

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 3, 2014

Электронная версия
<http://www.rae.ru/snt>
12 выпусков в год
Импакт фактор РИНЦ = 0,153

Журнал основан в 2003 г.
ISSN 1812–7320

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР М.Ю. Ледванов

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА Н.Ю. Стукова

Ответственный секретарь М.Н. Бизенкова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.т.н., профессор Антонов Александр Владимирович Обнинск
д.т.н., профессор Беляев Владимир Львович Санкт-Петербург
д.ф.-м.н., профессор Бичурин Мирза Имамович Великий Новгород
д.т.н., профессор Гилёв Анатолий Владимирович Красноярск
д.т.н., профессор Грызлов Владимир Сергеевич Череповец
д.т.н., профессор Захарченко Владимир Дмитриевич Волгоград
д.т.н., профессор Корячкина Светлана Яковлевна Орел
д.т.н., профессор Крупенин Виталий Львович Москва
д.т.н., профессор Литвинова Елена Викторовна Орел
д.т.н., профессор Нестеров Валерий Леонидович Екатеринбург
д.т.н., профессор Пен Роберт Зусьевич Красноярск
д.т.н., профессор Петров Михаил Николаевич Красноярск
д.т.н., профессор Попов Федор Алексеевич Бийск
д.т.н., профессор Пындак Виктор Иванович Волгоград
д.т.н., профессор Салихов Мухаммет Габдулхаевич Йошкар-Ола
д.т.н., профессор Важенин Александр Николаевич Нижний Новгород
д.т.н., профессор Арютов Борис Александрович Нижний Новгород
д.т.н., профессор Гоц Александр Николаевич Владимир
к.ф.-м.н. Капитонова Тамара Афанасьевна Якутск

Учредитель – **Академия Естествознания**
123557, Москва,
ул. Пресненский вал, 28
Свидетельство о регистрации **ПИ № 77-15597**
ISSN 1812–7320

АДРЕС РЕДАКЦИИ
440026, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3
Тел. редакции +7(499) 704-1341
Факс (8452) 47–76–77
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать 2014

Формат 60х90 1/8
Типография
ИД «Академия Естествознания»
440000, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3

Технический редактор
Нестерова С.Г.

Усл. печ. л. 12.
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2014/3
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ <i>Васильевых С.Л., Саитов В.Е.</i>	7
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АКТЮАТОРА <i>Ветров В.А., Ивашов Е.Н., Князева М.П., Федотов К.Д.</i>	11
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СКАНЕРА <i>Ветров В.А., Ивашов Е.Н., Князева М.П., Федотов К.Д.</i>	14
ОБ ИСТОКАХ ПРОГРАММЫ «РУБИКОН» <i>Воронков Ю.С., Воронков О.Ю.</i>	22
ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ СКАНИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ <i>Григорьев И.Ю., Ивашов Е.Н., Панфилова Е.С.</i>	32
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ БЕСШАТУННЫХ ЗУБЧАТЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ БЕЗ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ <i>Зайкин О.А.</i>	40
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ КОЛЕС БЕСШАТУННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ ДВИЖЕНИЕМ <i>Зайкин О.А., Шеховцов В.В.</i>	46
РОЛЬ ИЗНАЧАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДИССИПАТИВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ <i>Игонин В.И.</i>	51
ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, ТЕПЛА И ПРЭСНОЙ ВОДЫ <i>Лысенко В.С., Ынтыбаева С.С.</i>	56
ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ <i>Лысенко В.С.</i>	59
ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ <i>Мартirosян А.Г., Калмыков М.И.</i>	62
СОВРЕМЕННЫЕ МАЛЫЕ ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ <i>Романов А.Д., Чернышов Е.А., Романова Е.А.</i>	68

