращении, геометрии внутренней полости реактора, диаметра отверстий фильер, шага между центрами отверстий и числа параллельных рядов отверстий фильер на производительность реактора и качество получаемого волокна с учетом увеличения диаметра струи расплава не ньютоновской жидкости на некотором удалении от среза фильеры. Согласно [5], при отношении длины канала фильеры ($L_ф$) к диаметру фильеры ($d_ф$) < 4 коэффициент разбухания струй K = 2...2,6. В модельном реакторе (r = 70 мм, r_o = 55 мм, L = 5 мм, h = 15 мм, r_1 = 45 мм, два ряда фильер по 44 в ряду, расстояние между центрами отверстий фильер 10 мм), при отношении $L_ф/d_ф$ = 1 экспериментально получено значение коэффициента $K \le 2$.

Максимальный объем расплава в модельном реакторе (V_{max}) определяется как разность объема цилиндра $V_ц = \pi r_o^2 h = 199$ см и объема параболоида вращения с вершиной на дне реактора и радиусом основания, равным r_1 по уравнению

$$V_п = \frac{\pi h\left(d_o^2 - 1/2\, d_{1o}^2\right) r_o^2}{4} = 127{,}76 \text{ см}^3. \quad (1)$$

Тогда объем расплава составит ≈71 $см^3$, а включая ~9 $см^3$ расплава в 84 фильерах ≈ 80 $см^3$. Угловая скорость, при которой 71 $см^3$ ньютоновской жидкости не поднимутся выше уровня h, определяется из соотношения

$$\omega = \frac{2}{d_o} \cdot \sqrt{2gh} = 12 \text{ с}^{-1}. \quad (2)$$

Однако экспериментально полученные данные показали, что для истечения расплава полимеров из реактора, угловая скорость должна быть больше 67 $с^{-1}$, а вершина параболоида вращения при этой скорости лежит много ниже дна реактора. Перепад давления между атмосферным давлением на поверхности параболоида вращения и в слое расплава, граничащем со стенкой реактора с радиусом r_o и высотой h, при максимальной угловой скорости вращения реактора 146,6 $с^{-1}$ определяется из соотношения

$$\Delta P = \rho\omega^2 \frac{r^2 - r_o^2}{2} = 18335 \text{ Па}. \quad (3)$$

Режим движения в фильерах реактора для ньютоновских жидкостей в интервале скоростей вращения 31,5–146,6 $с^{-1}$ турбу-

лентный, так как $Re = \rho \upsilon d/\eta = 615...8636$, а расход, определяемый по уравнению 4, из реактора должен изменяться в пределах от 0,005 до 0,011 м³/с.

$$Q = \beta\left(\frac{\pi d^2}{4}\right) n\omega^2\sqrt{r^2 - r_1^2}, \qquad (4)$$

где n – число отверстий; β – коэффициент отверстия, определяющий суммарные потери напора, принимаемый для истечения ньютоновских жидкостей из таких малых отверстий равным ≈ 0,6.

Однако закономерности течения неньютоновских жидкостей резко отличаются от течения ньютоновских жидкостей из-за низких чисел Рейнольдса вязкоупругих расплавов полимеров. Перепад давления в канале фильеры ΔP состоит из $\Delta P_{вх}$ (перепад давления на входе в фильеру), $\Delta P_{кап}$ (перепад давления в капилляре на сжатие расплавов полимеров) и $\Delta P_{вых}$ – давление на выходе из фильеры, причем $\Delta P_{вых} > P_{атм}$. Согласно [2]

$$\Delta P_{вх} = \Delta P_{вяз} + \Delta P_{эласт},$$

где $\Delta P_{вяз}$ – потери давления, связанные с вязкостью расплава, а $\Delta P_{эласт}$ – потери, связанные с вязкоупругими свойствами расплавов полимеров, и эти потери давления расходуются на запасенную энергию расплава. Потерями давления от реактивного момента действия потока на стенки фильер можно пренебречь, а так как $\Delta P_{вяз}$ составляет менее 5% от $\Delta P_{эласт}$, то $\Delta P_{вх}$ практически полностью расходуется на запас энергии для расширения диаметра струи после фильеры. Таким образом при входе в капилляр расплавы вязкоупругих полимеров ведут себя подобно упругому твердому телу, сжимаясь под $\Delta P_{вх}$ и разжимаясь при $\Delta P_{атм}$. Вязкость расплавов в широком интервале скоростей движения расплавов в каналах фильер увеличивается по степенному закону с ростом отношения $L_ф/D_ф$, Случаи с $L_ф \le D_ф$ в литературе не приводятся.

В основе расчетов течения расплавов полимеров через каналы различной формы лежит экспериментальная оценка перепадов давления по длине канала, которые могут быть измерены только в неподвижных каналах. При вращении реактора такие измерения невозможны. Кроме того, расплав во вращающейся фильере находится под действием бокового давления, вектор которого направлен встречно к направлению вращения реактора, поэтому сжат неравномерно и неравномерно расширяется за пределами фильеры. Величина этого давления для реактора с внешним диаметром 140 мм при угловой скорости 146,6 с$^{-1}$ составляет 3292,8 Па и определяется по известному из гидродинамики уравнению

$$P_{бок} = \beta\left(\frac{G}{g}\right)\cdot\omega^2\cdot\frac{\left(r + r_0\right)/2}{\pi r_ф L}, \qquad (6)$$

где G – вес расплава в фильере; g – ускорение свободного падения; ω – угловая скорость; r = 70 мм; r_0 = 65 мм; π = 3,14; $r_ф$ = радиус фильеры; L – длина фильеры.

В эксперименте над модельным реактором с вышеприведенными размерами устанавливали освещение и зеркало под углом 45° к оси вращения для наблюдения со стороны над расплавом. При расходе расплава из экструдера менее 1,55 г/с (93 г/мин) расплав не поднимается выше полости реактора с диаметром 130 мм и высотой 15 мм. Диаметр получаемого волокна при этом 200–300 мкм с прочностью на разрыв менее 1,3 кг/мм². Область стабильной работы реактора с получением практически однородных волокон отмечена при расходе 1,2–1,4 г/с. Максимальная производительность модельного реактора, с вышеприведенными геометрическими размерами по полипропилену, составила 93 г/мин при температуре 320°С и скорости вращения 146,6 с$^{-1}$. График зависимости диаметра получаемого волокна от расхода расплава приведен на рис. 2.

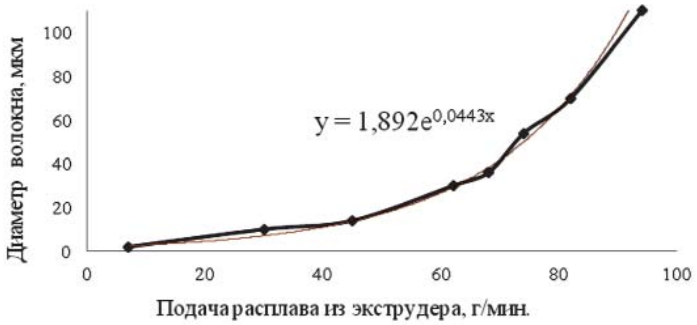


Рис. 2. Зависимость диаметра получаемых волокон от расхода расплава

На рис. 3 показана зависимость диаметра получаемого ПП-волокна от температуры расплава, с увеличением которой по экспоненте уменьшается вязкость расплава. Верхний предел температуры расплава и стенок реактора в этом эксперименте соответствует температуре начала деструкции полипропилена. Как видно из графика, эта зависимость близка к линейной и при большей температуре (меньшей вязкости) воздушный поток разбивает струи расплава на волокна с меньшим диаметром.

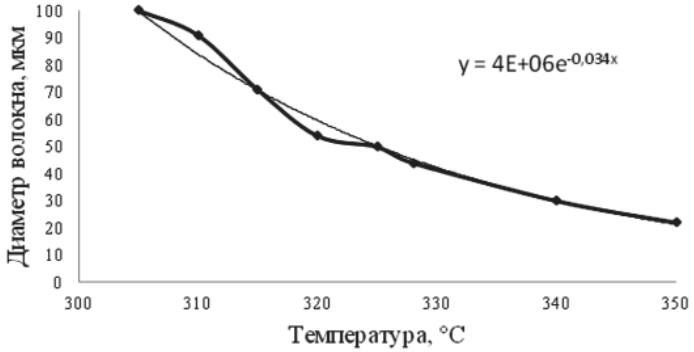


Рис. 3. Зависимость диаметра получаемого волокна от температуры

При увеличении скорости вращения с 67 до 146,6 $с^{-1}$ диаметр волокон в интервале температур 270–320°C снижается в 2,5 раза и практически не зависит от расхода расплава. Важной характеристикой волокна является его механическая прочность и относительное удлинение при растяжении. Эта характеристика во многом определяет область применения полученных волокон, в частности, возможность изготовления из этих волокон нетканых полотен, фильтрующих насадок, использования в мебельной промышленности. Для определения этих характеристик использовали прибор со скоростью растяжения волокна 0,8 мм/с и зажимной длины волокна 5 мм. На рис. 4 изображен график зависимости прочности волокон на разрыв, а на рис. 5 – зависимость плотности упаковки волокон от диаметра и внешней сжимающей нагрузки для полипропиленовых волокон из вторичного сырья. Графики построены по средним значениям из 20 параллельных опытов. Определение среднего диаметра волокон производилось также из 20 параллельных измерений. Температура получения волокон 300°C, скорость вращения реактора 87,97–146,6 $с^{-1}$, расход расплава 45–80 г/мин. Задача изучения потенциальных возможностей центробежно-фильерного способа получения волокон решалась путем увеличения геометрических размеров реактора.