Геолого-минералогические науки

S-ТИП ГРАНИТОИДОВ: НОМЕКЛАТУРА, ПЕТРОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ НА ОСНОВЕ СОСТАВОВ БИОТИТОВ <i>Гусев А.И.</i>	72
ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ТАРДАНСКОГО РУДНОГО УЗЛА ВОСТОЧНОЙ ТУВЫ <i>Гусев А.И.</i>	77
ПЕТРОЛОГИЯ КИРИЛЛОВСКОГО ШТОКА ГОРНОГО АЛТАЯ <i>Гусев А.И., Гусев Н.И.</i>	82
ПЕТРОЛОГИЯ ПЛАГИОГРАНИТОИДОВ КОПТИНСКОГО КОМПЛЕКСА ТУВЫ <i>Гусев А.И.</i>	87
ТИПИЗАЦИЯ ПЕГМАТИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ АЛТАЯ <i>Гусев А.И.</i>	93
ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ПЛАГИОГРАНИТОВ САПШИЛАНСКОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ <i>Гусев А.И.</i>	98
НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ОРУДЕНЕНИЮ КОЛЫВАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛТАЯ <i>Гусев А.И.</i>	103
ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ТОШАНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ГОРНОГО АЛТАЯ <i>Гусев А.И.</i>	109
ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕСТОРОЖДЕНИЙ САПРОПЕЛЯ ВОДНО-ЭРОЗИОННЫХ ОЗЕР МЕТОДОМ ЗВУКОВОЙ ГЕОЛОКАЦИИ <i>Макаренко Г.Л.</i>	114
СОБЫТИЙНО-ВРЕМЕННОЙ КОНТИНУУМ И ОБЩАЯ ШКАЛА ЭТАПОВ ГЕОАСТРОНОМИЧЕСКОЙ ХРОНОЛОГИИ <i>Ожгибесов В.П.</i>	118

Физико-математические науки

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ВЕЙВЛЕТ И ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ <i>Амосов О.С., Муллер Н.В.</i>	122
МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ СТАДИЙ РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ ГРУППОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ <i>Бутов А.А., Корчагина И.А.</i>	125

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КЛАССОВ ВЫЧЕТОВ <i>Зюзякин Г.И., Калмыков М.И., Петрова Е.В.</i>	128
УРАВНЕНИЯ СТРУКТУРЫ В РЕЛЯТИВИСТСКОЙ МЕХАНИКЕ СПЛОШНЫХ СРЕД И РЕШЕНИЕ ПАРАДОКСА БЕЛЛА <i>Подосенов С.А.</i>	132
Химические науки	
ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ $\text{Cu}_2\text{GeS}_3\text{-Cu}_2\text{GeSe}_3$ <i>Багхери С.М., Алвердиев И.Дж., Юсубов Ю.А., Бабанлы М.Б.</i>	139
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ $\text{TL-TL}_2\text{Te-TL}_9\text{VTe}_6\text{-VI}$ <i>Джафаров Я.И., Имамалиева С.З., Бабанлы М.Б.</i>	142
ГИПОХРОМИЗМ ДЕГАЗИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ДНК <i>Пивоваренко Ю.В.</i>	147
О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ФЕРРИТОВ-ХРОМИТОВ НИКЕЛЯ (II) В ХОДЕ ТОПОХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА <i>Шабельская Н.П., Захарченко И.Н., Ульянов А.К.</i>	150
Материалы конференции «Современные наукоемкие технологии», Доминиканская Республика, 13-22 апреля, 2014	
Медицинские науки	
ВЛИЯНИЕ МАЗИ МЕТИЛИРАЦИЛОВОЙ С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА НА ПОКАЗАТЕЛИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА И ЦИТОКИНОВЫЙ ПРОФИЛЬ В КРОВИ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ОБЛУЧЕНИИ МОРСКИХ СВИНОК <i>Звягинцева Т.В., Гринь В.В., Миронченко С.И.</i>	153
Технические науки	
ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ <i>Петров М.Н., Анаров М.Ж.</i>	153
Химические науки	
ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ХЛОРИДОВ ПИРИДИНИЯ, ЛАНТАНА И НЕОДИМА <i>Егорова И.Ю., Веролайнен Н.В.</i>	154
Экология и здоровье населения	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОБИОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКОЛОГИЧНОГО ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ <i>Мотовилов К.Я., Мотовилов О.К.</i>	155
Материалы конференции «Современные наукоемкие технологии», Израиль, 25 апреля – 2 мая, 2014 г.	
Химические науки	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ <i>Гасаналиев А.М., Ахмедова П.А., Гаматаева Б.Ю.</i>	156
Материалы конференции «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники», Италия (Рим - Флоренция), 12-19 апреля, 2014	
Ветеринарные науки	
МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЛИЯНИЯ ПЕРФТОРАНА НА СТРУКТУРУ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КРЫС ПРИ ОСТРОМ ДЕСТРУКТИВНОМ ПАНКРЕАТИТЕ <i>Андреева С.Д.</i>	156
Технические науки	
КОНТРОЛЬ НАДЕЖНОСТИ НАНОСПУТНИКОВ И ПИКОСПУТНИКОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ <i>Петров М.Н., Анаров М.Ж.</i>	157
Философские науки	
ФИЛОСОФИЯ ИСТОРИИ: ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКИЙ ДИСКУРС <i>Попов В.В.</i>	158
Экономические науки	
К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН <i>Балабеков Т.К., Максүтова Ж.К., Балабекова К.Г., Байров Н.Б., Оразалина А.Б.</i>	159
Материалы конференции «Технические науки и современное производство», Канарские острова, 8-15 марта, 2014	
Технические науки	
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ НАГРЕВА РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ НА СТРУКТУРУ И ПЛАСТИЧЕСКУЮ ДЕФОРМАЦИЮ <i>Симачев А.С., Осколкова Т.Н.</i>	161