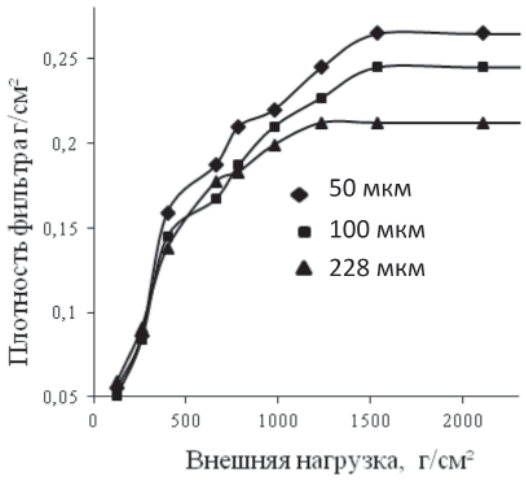


Рис. 4. Зависимость прочности волокон на разрыв от диаметра

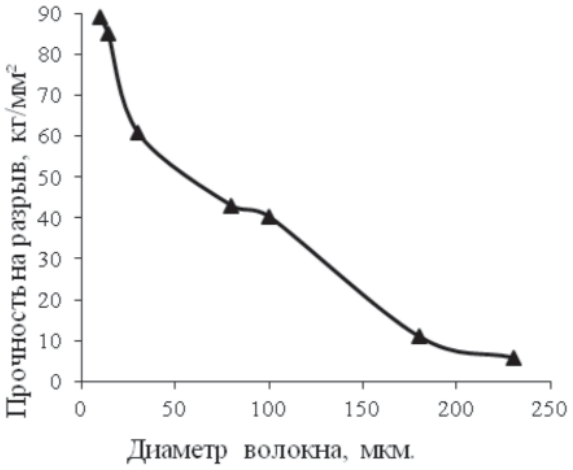


Рис. 5. Зависимость плотности упаковки волокон от диаметра и внешней сжимающей нагрузки

Для эксперимента был изготовлен ряд реакторов с увеличенными геометрическими размерами, двумя рядами фильер с диаметром отверстий 5 мм, шагом между центрами отверстий 10 мм, длине канала фильер 5 мм и высоте полости 15 мм. Результаты приведены в таблице.

Оценка перепадов давления по данным опыта №1: при $\omega = 146{,}6\ с^{-1}$

$$\Delta P = \rho\omega^2 \frac{r_0^2 - r_1^2}{2} = 18335\ \text{Па},$$

а так как струи расплава начинают удаляться от реактора только при $\omega \geq 67\ с^{-1}$ и

$$\Delta P = 7659\ \text{Па} = \Delta P_{сд},$$

то $$\Delta P_{вх} + \Delta P_{вых} = 10679\ \text{Па}.$$

Так как $\Delta P_{вх}/\Delta P_{вых} \approx 2/3$, то $\Delta P_{вх} \approx 4272$ Па и $\Delta P_{вых} \approx 6507$ Па. Оценка значений перепадов давления для других размеров реакторов аналогична. Однако расчетный коэффициент отверстий незначительно уменьшается при увеличении размеров и производительности реактора. Отклонения от среднего значения $1{,}453 \cdot 10^{-4}$ в большую и меньшую сторону находятся в пределах 12–15 % и могут быть обусловлены суммарной ошибкой эксперимента – оценкой расхода, температуры и скорости вращения реактора при одинаковой шероховатости, диаметре и длине фильер. Однако исходя из тенденции снижения β при увеличении ΔP с ростом производительности справедливо поправочное уравнение (7) для расчета β.

$$\beta \cdot 10^{-4} = -0{,}014(\Delta P \cdot 10^{-4})^2 + 0{,}023\Delta P \cdot 10^{-4} + 1{,}555. \quad (7)$$

Зависимость производительности реактора (Q) от его диаметра и числа фильер при угловой скорости $\omega = 146{,}6\ с^{-1}$ и температуре 250 °С

№ п/п	Радиусы реактора			Число фильер	ΔP (Па)	Q, (см³/с по расплаву ПП)	Q, (см³/с по воде при β = 1)	Расчетный коэффициент отверстий β
	r	r_0	r_1					
1	70	65	55	88	18335	1,7	10980	$1{,}548 \cdot 10^{-4}$
2	85	80	65	106	29340	2,72	16710	$1{,}627 \cdot 10^{-4}$
3	100	95	80	126	33252	3,09	21110	$1{,}463 \cdot 10^{-4}$
4	125	120	105	156	44988	4,17	30410	$1{,}371 \cdot 10^{-4}$
5	150	145	130	188	54768	5,09	40460	$1{,}258 \cdot 10^{-4}$

Таким образом, при расчете производительности реактора можно использовать уравнение гидродинамики

$$Q = \beta\left(\frac{\pi d^2}{4}\right) n\omega^2 \sqrt{r^2 - r_1^2},$$

с учетом полученного значения коэффициента отверстия β.

На реакторах с геометрическими размерами по таблице были получены волокна из полипропилена, полиэтилена, полиэтилентерефталата, полистирола и смесей этих полимеров в соотношении 1:1:1:1.

Список литературы

1. Бордунов С.В. Установка для получения волокнистого материала из термопластов // Патент РФ № 2388854, Заявл. 27.06.2008. Опубл. 10.05.2010. Бюл. 13.

2. Бордунов С.В., Бордунов В.В. Применение фторуглеродной фазы для селективного извлечения тяжелых и радиоактивных металлов из водных растворов на примере никеля и тория // Цветные металлы. – 2009. – №12. – С. 76–78.

3. Бордунов С.В. Леоненко В.В., Бордунов В.В. Очистка воды от нефти и нефтепродуктов// Экология и промышленность России. – 2005. – № 8. – С. 8–11.

4. Бордунов С.В. Леоненко В.В., Бордунов В.В. Получение волокнистых материалов из отходов термопластов // Пластические массы. – 2005. – № 9. – С. 38–39.

5. Чанг Дей Хан. Реология в процессах переработки полимеров: пер. с англ. / Чанг Дей Хан; под ред. Г.В. Виноградова; М.Л. Фридмана. – М.: Химия, 1979. – 366 с.

References

1. Bordunov, S.V. The plant for production a fibrous material of thermoplastic: patent 2388854. Russian Federation; published 10.05.2010.

2. Bordunov, S.V., Bordunov V.V., *Non-ferrous metals*, 2009, no. 12, pp. 76–78.

3. Bordunov, S.V., Leonenko, V.V., Bordunov V.V., *Ecology and industry of Russia*, 2005, no. 8, pp 8–11.

4. Bordunov, S.V., Leonenko, V.V., Bordunov V.V., *Plastic masses*, 2005, no. 9, pp. 38–39.

5. Chang Day Han. Rheology in processing of polymers, Moscow: Chemistry, 1979, 366 p.

Рецензенты:

Федорчук Ю.М., д.т.н., профессор. Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск;

Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор, ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск.

Работа поступила в редакцию 09.10.2012.

УДК 330 (470.661)

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

[1]Батаева Я.Д., [1,2] Исраилов М.В.

[1]ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук», Грозный, e-mail: imv1968@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Чеченский государственный университет», Грозный, e-mail: imv1968@mail.ru

Проведен анализ тенденции развития промышленного сектора экономики Чеченской Республики. Из трех видов экономической деятельности, относящихся к промышленности, выделяемых согласно классификации по видам экономической деятельности, в Чеченской Республике доминирующим является «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». Среди других отраслей наибольшее значение имеет промышленность строительных материалов. Структурные особенности промышленного комплекса республики в силу известных событий сохраняются и в настоящее время, усугубив положение таких отраслей как электроэнергетика, машиностроение, легкая и пищевая промышленность. Однако отраслевая структура промышленного производства крайне непропорциональна. Преимущественное развитие в промышленном комплексе получили относительно малотрудоемкие отрасли и производства, что находится в прямом противоречии с высоким уровнем трудоизбыточности Чеченской Республики. Решающее значение в структурных преобразованиях сложившейся деформированной промышленности республики имеют разработка и обоснование альтернативных вариантов развития топливно-энергетического комплекса (включая электроэнергетику) и диверсификация производства продукции и услуг. Дальнейшее развитие Чеченской Республики связано со значительными ее возможностями. Использование своих преимуществ в дальнейшем развитии даст возможность Чеченской Республике перейти на новый качественный уровень развития.

Ключевые слова: экономика Чеченской Республики, промышленный сектор, тенденции развития

TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF THE INDUSTRIAL SECTOR OF THE ECONOMY OF THE CHECHEN REPUBLIC

[1]Bataeva Y.D., [1,2]Israilov M.V.

[1]Complex Institute named after Kh.I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences, Grozny, e-mail: imv1968@mail.ru;

[2]Chechen state University, Grozny, e-mail: imv1968@mail.ru

The analysis of tendencies of development of the industrial sector of the economy of the Chechen Republic. Of the three types of economic activities related to the industry, allocated according to the classification by types of economic activity, in the Chechen Republic is dominant «Production and distribution of electricity, gas and water». Among other branches of the greatest importance is the industry of construction materials. The structural features of the industrial complex of the Republic in force of the well-known events are preserved and at the present time, compounding the situation of such branches as: electric power industry, mechanical engineering, light and food industry. However, the sectoral structure of industrial production is highly disproportionate. Priority development of the industrial complex received industry and production do not require large, which is in direct contradiction with a high level of redundancy of work of the Chechen Republic. Of crucial importance in the structural transformation of the deformed industry of the Republic have the elaboration and justification of alternative variants of development of the fuel and energy complex (including power generation) and the diversification of production of goods and services. Further development of the Chechen Republic is connected with significant of its opportunities. The use of its advantages in further development will give the opportunity to the Chechen Republic to move to a new qualitative level of development.

Keywords: the economy of the Chechen Republic, the industrial sector, tendencies of development

До 1991 года Чеченская Республика была наиболее индустриально развитым регионом Северного Кавказа. Основной отраслью была нефтедобыча и нефтепереработка. В Чечне располагался один из первых зародившихся в мире учебно-научно-производственный конгломерат по добыче, переработке, потреблению и использованию нефти и газа, имевший огромное значение для мировой науки и практики.

Экономика Чеченской Республики понесла за последнее десятилетие существенные потери. Развитие новых тенденций в политической, социальной и экономической сферах в начале 90-х годов почти во всех районах бывшего СССР породили экономический кризис: кризис прежней системы управления и формирования нового хозяйственного механизма. Усугубление кризисных явлений в политике и экономике сопровождалось обострением российско-чеченских взаимоотношений 90-х годов прошлого столетия.

В ходе антитеррористической операции был нанесен еще один, более ощутимый удар по промышленности и в целом по экономике республики.

Если экономический кризис до известных событий проявлялся через падение общественного производства со всеми вытекающими последствиями (снижение объема производственных благ и жизненного уровня

населения, ростом безработицы и преступности), то в период военных действий – производственные и социальные инфраструктуры в основном перестали функционировать и подверглись разрушению и грабежу.

В начале так называемого второго этапа (с сентября 1999 года) все запасы (товары народного потребления, домашнее имущество, имущество консервных заводов, мясокомбинатов, универмагов) были истощены, поэтому начался грабеж других материальных ценностей (оборудование заводов, цветных металлов, медных и алюминиевых проводов). Наглядными примерами могут служить нефтеперерабатывающие заводы, химкомбинат, завод «Красный молот», которые разграблены основательно.

Политические и экономические перестройки, начатые в бывшем СССР и последствия обострений русско-чеченских взаимоотношений последнего десятилетия XX века основательно разрушили экономику Чечни. От нее осталось 7–10 % от уровня 1990 года [3].

Ключевыми отраслями хозяйственного комплекса республики в настоящее время являются промышленность, сельское хозяйство, строительство и сфера услуг (таблица).

По всем социально-экономическим показателям развития Чеченской Республики в динамике наблюдается их рост, а по некоторым весьма значительный. Снижение численности безработных, зарегистрированных в органах службы занятости, также характеризуется положительно, хотя их численность по-прежнему остается самой высокой среди субъектов региона.

Основные социально-экономические показатели развития Чеченской Республики

Показатели	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010 в % к 2005
Среднегодовая численность занятых в экономике, тыс. человек	120,5	122,6	227,5	237,9	256,2	281,0	2,34 р.
Численность безработных, зарегистрированных в органах государственной службы занятости (на конец года), тыс. человек	332,7	322,0	320,0	298,9	297,1	232,2	69,80
Среднемесячная номинальная заработная плата работающих в экономике, руб.	6545	8058	9916,7	11762.8	13254,9	13918,7	2,13 р.
Валовой региональный продукт							
всего в текущих ценах, млн. руб.	22899,0	32344,4	48056,1	66273,8	64089,7	…	2,80 р.
на душу населения, руб.	19876,2	27567,6	40167,5	54156,5	51138,9	…	2,58 р.
Объем отгруженной продукции (работ, услуг) млн руб.:							
добыча полезных ископаемых	3926,6	5356,9	5407,6	4853,0	4157,1	3890,2	99,08
обрабатывающие производства	133,0	204,4	346,3	466,1	809,9	802,7	6,04 р.
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	425,9	738,3	2721,4	4435,2	6563,4	7354,4	17,27 р.
Продукция сельского хозяйства, млн руб.	4551,6	5277,3	6921,3	8546,5	10379,8	10710,3	2,36 р.
Объем строительных работ, млн руб.	5119,1	5301,4	21778,4	27970,4	26139,1	21505,0	4,20 р.
Ввод в действие общей площади жилых домов, тыс.м^2	40,5	55,0	45,3	55,0	74,8	115,3	2,85 р.
Инвестиции в основной капитал, млн руб.	13184,2	22615,5	41317,9	50379,9	41507,9	39376,9	2,99 р.

И с т о ч н и к : Чеченская Республика в цифрах. 2011: Краткий статистический сборник. Грозный, 2011. – 161 с.

Из трех видов экономической деятельности, относящихся к промышленности, выделяемых согласно классификации по видам экономической деятельности, в Чеченской Республике доминирующим является «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». В общем обороте предприятий данный вид экономической деятельности занимает 61,05 %. Добыча полезных ископаемых с 2008 года неуклонно снижается и в 2010 году этот вид экономической деятельности в структуре промышленного производства составил 32,30 %.

Среднегодовое количество добытой нефти в Чеченской Республике за 2000–2010 гг. составило 1595,4 тыс. т. Наибольшее количество нефти, включая газовый конденсат (2178,7 тыс. т) за анализируемый период, было добыто в 2005 году. Однако основные доходы от продажи нефти (в основном на экспорт) пока получает ОАО Роснефть. Притом республиканский бюджет остается самым высокодотационным в России [2].

Со времени зарождения (первый фонтан нефти в 1893 г.), добыча углеводородов (УВ) традиционно играла важную роль в экономике Чеченской Республики и всего Северного Кавказа. Удельный вес топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в валовом объеме промышленного производства республики равнялся в 80-е гг. примерно 50 %. Основные нефтепромыслы располагаются в районе г. Грозного и его окрестностей. В конце 80-х гг. ПО «Грознефть» располагало 50 бригадами разведочного и 25 бригадами эксплуатационного бурения.

Все восстановительные работы на объектах ТЭК планировались в рамках ежегодно разрабатываемого «Комплекса мер по восстановлению экономики и социальной сферы Чеченской Республики».

Для организации работ по восстановлению ТЭК Чеченской Республики в 2000 году НК «Роснефть» учредила дочернее предприятие ОАО «Грознефтегаз», которое приступило к эксплуатации всего 12 скважин и за год добыло 76,7 тыс. т нефти. Практически все промышленные объекты бывшего крупного ПО «Грознефть» находились в разрушенном или разукомплектованном состоянии, имелось большое количество горящих открытых фонтанов, не функционировали системы сбора и транспортировки нефти и газа, были полностью разрушены вспомогательные производственные предприятия.

Но, вместе с тем, нефтедобыча с начала военных действий на десятилетие становится практически единственным видом производственной деятельности, и в настоящее время значительный удельный вес в объеме промышленного производства Чечни приходится на нефтедобычу.

Среди других отраслей наибольшее значение имеет промышленность строительных материалов.

За 2010 год в Чеченской Республике было выпущено строительного кирпича 24,7 млн усл. кирпичей, что в 2 раза больше, чем за предыдущий 2009 год. Республика располагает необходимыми природными ресурсами и возможностями для развития производства всех основных видов строительных материалов, особенно цемента и кирпича, а также облицовочного природного камня. В Чечне производили силикатный стеновой материал, красный кирпич, сборный железобетон, инертные материалы, щебень, деревянный погонаж и прочее. Наиболее проблемное и принципиальное предприятие в плане восстановления стройиндустрии – это ФГУП «Чири-Юртовский цементный завод».