Физико-математические науки

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ ТРЕУГОЛЬНЫХ ТОЧЕК ЗАДАЧИ ТРЕХ ТЕЛ
С ИЗЛУЧАЮЩИМИ МАССАМИ

Турешбаев А.Т., Омарова У.Ш., Бексейтова А.Б.

162

**Материалы конференции «Новые технологии, инновации, изобретения»,
Мальдивские острова, 17-25 марта, 2014**

Технические науки

ЛОКАЛЬНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТЕНОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ АВТОКЛАВНОГО
ТВЕРДЕНИЯ

Ильина И.А., Минько Н.И., Борисов И.Н., Бондаренко Д.О., Скрипченко П.В.

165

**Материалы конференции «Инновационные медицинские технологии»,
Франция (Париж), 14-21 марта, 2014**

Медицинские науки

К ПРОБЛЕМЕ О МЕХАНИЗМЕ ПРОРЕЗЫВАНИЯ ЗУБОВ У ЧЕЛОВЕКА

Постолаки А.И.

166

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**Педагогические науки**

ИНДЕКС ХИРША (H-ИНДЕКС) КАК ОБЪЕКТ ЦИТИРОВАНИЯ В НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

Баранова И.А., Задувалова Е.В., Калугина А.Е., Киселева А.А., Рыжова Ж.С.

167

ФИЛОСОФИЯ В ФЕДЕРАЛЬНЫХ УНИВЕРСИТЕТАХ: ВЗГЛЯД НА ИНДЕКС ХИРША

Назаренко М.А.

168

Технические науки

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПРОВОДНОГО ИНТЕРНЕТА LI-FI

Вакарев М., Безнос О.С.

169

ТЕХНОЛОГИЯ NEAR FIELD COMMUNICATION (NFC).

Карнаухов В., Безнос О.С.

169

О МОНОГРАФИИ ЧУРУНОВА В.Н. «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЧНОГО
ЗАКИДНОГО НЕВОДНОГО ЛОВА РЫБ»

Бухарицин П.И.

170

ВРЕМЕННАЯ ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ПРОБОИНЫ В КОРПУСЕ СУДНА С ПОМОЩЬЮ ЛЕДЯНОЙ ПРОБКИ

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.

172

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙНОГО ВЫЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ
ИЗ ПОВРЕЖДЕННОГО ТРУБОПРОВОДА

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.

173

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ ИЗ ПОДВОДНОГО НЕФТЕПРОВОДА

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г., Бухарицин А.П., Беззубиков А.Г.