ФГУП «Чири-Юртовский цементный завод» вступил в строй в 1972 году. До 1993 года Чири-Юртовский цементный завод был крупнейшим на Северном Кавказе и единственным, производящим цемент марки ПЦ 600.

В 2001 году на цементном заводе были начаты работы по реконструкции и восстановлению, а в 2007 году был запущен первый из двух цехов. Проектная мощность первой линии составляет 600 тыс. т цемента в год. После завершения восстановления Чири-Юртовского цементного завода производство цемента высокого качества повыситься до 1,2–1,3 млн т в год [5].

Цементная промышленность относится к числу системообразующих производств для всех видов строительства наряду с прокатом черных металлов. Надежное обеспечение цементом жилищного и промышленного строительства в Чечне позволит бесперебойно снабжать объекты бюджетного строительства и одновременно насытить местный рынок одним из востребованных в частном хозяйстве товаров.

Природные ресурсы Чечни позволяют начать производство глиняной черепицы, а после пуска первой очереди цементного завода появится возможность обеспечить внутреннее производство сборного железобетона местным сырьем. На территории Чечни известны месторождения мрамора и гранита. Это может позволить в среднесрочной перспективе наладить выпуск облицовочных и половых плит и плиток, а также других изделий местного производства. Емкость рынка для промышленности

строительных материалов в республике велика и имеет собственную сырьевую базу и возможности для развития производства для местного рынка.

Важнейшее значение при анализе отраслевой структуры экономики имеет оценка структуры производства, численности занятых и инвестиций в основной капитал.

Структурные особенности промышленного комплекса республики в силу известных событий сохраняются и в настоящее время, усугубив положение таких отраслей, как электроэнергетика, машиностроение, легкая и пищевая промышленность. Однако отраслевая структура промышленного производства крайне непропорциональна. Структурные недостатки проявляются не только в деформации, связанной с гипертрофированным развитием нефтедобычи, но и в узости набора производств, которыми представлены в республике отрасли промышленности. Преимущественное развитие в промышленном комплексе получили относительно малотрудоемкие отрасли и производства, что находится в прямом противоречии с высоким уровнем трудоизбыточности Чеченской Республики. Решающее значение в структурных преобразованиях сложившейся деформированной промышленности республики имеют разработка и обоснование альтернативных вариантов развития топливно-энергетического комплекса (включая электроэнергетику) и диверсификация производства продукции и услуг.

По данным ТОФСГС по Чеченской Республики, на долю промышленности, сельского хозяйства и строительства в совокупности приходится немногим более 26% численности занятых и менее 20% от общего объема инвестиций в основной капитал.

По указанным показателям ключевую роль в республике играет сфера услуг. Причем, если по численности персонала, наибольший удельный вес в 2010 году имела сфера образования (около 29%), а по доле инвестиций – жилищно-коммунальное хозяйство (почти 52%).

Важнейшим показателем общего уровня экономического развития любого региона является объем производства валового регионального продукта (ВРП).

Необходимо отметить, что до 2005 года по Чеченской Республике ВРП не рассчитывался ни республиканскими органами, ни Федеральной службой государственной статистики. По данным ТОФСГС по ЧР валовой региональный продукт в 2009 году по Чеченской Республике составил 64089,7 млн руб., или 96,7% к уровню 2008 года. Объем ВРП в 2008 году составил 66273,8 млн руб., его реальный объем по сравнению с уровнем 2007 года увеличился на 37,9% или на 18217,7 млн руб. (см. таблицу).

Основной вклад в формирование валового регионального продукта и обеспечение его роста вносят такие виды экономической деятельности, как добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, строительство, торговля, транспорт и связь. Для сравнения: до 1991 года промышленность являлась ведущей отраслью народного хозяйства Чеченской Республики. На ее долю приходилось две трети валовой продукции, производимой в республике. Удельный вес тяжелой промышленности в общем объеме продукции всей промышленности составлял 75,3% [1].

В качестве основных внутренних факторов роста валового регионального продукта можно отметить, прежде всего: динамика развития базовых и новых видов экономической деятельности, активизация инвестиционной деятельности, рост реальных денежных доходов населения региона и т.д.

Определяющим показателем развития экономики является рост производства валового регионального продукта на душу населения, по которому также наблюдается тенденция к увеличению.

Дальнейшее развитие Чеченской Республики связано со значительными ее возможностями, к которым можно отнести:

- увеличение интереса к региону со стороны иностранных инвесторов;
- высокие темпы роста внутреннего спроса;
- реализацию приоритетных национальных проектов, межрегиональных проектов и региональных стратегий крупного бизнеса, способствующих росту капитализации региона; интеграцию транспортной и энергетической систем Республики, как в общероссийскую сеть, так и в глобальную;
- ускоренное развитие Грозного и близлежащих городов, с акцентом на инновационные кластеры, образование и технологически сложные производства;
- увеличение степени переработки природных ресурсов и развитие соответствующих кластеров, (включая увеличение доступа малых и средних компаний к сырьевым ресурсам и продукции первичной переработки);
- развитие специализированного образовательного кластера, с использованием имеющегося потенциала образовательных и научных учреждений (г. Грозный);
- развитие кластеров и секторов, связанных с производством продукции и услуг для ресурсодобывающих и перерабатываю-

щих секторов (включая поставщиков оборудования комплектующих и связанных услуг);

• развитие новых секторов и кластеров, связанных с технологиями охраны окружающей среды и энергосбережением;

• развитие кластеров и секторов, связанных с потребительскими товарами и услугами (например, пищевая промышленность, строительные материалы и др.);

• развитие туризма на Юге России.

Наряду с положительными сторонами развития Чеченская Республика обладает, на наш взгляд, и слабыми сторонами. Это:

• значительный износ сохранившихся зданий, коммуникаций, инженерной и социальной инфраструктуры;

• дефицит квалифицированных кадров, высокий уровень безработицы;

• низкая добавленная стоимость продукции, значительные издержки производства (в т.ч., обусловленные высокими тарифами на электроэнергию и высокой долей транспортных затрат в себестоимости продукции);

• высокий уровень износа основных фондов промышленного комплекса, низкое качество производственной инфраструктуры (прежде всего, транспортной);

• недостаточная развитость финансовой инфраструктуры, низкий уровень инновационной активности, диспропорции территориального развития.

Использование Чеченской Республикой своих преимуществ в дальнейшем развитии даст возможность перейти на новый качественный уровень развития.

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках «Программа фундаментальных исследований Президиума РАН и Отделения РАН на 2012 год» (код Программы П 32).

Список литературы

1. Инвестиционный паспорт Чеченской Республики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ivr.ru/invest-chr/?site = invest_chr&p = 1961&l = ru.

2. Липина С.А. Чеченская Республика: Экономический потенциал и стратегическое развитие. – М.: Изд-во: ЛКИ, 2007. – 320 с.

3. Магомадов М.М. Социально-экономическое возрождение Чечни и перспективы ее развития // Чечня на рубеже веков: состояние и перспективы: материалы научно-практической конференции. – Грозный, 2004. – Т. 1. – С. 175–179.

4. Чеченская Республика в цифрах. 2011: краткий статистический сборник. – Грозный, 2011. – 161 с.

5. Чеченская Республика – промышленность и промышленные предприятия Чечни. Справочная информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.metaprom.ru/regions/chechenskaya_resp.html.

References

1. Investicionnyj pasport Chechenskoj Respubliki [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.ivr.ru/invest-chr/?site = invest_chr&p = 1961&l = ru.

2. Lipina S.A. Chechenskaja Respublika: Jekonomicheskij potencial i strategicheskoe razvitie. M.: Izd-vo: LKI, 2007. 320 p.

3. Magomadov M.M. Social'no-jekonomicheskoe vozrozhdenie Chechni i perspektivy ee razvitija // Chechnja na rubezhe vekov: sostojanie i perspektivy: materialy nauchno-prakticheskoj konferencii. – Groznyj, 2004. T. 1. pp. 175–179.

4. Chechenskaja Respublika v cifrah. 2011: kratkij statisticheskij sbornik. Groznyj, 2011. 161 p.

5. Chechenskaja Respublika – promyshlennost' i promyshlennye predprijatija Chechni. Spravochnaja informacija [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.metaprom.ru/regions/chechenskaya_resp.html.

Рецензенты:

Махошева С.А., д.э.н., профессор, зав. отделом «Региональный менеджмент» ФГБУН «Институт информатики и проблем регионального управления КБНЦ РАН», г. Нальчик;

Исаев Р.А., д.э.н., профессор кафедры «Экономика и управление производством» ФГБОУ ВПО «Чеченский государственный университет», г. Грозный.

Работа поступила в редакцию 09.10.2012.

УДК 338.43

МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ТРАНСФЕРА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Карташов Е.Ф.

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева», Саранск, e-mail: proliver@mail.ru

В статье автором обоснована необходимость перевода сельскохозяйственного производства на инновационный путь развития. Определены направления совершенствования инновационной деятельности в аграрной сфере, к которым относятся модернизация организационно-правовой структуры и создание системы стимулирования инновационной деятельности. Обозначены приоритетные направления совершенствования системы государственного стимулирования и поддержки инновационной деятельности в АПК. Обоснована необходимость формирования четкой организационно управляемой инновационной системы, одним из элементов которой должен стать трансфер инновационных технологий. Изучен опыт регионов России по созданию инновационных и инновационно-консультационных центров. Автором предложено создание в Республике Мордовия Центра трансфера инновационных технологий и сельскохозяйственного консультирования для осуществления координации органов государственного управления, бизнеса, науки, образования и общественных организаций, на принципах государственно-частного партнерства.

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство, инновационная деятельность, трансфер, регион

MODERNIZATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION ON THE BASIS OF THE TRANSFER OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Kartashov E.F.

Mordovian State University named after N.P. Ogarev, Saransk, e-mail: proliver@mail.ru

In this article the author substantiates the necessity of translation of agricultural production on an innovative path of development. Defined directions of improvement of the innovation activity in the agrarian sphere, to which belong the modernization of the organizational-legal structure and creation of system of encouragement of innovative activity. Identify priorities for improvement of the system of state stimulation and support of the innovation activity in the agro-industrial complex. It is necessary to develop a clear organizational-driven innovation system, one element of which should be a transfer of innovative technologies. Studied the experience of the regions of Russia in the creation of innovative and innovation-consulting centers. The author proposes the creation of the The Republic of Mordovia Centre of a transfer of innovative technologies and agricultural consulting for the implementation of the coordination bodies of state administration, business, science, education, and public organizations, on the principles of public-private partnership.

Keywords: agricultural production, innovation activity, transfer, region

Обеспечение продовольственной безопасности требует проведения модернизации агропродовольственного комплекса, предполагающей комплексное целенаправленное развитие производственного потенциала. Конкретные цели модернизации установлены Доктриной продовольственной безопасности РФ. Обобщенно их можно сформулировать как ускорение темпов структурно-технологической модернизации производственного потенциала АПК и создание условий для реализации потенциала зон опережающего экономического роста.

Материальную основу модернизации обеспечивает инновационное развитие агропродовольственного комплекса. В связи с этим разработка научно обоснованных предложений и практических рекомендаций по инновационному развитию сельского хозяйства на региональном уровне должно стать одним из основных составных разделов стратегии развития аграрного сектора экономики в каждой области, крае, республике. Целесообразность использования инновационного фактора при проведении модернизации во многом обусловлена тем, что экономический рост обеспечивается на 30% за счет увеличения трудозатрат, на 40% – повышения производительности труда и на 30% – использования инновационных технологий. Таким образом, перед аграрным сектором экономики России стоит исключительно сложная задача перехода от технологической деградации к постиндустриальному способу производства.

Целью исследования является обоснование необходимости модернизации сельскохозяйственного производства в современных условиях с применением инновационных технологий и разработка рекомендаций по совершенствованию трансфера инноваций.

Основу для проведения исследования составили аналитические публикации, статистические данные.

Материал и методы исследования

Инновационный потенциал агроэкономики России используется лишь на 4–5%, а в США – на 50%. Множество научно-технических разработок остаются

невостребованными в сельскохозяйственном производстве. Анализ научного обеспечения АПК показал, что из общего числа завершенных, принятых, оплаченных заказчиком и рекомендованных к внедрению прикладных научно-технических разработок всего 2–3% было реализовано в ограниченных объемах, 4–5% – в одном-двух хозяйствах, а судьба 60–70% разработок через 2–3 года была не известна ни заказчика, ни разработчика, ни потребителям научно-технической продукции.

Во многом это связано с недостаточным государственным протекционизмом аграрной сферы, ограниченными финансовыми возможностями отечественных товаропроизводителей, нарушенными связями между разработчиками и потребителями инноваций, высокими рисками их освоения. В России при проведении рыночной трансформации аграрной сферы не было создано эффективного организационно-экономического и правового механизма управления инновационной деятельностью, адекватного императивам рынка, что явилось препятствием для широкомасштабного развертывания инновационных процессов в АПК.

Поэтому считаем целесообразным применение в исследовании абстрактно-логического метода, а также методов экспертных оценок и сравнительного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Основными направлениями инновационного развития в сельском хозяйстве в ближайшей перспективе должны стать формирование эффективных производственно-хозяйственных структур; использование инновационных технологий в планировании, организации и управлении производством; развитии информационно-консультационных служб; создание высокопродуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур и пород животных, адаптированных к стрессовым ситуациям и региональным особенностям; разработка и внедрение зональных инновационных экологически безопасных технологий. На первом плане, на наш взгляд, должна стать проблема повышения эффективности управления инновационной деятельностью.

Совершенствование организации инновационной деятельности в сельском хозяйстве должно осуществляться в двух направлениях:

– модернизация организационно-правовой структуры, включая:

а) формирование кооперационных связей между составляющими организационной структуры;

б) создание инновационной инфраструктуры;

в) совершенствование нормативно-правовой базы инновационной деятельности в аграрной сфере;

г) совершенствование системы страхования;

– создание системы стимулирования инновационной деятельности.

Все это определяет целевую направленность совершенствования организационных форм инновационной деятельности в аграрной сфере. Эффективность инновационных процессов в экономике будет зависеть не только от деятельности самих экономических субъектов (фирм, научных организаций и др.), но и от того, как они взаимодействуют друг с другом в качестве элементов коллективной системы создания и использования знаний, а также с общественными институтами (такими, как ценности, нормы, право).

Механизм стимулирования инновационной деятельности в сельскохозяйственном производстве в странах с развитой рыночной экономикой заключается в том, что в качестве важнейших инструментов экономического стимулирования научно-технического прогресса выступают кредитные, налоговые, амортизационные, ценовые, страховые и другие рычаги, включая прямое бюджетное финансирование НИОКР. Используемый набор льгот и стимулов, реализуемый через законодательные акты, отличает целенаправленный характер и строго конкретную адресность.

Формирование механизма стимулирования инновационной модернизации сельского хозяйства страны и региона в частности предполагает решение следующих задач государственной научно-технической и инновационной политики: создание конкурентоспособного сектора исследований и разработок и условий для его ресурсного воспроизводства; создание эффективной системы инновационной модернизации сельского хозяйства региона; развитие институтов коммерциализации и защиты результатов исследований и разработок; инновационная модернизация системы управления сельским хозяйством.

Отдельные элементы государственно-правового обеспечения развития инновационных процессов могут быть использованы при разработке отечественного механизма стимулирования повышения восприимчивости сельских товаропроизводителей к освоению инновационных достижений, что будет способствовать созданию условий эффективного ведения агропромышленного производства.

В качестве приоритетных направлений совершенствования системы государственного стимулирования и поддержки инновационной деятельности в АПК можно выделить:

– совершенствование нормативно-правовой базы инновационной деятельности;

– формирование инновационной инфраструктуры АПК;

– интеграцию материальных и интеллектуальных ресурсов науки, образования и производства;

– организацию подготовки и переподготовки инновационных кадров;

– выделение государственных приоритетов инновационной деятельности в аграрной сфере;

– стимулирование агропродуцентов к инновационной деятельности;

Формирование организационно-экономического механизма инновационного развития сельского хозяйства должно проводиться с учетом региональных особенностей и потребностей в инновациях, в каждом регионе должны быть созданы соответствующие организационно-правовые условия, стимулирующие развитие инновационных процессов.

Следует отметить, что в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А.Тимирязева совместно с Всероссийским научно-исследовательским институтом экономики сельского хозяйства, ФГНУ «Росинформагротех», ФГУ «Учебно-методический центр сельскохозяйственного консультирования и переподготовки кадров агропромышленного комплекса» был разработан проект Стратегии инновационного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года. Данная Стратегия опирается на Госпрограмму «Развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы».

Так, на уровне каждого региона должна быть сформирована четкая организационно управляемая инновационная система, где каждый элемент характеризуется специфическими функциями, внутренними и внешними связями и должен осуществлять свою деятельность в соответствии с общей стратегией и задачами всей системы.

Успешной реализации организационно-экономического механизма будут способствовать меры по стимулированию инвесторов, вкладывающих средства в производство наукоемкой продукции, тиражирование которой позволит ускорить инновационное развитие сельского хозяйства. Это важно осуществлять как путем определенной поддержки инвесторов, так и на основе организации временных коллективов для реализации какого-либо крупного инновационного проекта.

В современных условиях инвестирование инновационных процессов в АПК мало привлекает отечественные банки и иностранных инвесторов. Поэтому важнейшая роль в активизации инновационного процесса принадлежит институциональным преобразованиям в отрасли.