174

УСОВЕРШЕНСТВАННОЕ ПЛАВУЧЕЕ СРЕДСТВО ДЛЯ СБОРА НЕРАСТВОРИМЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.

175

УСОВЕРШЕНСТВАННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СУДОВЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г., Сайкин М.И., Арманский А.Г.

176

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДЪЕМА ЖИДКОСТИ ИЗ СКВАЖИНЫ

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.

178

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДЪЕМА ЗАТОНУВШИХ ОБЪЕКТОВ

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г., Ветрова А.А., Белая В.А.

178

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ В ТРЮМЕ И СОХРАНЕНИЯ
ПЛАВУЧЕСТИ СУДНА

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.

179

Химические науки

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛКИЛСУЛЬФОХЛОРИДОВ

Петрова В.Е., Медников Е.В.

181

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

182

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АКАДЕМИИ

191

CONTENTS

Technical sciences

FABRICATION OF DETAILS TO SMALL ACERBITY FOR LIMIT OF BOUNCE <i>Vasilievych S.L., Saitov V.E.</i>	7
PIEZOELECTRIC ACTUATOR TECHNICAL DECISION OPTIMIZATION <i>Vetrov V.A., Ivashov E.N., Knyazeva M.P., Fedotov C.D.</i>	11
ASYMPTOTIC METHODS FOR COMPUTER-AIDED DESIGN OF TECHNICAL OBJECTS <i>Vetrov V.A., Ivashov E.N., Knyazeva M.P., Fedotov K.D.</i>	14
REGARDING THE ORIGINS OF THE «RUBICON» <i>Voronkov Yu.S., Voronkov O.Yu.</i>	22
USE OF MECHANICAL SCANNING DEVICES IN ELECTRICAL SPECIAL-PURPOS DRIVE <i>Grigoryev I.Y., Ivashov E.N., Panfilova E.S.</i>	32
THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF MOTION PARAMETERS OF CONTROL-FREE DIFFERENTIAL TOOTH GEARS WITH FORWARD MOTION WITHOUT GUIDING <i>Zaikin O.A.</i>	40
THE CALCULATING PRINCIPLES OF THE NUMBER OF WHEEL COGS OF CONTROL-FREE DIFFERENTIAL WITH RECTILINEAR MOTION <i>Zaikin O.A., Shehovtsov V.V.</i>	46
THE ROLE OF THE INITIAL SUBMISSION OF DISSIPATIVE COMPONENTS FOR MODELING THE THERMAL-HYDRAULIC SYSTEMS <i>Igonin V.I.</i>	51
CONVERSION TECHNOLOGY OF WIND ENERGY FOR EXTRACT ELECTRICITY, HEAT AND FRESHWATER <i>Lyssenko V.S., Yntybaeva S. S.</i>	56
TECHNOLOGY TO REDUCE THE FLOW RESISTANCE IN THE DISCHARGE LINE <i>Lyssenko V.S.</i>	59
BASIC METHODS RESILIENCY SPECIALIZED COMPUTING DEVICES DIGITAL SIGNAL PROCESSING <i>Martirosyan A.G., Kalmykov M.I.</i>	62
MODERN SMALL SUBMARINES <i>Romanov A.D., Chernyshov E.A., Romanova E.D.</i>	68