Успешная реализация инновационной политики невозможна без формирования законодательных и нормативно-правовых механизмов, регламентирующих инновационную деятельность в сельском хозяйстве. Для этого необходимы разработка и принятие федеральных и региональных законов и других нормативных документов, в которых должно быть определено отношение государства к инновационному развитию сельского хозяйства отрасли, определены ответственность государственных организаций, направления и меры государственной поддержки по созданию благоприятных условий для инвестирования средств в инновационную деятельность. В частности, необходимо принятие на региональном уровне, применительно к местным условиям, законодательных актов по инновационному развитию аграрного сектора экономики.

Для того чтобы инновации как можно быстрее доходили до конечного потребителя, мировой практикой выработаны различные механизмы. Основной – это трансфер инноваций – передача научно-технических знаний и опыта. Второй механизм – связан с самостоятельными действиями разработчиков инноваций по их доведению до конечного потребителя. Широкое распространение получает самоосвоение небольших инноваций. Инновационный бизнес начал успешно развиваться через малые инновационные предприятия. С крупными, прорывными инновациями дело обстоит хуже. Примеры организации таких предприятий есть, но положительных результатов мало.

В связи с этим трансфер инноваций приобретает наибольшую актуальность. Трансфер инноваций – передача права использования инноваций как носителей новых ценностей (стоимостей) другим субъектам инновационной деятельности. Коммерческий трансфер инноваций осуществляется с целью получения прибыли от продажи новшеств. Некоммерческий трансфер инноваций связан, преимущественно, с новым знанием в области фундаментальных исследований. Его формами являются конференции, симпозиумы, семинары, выставки; информационные массивы специальной литературы, информация на магнитных носителях; миграция ученых и специалистов.

Трансфер выступает как основная форма продвижения инноваций и включает лицензирование; передачу патентов, технической документации, ноу-хау, технологических сведений, сопутствующих приобретению

или лизингу оборудования; информационный обмен на семинарах, симпозиумах, выставках; инжиниринг и т.д.

Экономической сущностью трансфера инноваций в сельскохозяйственное производство представляется совокупность организационно-экономических отношений, возникающих между производителями научно-технической продукции, структурами, осуществляющими трансфертные действия в сфере инновационного обеспечения сельскохозяйственного производства, и потребителями инноваций – сельскими товаропроизводителями, а организационно-экономический механизм трансфера инноваций отражает совокупность методов и форм инновационной деятельности по обеспечению продвижения инновационной продукции от носителя (разработчика, владельца) до потребителя.

В регионах России уже существует опыт создания различных инновационных и инновационно-консультационных центров. Одним из подобных центров можно считать Аналитическо-консалтинговый Международный Центр Инноваций АПК «Грюне Вохе».

Инновационные центры также созданы, например, в Новосибирской области (Государственное автономное учреждение Новосибирской области «Инновационно-консультационный центр агропромышленного комплекса» создан в 2009 году), Белгородской области (Областное государственное учреждение «Инновационно-консультационный центр агропромышленного комплекса» создан в 2001 году).

Следует отметить, что в Республике Мордовия в 2004 г. в рамках программы «Техническое содействие предприятиям, осуществляющим реализацию проектов в рамках экономического сотрудничества с Королевством Нидерландов» создано некоммерческое партнерство «Центр практического обучения специалистов сельского хозяйства Республики Мордовия».

Основной целью работы Центра практического обучения является повышение уровня практической подготовки студентов, фермеров и специалистов сельского хозяйства Республики Мордовия. Информационно-консультационная служба Центра практического обучения оказывает консультационные услуги в области растениеводства, молочного скотоводства и свиноводства.

Накопленный опыт Центра практического обучения, методическая поддержка РТС + (Нидерланды), сотрудничество с Международным Экспертным Центром Животноводства (LEC), позволяет выявлять потребности сельхозтоваропроизводителей в ежедневно изменяющихся условиях производства.

На наш взгляд, в АПК Республике Мордовия также целесообразно создание центра трансфера инновационных технологий и сельскохозяйственного консультирования (ЦТИТиСХК) для осуществления координации органов государственного управления, бизнеса, науки, образования и общественных организаций, на принципах государственно-частного партнерства. Основными направлениями деятельности ЦТИТиСХК и партнерами являются:

– научное обеспечение трансфера новых технологий будет осуществляться при участи Мордовского НИИ сельского хозяйства РАСХН, Аграрного института и Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева»;

– подготовку и повышение квалификации кадров обеспечат Мордовский государственный университет, Мордовский институт переподготовки кадров агробизнеса, аграрные техникумы и другие профильные государственные образовательные учреждения среднего профессионального образования;

– технологическое обеспечение базируется на апробации достижений НТП Мордовского НИИ сельского хозяйства РАСХН, опытных хозяйств, Технопарка РМ, Мордовского государственного университета;

– консультационное обеспечение сосредоточено в центре трансфера инновационных технологий и сельскохозяйственного консультирования за счет привлечения высококвалифицированных ученых и практиков, консультативные организации федерального и регионального уровня, Торгово-промышленной палате РМ;

– информационное обеспечение будет сосредоточено в ЦТИТиСХК, органах статистики, Интернет, СМИ;

– организационное обеспечение возложено на Правительство РМ, Минсельхозпрод РМ, ТПП РМ,

– финансовое обеспечение – бюджетные средства по федеральным и региональным целевым и отраслевым программам.

Совершенствование трансфертной деятельности, на наш взгляд, позволит повысить качество инновационных услуг, ускорить модернизацию и обеспечить повышение технологической, экономической, социальной и экологической эффективности производства в АПК, устойчивости функционирования предприятий, что будет способствовать стабильному развитию экономики региона и придаст импульс развитию внешнеэкономической активности в АПК.

Список литературы

1. Бочков А.А. Механизм обеспечения эффективности инновационных процессов в агропромышленном производстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.econ.msu.ru/cmt2/lib/a/1158/file/bochkov_12.pdf (дата обращения 10.09.2012).

2. Горбунов В.С. Методология и модели управления инновационным развитием сельского хозяйства: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – Саратов, 2011. – 48 с.

3. Седова Н.В. Инновации в агропромышленном комплексе Российской Федерации: тенденции и перспективы // Качество. Инновации. Образование. – 2006. – № 2. – С. 24–28.

4. Седова Н.В., Бадалов Л.М. Инновации в реализации интеграционных процессов в агропромышленном комплексе российской экономики // Качество. Инновации. Образование. – 2011. – № 1. – С. 26–31.

5. Ушачев И. Устойчивое развитие агропродовольственного сектора: основные направления и проблемы // АПК: экономика, управление. – 2006. – № 4. – С. 5–10.

6. Чайникова Л.Н. Формирование системы управления стратегической конкурентоспособностью региона : монография. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 264 с.

References

1. Bochkov A.A. Mehanizm obespechenija jeffektivnosti innovacionnyh processov v agropromyshlennom proizvodstve [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.econ.msu.ru/cmt2/lib/a/1158/file/bochkov_12.pdf (data obrawenija 10.09.2012).

2. Gorbunov V.S. Metodologija i modeli upravlenija innovacionnym razvitiem sel'skogo hozjajstva: Avtoref. D-r jekonom. nauk. Saratov, 2011. 48 p.

3. Sedova N.V. Innovacii v agropromyshlennom komplekse Rossijskoj Federacii: tendencii i perspektivy // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. 2006. no. 2. pp. 24–28.

4. Sedova N.V., Badalov L.M. Innovacii v realizacii integracionnyh processov v agropromyshlennom komplekse rossijskoj jekonomiki // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. 2011. no. 1. pp. 26–31.

5. Ushachev I. Ustojchivoe razvitie agroprodovol'stvennogo sektora: osnovnye na-pravlenija i problemy / I. Ushachev // APK: jekonomika, upravlenie. 2006. no. 4. pp. 5–10.

6. Chajnikova, L.N. Formirovanie sistemy upravlenija strategicheskoj konkurento-sposobnost'ju regiona : monografija. Tambov: Izd-vo GOU VPO TGTU, 2010. 264 p.

Рецензенты:

Бурланков С.П., д.э.н., профессор, ведущий научный сотрудник отдела современного регионального развития НИИ гуманитарных наук при Правительстве Республики Мордовия, г. Саранск;

Полушкина Т.М., д.э.н., доцент, профессор кафедры экономики кооперации и предпринимательства Саранского кооперативного института (филиал) АНО ВПО Центрсоюза РФ «Российский университет кооперации», г. Саранск.

Работа поступила в редакцию 09.10.2012.

УДК 336.5.02

ФИНАНСОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

Коокуева В.В.

ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет», Элиста, e-mail: kookueva.vv@gmail.com

В данной статье описываются финансовые аспекты функционирования образования в России, оценивается выполнение гарантии государства в получении качественного бесплатного образования. Анализ федерального бюджета по статье «Образование» показал высокую долю расходов на высшее образование – более 70%. Оцениваются реализации отдельных федеральных целевых программ в области образования, Концепции развития образования. Дается анализ состава и структуры направлений финансирования по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы. Выделяются преимущества и недостатки подушевого финансирования в сфере образования. Важное место отводится проблемам совершенствования системы оплаты труда работникам сферы высшего образования. Выделены основные направления государственной образовательной политики, определяется роль федеральных целевых программ в финансировании образовательной сферы. Поднимается проблема стимулирования научно-педагогических работников, повышения оплаты их труда в целях закрепления молодежи в науке.

Ключевые слова: социальные гарантии, расходы бюджета на образование, финансирование, бюджет, подушевое финансирование, финансовые нормативы.

FINANCIAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF EDUCATION IN RUSSIA

Kookueva V.V.

Kalmyk state university, Elista, e-mail: kookueva.vv@gmail.com

In this article financial aspects of functioning of education in Russia are described, performance of a guarantee of the state in receiving quality free education is estimated. The analysis of the federal budget for the article «Education» showed a high share of expenses on the higher education – more than 70%. It is estimated implementation of separate federal target programs at the fields of education, Concepts of a development of education. The analysis of structure and structure of the directions of financing according to the Federal target program «Scientific and scientific and pedagogical shots of innovative Russia» for 2009–2013 is given. Advantages and shortcomings of financing per capita of education are allocated. The important place is allocated for problems of improvement of system of compensation to workers of the sphere of the higher education. The main directions of the state educational policy are allocated, the role of federal target programs in financing of the educational sphere is defined. The problem of stimulation of scientific and pedagogical workers, increases of payment of their work with a view of youth fixing in a science rises.

Keywords: social guarantees, expenses of the budget on education, financing, budget, financing per capita, financial standards

Право на образование – одно из наиболее важных социально-экономических прав и социальных гарантий граждан России. От того какого качества и в каком объеме реализуются данные гарантии, зависит уровень образованности молодого поколения. Гарантии государства состоят в том, что каждый человек имеет право по получение бесплатного образования. Образование является одним из приоритетных направлений государственной деятельности, требует выделения на его нужды значительных финансовых ресурсов.

Цель исследования – изучение основных вопросов финансирования системы образования в России на современном этапе.

Материалы и методы исследования

Материал исследования – расходы бюджетов всех уровней на образование. Методы исследования – статистические, аналитические методы.

Результаты исследования и их обсуждение

Проблема совершенствования системы образования в целом подчеркивается на разных уровнях власти. Так, 26 июля 2012 года Министр образования и науки Российской Федерации Дмитрий Ливанов в своем выступлении на заседании Президиума Правительства России предлагает ряд инновационных механизмов в законопроект об образовании, направленных на развитие отрасли. К ним относит следующие: расширение круга организаций, в которых граждане могут получить бесплатное образование; дополнительные возможности по обеспечению доступа к дошкольному образованию; возможность выбора различных учебных курсов в самой образовательной организации; закрепление особенностей получения образования [4].

С точки зрения совершенствования самой системы эти мероприятия обоснованы и актуальны в сфере развития информационных технологий в образовании. Министр подчеркивает, что предложенные изменения в законодательство об образовании касаются дальнейшего совершенствования системы оплаты труда и способствуют переходу к «эффективному контракту», что ставится

Президентом РФ как важная задача в Бюджетном послании на 2013–2015 годы [2].

Проблеме финансирования образования посвящено множество трудов отечественных ученых-экономистов, среди которых Поляк Л.Г., Колесникова Е.А., Савицкая Е.В., Федорова И.Ю., Костецкий А.Н., Сидорова Н.И., Гришанова О.А., Соколова Е.Ю., Никифорова В.Г., другие.

Федеральная целевая программа по развитию образования на 2006–2010 гг. показала целесообразность применения программно-целевого метода планирования и финансирования бюджетных расходов на образование, повышающего результативность использования бюджетных ресурсов. Однако существуют проблемы софинансирования программы дотационными субъектами Федерации.

В 2011–2015 гг. при реализации новой Федеральной целевой программы развития образования планируется увеличить объем финансирования, продолжить бюджетирование и финансирование, ориентированные на результат. В целях сокращения резких различий между регионами России по развитию человеческого потенциала целесообразно учесть имеющиеся проблемы бюджетного софинансирования в дотационных регионах, слабую учебно-материальную базу бюджетных заведений образования в этих регионах, что в дальнейшем позволит обеспечить эффективность образования [1].

Основными источниками финансирования расходов на образование служат федеральный, региональные и муниципальные бюджеты. Незначительную роль играют внебюджетные средства – от предпринимательской деятельности и средства спонсоров, добровольные пожертвования и целевые взносы. Учреждения заинтересованы в расширении внебюджетного финансирования, т. к. значительная часть таких средств направляется на повышение мотивации труда персонала и улучшение условий труда. Объем внебюджетных средств невозможно спрогнозировать с высокой степенью вероятности. Необходимо отметить, что бюджеты различных уровней принимают неодинаковое участие в финансовом обеспечении разных учреждений образования. Так, средние школы на 99% финансируются за счет бюджетов субъектов Федерации и только на 1% – из федерального бюджета. В то же время высшие учебные заведения 96% средств получают из федерального бюджета и только 4% – из территориальных бюджетов.

Рассмотрим объем финансирования образования за счет бюджетных источников по уровням бюджетной системы (табл. 1).

Таблица 1

Распределение расходов федерального бюджета на 2005–2011 годы по разделам и подразделам функциональной классификации расходов, млн руб.

Наименование	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Образование, всего	155337,96	201588,66	277939,33	307193,98	313636,83	428763,98	553368,71
Дошкольное образование	3812,33	2099,30	2661,93	2867,69	3081,15	4179,01	5556,75
Общее образование	1611.76	3017,64	3082,35	3538,35	3712,61	5645,01	56057,29
Начальное профессиональное	4167,50	7005,48	8838,88	11857,92	12655,26	3067,21	3916,50
Среднее профессиональное	19664,95	21491,78	25354,03	29674,08	32154,77	32094,28	35200,23
Переподготовка и повышение квалификации	2271,54	3924,69	4582,91	4067,20	4380,51	4839,14	6936,38
Высшее профессиональное	108811,90	155091,10	214049,59	238161,16	243280,25	351448,67	402357,02
Молодежная политика	1818,07	592,48	1179,10	367,14	388,30	648,96	609,83
Прикладные научные исследования	1761,72	868,53	2015,22	1788,29	1716,56	15646,04	20086,53
Другие вопросы	11418,17	7497,66	16175,31	14872,14	12267,41	11195,66	22648,20

Анализ структуры расходов федерального бюджета на образование за последние годы показал, что большую часть составляет высшее образование – 70–80% всех расходов на образование. Доля расходов на среднее профессиональное образование снижается с каждым годом. Так в 2005 году они составляли 12,66%, а в 2011 году –

6,36%. Это связано с передачей расходных полномочий по этой группе на региональный уровень. Такая же понижающаяся тенденция наблюдается и по дошкольному, начальному профессиональному образованию.

Необходимо отметить, что финансирование расходов на высшее образование является приоритетным направлением расходов федерального бюджета по разделу «Образование». Также можно отметить, что меньше всего средств выделяется на молодежную политику и переподготовку кадров.

В целом расходы на образование в 2011 году на 37% финансировались за счет федерального бюджета и на 63% – за счет консолидированных бюджетов субъектов РФ.

Рассмотрим некоторые показатели развития образования в России.

В настоящее время в целях перехода к качественному высшему образованию Министерство образования и науки РФ реализует следующие проекты:

– приоритетный национальный проект (ПНП) «Образование»;

– поддержка ведущих российских вузов;

– федеральные целевые программы;

– национальные исследовательские университеты;

– образовательные кредиты;

– федеральные государственные образовательные стандарты;

– образовательные округа. [6]

ПНП «Образование» призван ускорить модернизацию российского образования, результатом которой станет достижение современного качества образования, адекватного меняющимся запросам общества и социально-экономическим условиям. На конкурсной основе осуществлялась поддержка тех вузов, которые представили свои инновационные образовательные программы. Победившие вузы получили государственную поддержку из федерального бюджета в объеме от 200 до 1000 млн руб. в форме субсидий.

Следующее направление – это создание федеральных университетов. Первые федеральные университеты были созданы в Южном и Сибирском округах в 2007 году, каждый из них получил по 6 млрд руб. в 2007–2009 годах. Затем было еще создано 5 федеральных университетов: Северный, Казанский, Уральский, Дальневосточный, Северо-Восточный.

Вторым по значимости из проектов Министерства образования и науки РФ является государственная поддержка ведущих российских вузов – МГУ и СПбГУ, федеральных, национальных исследовательских университетов, поддержка кооперации российских вузов и производственных предприятий.