Geological and mineralogical sciences

S-TYPE GRANITOIDS: NOMENCLATURE, PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION ON COMPOSITION OF BIOTITES <i>Gusev A.I.</i>	72
GOLD ORE MINERALIZATION OF TARDANSKII ORE DISTRICT OF EASTERN TUVA <i>Gusev A.I.</i>	77
PETROLOGY OF KIRILLOVSKII STOCK OF MOUNTAIN ALTAI <i>Gusev A.I., Gusev N.I.</i>	82
PETROLOGY OF PLAGOGRANITES OF KOPTINSKII COMPLEX TUVA <i>Gusev A.I.</i>	87
TYPEZATION OF PEGMATITE MINERALIZATION OF ALTAI <i>Gusev A.I.</i>	93
PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF PLAGIOGRANITES OF SAPSHILANSKII COMPLEX OF WESTERN PRIBAIKALIA <i>Gusev A.I.</i>	98
A NEW DATA ON ORE MINERALIZATION OF KOLYVANSKOE DEPOSIT OF ALTAI <i>Gusev A.I.</i>	103
GOLD-SULFIDE-QUARTZ ORE MINERALIZATION OF TOSHANSKOJE DISTRICT OF MOUNTAIN ALTAI <i>Gusev A.I.</i>	109
FORWARD-LOOKING ASSESSMENT OF QUALITY OF CHARACTERISTICS OF SAPROPEL DEPOSITS OF LAKES WATER EROSION BY METHOD SOUND GEOLOCATION <i>Makarenko G.L.</i>	114
EVENTS-AND-TIME CONTINUUM AND A COMMON SCALE FOR STAGES OF GEOASTRONOMICAL CHRONOLOGY <i>Ozhgibesov V.P.</i>	118

Physical and mathematical sciences

THE USING METHODS OF WAVELET AND FRACTAL ANALYSIS FOR MATHEMATICAL AND NUMERICAL MODELING OF TIME SERIES <i>Amosov O.S., Muller N.V.</i>	122
A CANCER DISEASE STAGES ESTIMATION METHOD BASED ON THE GROUP CLASSIFICATION OF THE DISTRIBUTIONS <i>Butov A.A., Korchagina I.A.</i>	125
MATHEMATICAL MODEL OF INFORMATION SYSTEMS, OPERATES IN A POLYNOMIAL SYSTEM OF RESIDUE CLASS <i>Zyuzyn G.I., Kalmykov M.I., Petrova E.V.</i>	128
EQUATIONS OF STRUCTURE IN RELATIVISTIC MECHANICS OF CONTINUA AND BELL'S PROBLEM SOLUTION <i>Podosenov S.A.</i>	132

Chemical sciences

PHASE EQUILIBRIA IN Cu_2GeS_3 - Cu_2GeSe_3 SYSTEM <i>Bagheri S.M., Alverdiev I.J., Yusibov Y.A., Babanly M.B.</i>	139
PHYSICO-CHEMICAL INVESTIGATION OF TL-TL2TE-TL9BITE6-BI SUBSYSTEM <i>Jafarov Ya.I., Imamaliyeva S.Z., Babanly M.B.</i>	142
HYPOCHROMISM OF DEGAS DNA SOLUTIONS <i>Pivovarenko Yu.V.</i>	147
ON THE EDUCATION MECHANISM OF NIKEL (II) FERIT-CHROMIT DURING TOPOCHEMICAL PROCESS <i>Shabelskaya N.P., Zacharcshenko I.N., Ulyanov A.K.</i>	150

УДК 621.7.01.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ

¹Васильевых С.Л., ²Сантов В.Е.

¹ФГБОУ ВПО Вятский государственный университет, Киров;

²ГНУ ЗНИИСХ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого Россельхозакадемии, Киров,
e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

В статье рассматривается новое направление интенсификации процессов механической обработки на токарных станках деталей, обладающих малой жесткостью. Представленные исследования позволяют решить рассматриваемую проблему путем осуществления процессов в ранее считавшейся недоступной области механической обработки, распространяющейся за предел упругости обрабатываемого материала. В результате проведенных исследований разработаны технологические средства для обеспечения виброустойчивости детали малой жесткости в процессе интенсивной токарной обработки.

Ключевые слова: станок, инструмент, заготовка, предел упругости, детали малой жесткости, токарная обработка.

FABRICATION OF DETAILS TO SMALL ACERBITY FOR LIMIT OF BOUNCE

¹Vasiliev S.L., ²Saitov V.E.

¹Vyatka State University, Kirov;

²NIISH North-East n.a. N.V. Rudnitsky RAAS, Kirov,
e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

New direction of the improvement of the processes of the mechanical processing is considered in article on lathes of the details, possessing small acerbity. The presented studies allow to solve the considered problem by realization of the processes in earlier scanned inaccessible area of the mechanical processing, spreading for limit of bounce of the processed material. As a result called on studies is designed technological facilities for provision of vibratory stability of the detail to small acerbity in process of the intensive turning processing.