Объемы финансирования «Федеральной целевой программы развития образования на 2006–2010 годы» превышают 65 млрд руб., из которых более 50 млрд руб. – это средства федерального бюджета, 8,4 млрд руб. – средства бюджетов субъектов РФ, 5,7 млрд руб. – внебюджетные средства. Данная программа сменилась ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы. Подробнее об объемах финансирования по всем направлениям в табл. 2.

Таблица 2

Распределение средств по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, млн руб.

Мероприятие	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2009–2013 годы		
						всего	в т.ч. федеральный бюджет	внебюджетные средства
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Направление 1. Стимулирование закрепления молодежи в сфере науки, образования и высоких технологий								
1.1. Проведение исследований коллективами НОЦ	2291,74	5070,1	5229,72	4276,8	1266	18134,36	15126,94	3007,42
1.2.1. Исследования под руководством докторов наук	1000	1710,2	1681,1	1546,6	618	6555,9	655,9	-
1.2.2. Исследования под руководством кандидатов наук	750	1111	1190,4	1127,9	483	4662,3	4662,3	-
1.3.1. Исследования молодыми учеными –кандидатами наук	300	456,3	533,7	556	232	2078	2078	-
1.3.2. Исследование целевыми аспирантами	250	313,1	200,4	197,5	86	1047	1047	-
1.4. Развитие внутрироссийской мобильности путем выполнения исследований в НОЦ	150	86,2	230	765	-	1231,2	1231,2	-

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.5. Исследования под руководством приглашенных исследователей	169,76	338,1	261	706	458	1932,86	1932,86	-
1.6. Научно-методическое обеспечение повышения эффективности и закрепления кадров	100	20	18,3	32	13	183,3	183,3	-
ВСЕГО по направлению 1	5011,5	9105	9344,62	9207,8	3156	35824,92	32817,5	3007,42
Направление 2. Обеспечение привлечения молодежи в сферу науки, образования и высоких технологий, а также закрепления ее в этой сфере за счет развитой инфраструктуры								
2.1. Организация и проведение всероссийских и международных молодежных научных конференций и школ	175,5	174	204	250	174	977,5	806,2	171,3
2.2. Организация и проведение всероссийских и международных молодежных олимпиад и конкурсов	50	50	70	100	50	320	320	-
2.3. Развитие информационной инфраструктуры подготовки и закрепления научных кадров	50	30	-	30	-	110	110	-
2.4. Развитие системы научно-технического творчества молодежи	100	164	-	156,5	-	420,5	420,5	-
2.5. Оснащение вузов, лидирующих в подготовке кадров для оборонно-промышленного комплекса, и других современным оборудованием	1000	-	-	-	-	1000	800	200
2.6. Информационное обеспечение реализации программы	36	48	48	24	24	180	150	30
2.7. Развитие сети национальных исследовательских университетов	-	4136,4	13788,4	15284,7	14122	47331,5	36149,5	11182
2.8. Привлечение перспективных выпускников вузов для работы в образовательных учреждениях	-	250	300	-	-	550	550	-
ВСЕГО по направлению 2	1411,5	4852,4	14410,4	15845,2	14370	50889,5	39306,2	11583,3
Направление 4. Обеспечение управления реализации Программы								
4.1. Организационно-техническое и информационное сопровождение конкурсных процедур	107	100	100	100	70	477	477	-
4.2. Аналитическое обеспечение реализации Программы	60	50	52	105	55	322	322	-
ВСЕГО по направлению 4	167	150	152	205	125	799	799	-
ИТОГО	6590	14107,4	23907,02	25258	17651	87513,42	72922,7	14590,72

21 мая 2012 года был опубликован на сайте Министерства образования и науки Проект Распоряжения Правительства России об утверждении Концепции ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2014–2020 годы. В рамках Программы предлагается структурирование системы подготовки и рационального использования научных и научно-педагогических кадров, в том числе, на основе кооперационных моделей, связывающих науку, образование и инновационную промышленность.

Предельный (прогнозный) объем финансирования Программы в 2014–2020 годах составит 305499,2 млн рублей, из которых средства федерального бюджета составят 272115,0 млн рублей, средства внебюджетных источников – 33384,2 млн рублей (в ценах соответствующих лет).

На сайте Минобрнауки опубликован проект госпрограммы «Развитие образования на 2013–2020 годы». Всего за восемь лет предлагается израсходовать на развитие российского образования почти 7 трлн рублей.

В целом, можно сказать, что существуют позитивные изменения в сфере образования и механизма его финансирования. Так, считаем использование конкурсных механизмов, принципа софинансирования

правильным, но не для дотационных регионов, небольших университетов. Использование подушевого финансирования нельзя назвать безусловно правильным и необходимым, так как инструменты его реализации нарушают принципы общедоступности и бесплатности образования, не гарантирует получения качественного образования. Важным является материальное стимулирование педагогических работников, учет результатов деятельности, уровень квалификации. Введенная так называемая система НСОТ не работает. Разница в заработной плате высококвалифицированного работника и других сотрудников невелика. Считаем, что сравнивать заработную плату преподавателя вуза со средней заработной платой в регионе нельзя.

Преподаватель вуза, который должен защитить диссертацию, проводить научные исследования, образовывать молодежь, должен получать заработную плату много больше средней оплаты в регионе. Необходимо пересматривать систему доплат за ученую степень и звание. Так, надбавка за ученую степень кандидата наук в размере 3 тысяч рублей и доктора – 7 тысяч рублей была установлена с 1 ноября 2006 года и не пересматривалась уже 6 лет. Поэтому для закрепления молодежи в образовании и науке необходимо пересматривать систему оплаты труда педагогических работников.

Таким образом, рассматривая вопросы финансирования образования, проблемы реализации гарантии граждан на получение образования, можно выделить несколько уровней проблем. В качестве положительных решений государства можно отметить применение конкурсных механизмов распределения средств, разработку федеральных целевых программ, концепций, которые выявляют основные проблемные зоны. Однако говорить о ликвидации большей их части рано.

Статья выполнена при поддержке Министерства образования в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» проект «2012-1.2.2-12-000-3002-029 «Исследование потенциала экономического роста и обеспечения социальной безопасности депрессивных регионов».

Список литературы

1. Борисов А.С. Финансирование системы образования на основе подушевого финансирования // Инновации в образовании. – 2010. – №10.

2. Бюджетное послание Президента Российской Федерации о бюджетной политике в 2013–2015 годах // Финансы. – 2012. – №7. – С. 3–10.

3. Волкова О.Н. Моделирование состава и структуры бюджетных нормативов подушевого финансирования образовательных учреждений.// Финансы и кредит. – 2009. – №36. – С. 43.

4. Выступление Министра образования и науки Российской Федерации Д.В.Ливанова на заседании Президиума Правительства Российской Федерации – Минобрнауки. РФ / пресс-центр/2497.

5. Данные Министерства финансов Российской Федерации. Официальный сайт – www1.minfin.ru.

6. Калашникова О.В. Качество высшего образования – основной критерий финансирования вузов в условиях инновационной экономики // Финансы и кредит. – 2011. – №4. – С. 62.

7. Федорова И.Ю., Елистратова Е.Ю. Совершенствование механизма финансирования образования // Финансовый журнал. – 2012. – №1. – С. 153.

References

1. Borisov A.S. Finansirovanie sistemy obrazovanija na osnove podushevogo finansirovanija.// Innovacii v obrazovanii. 2010. no. 10.

2. Bjudzhetnoe poslanie Prezidenta Rossijskoj Federacii o bjudzhetnoj politike v 2013-2015 godah // Finansy. 2012. no. 7. pp. 3–10.

3. Volkova O.N. Modelirovanie sostava i struktury bjudzhetnyh normativov podushevogo finansirovanija obrazovatel'nyh uchrezhdenij // Finansy i kredit. 2009. no. 36. pp. 43.

4. Vystuplenie Ministra obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii D.V.Livanova na zasedanii Prezidiuma Pravitel'stva Rossijskoj Federacii- minobrnauki.rf/press-centr/2497.

5. Dannye Ministerstva finansov Rossijskoj Federacii. Oficial'nyj sajt – www1.minfin.ru.

6. Kalashnikova O.V. Kachestvo vysshego obrazovanija – osnovnoj kriterij finansirovanija vuzov v uslovijah innovacionnoj jekonomiki // Finansy i kredit. 2011. no. 4. pp. 62.

7. Fedorova I.Ju,, Elistratova E.Ju. Sovershenstvovanie mehanizma finansirovanija obrazovanija // Finansovyj zhurnal. 2012. no. 1. pp. 153.

Рецензенты:

Сидорова Н.И., д.э.н, профессор кафедры менеджмента и финансов ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста;

Босчаева З.Н., д.э.н., профессор кафедры менеджмента и финансов Калмыцкого государственного университета, г. Элиста.

Работа поступила в редакцию 09.10.2012.

(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_____