Keywords: tool, instrument, stocking up, limit to bounce, detail to small acerbity, turning processing.

Проблема интенсификации процессов механообработки связана с исследованием жесткости и устойчивости системы СПИЗ (система станок – приспособление – инструмент – заготовка) в процессе резания металлов, которая является комплексным показателем, учитывающим совокупность факторов, в том числе упругие свойства системы, режим резания, геометрию инструмента, схему обработки.

Доминирующим свойством рассматриваемой системы СПИЗ является сравнительно малая жесткость обрабатываемой детали по отношению к другим ее элементам. При интенсивном процессе обработки это обуславливает возникновение автоколебаний обрабатываемой детали, которые сопровождаются образованием следов вибраций на обработанной поверхности детали.

Устройства для снижения деформаций нежестких валов

В Вятском государственном университете на базе кафедры технологии машиностроения разработан ряд сравнительно простых устройств, позволяющих достаточно эффективно гасить автоколебания нежест-

ких валов, возникающие в процессе обработки [1, 2, 3, 4, 5].

Виброгаситель-люнет (рисунок 1) выполнен в виде рычага 1, несущем контактные ролики 2. Рычаг 1 шарнирно установлен на кронштейне 3, закрепленном на поперечных салазках суппорта, а замковое устройство 4, осуществляющее фиксацию рычага 1 в рабочем положении, установлено на резцедержателе 5.

В этой конструкции применено два контактных ролика, взаимодействующих с обрабатываемой деталью под углом 120°, что повышает надежность работы и препятствует возникновению не только периодической (автоколебаний), но и аperiodической неустойчивости рассматриваемой системы СПИЗ. Фрикционный демпфер 6, содержащий пакет тарельчатых пружин, установлен на резьбовом стержне 7, непосредственно соединенном с вилкой, несущей контактные ролики 2. При окончании обработки рычаг отводится от обработанной детали посредством спиральной пружины, срабатывающей при выключении замкового устройства. Такое исполнение улучшает удобство работы и наблюдение за зоной резания.

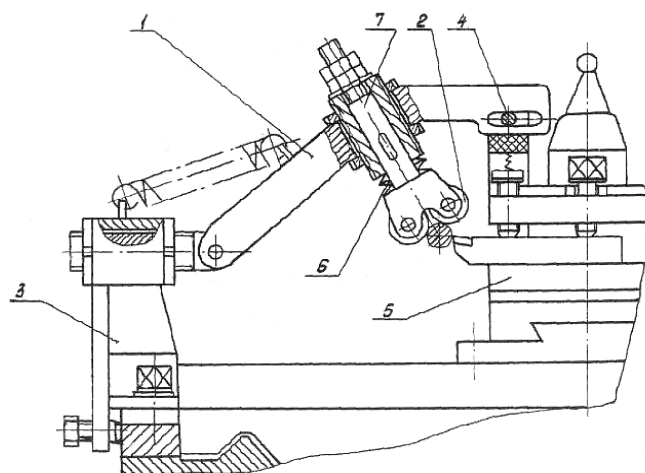


Рис. 1. Виброгаситель-люнет для гашения вибраций обрабатываемой детали малой жесткости, устанавливаемый на суппорте

Рассмотренный виброгаситель позволяет повысить устойчивость процесса резания при сравнительно высоких режимах резания и, как следствие, достигнуть требуемого качества обработанной поверхности детали, увеличить стойкость режущего инструмента, повысить производительность обработки. Во многих случаях, применение виброгасителей позволяет избежать многопроходной обработки. Однако применение разработанной конструкции виброгасителя затруднено при токарной обработке ступенчатых валов, особенно, на станках с автома-

тизированным циклом обработки, в частности на токарных станках с числовым программным управлением (ЧПУ).

На рисунке 2 приведен виброгаситель-люнет, который позволяет обеспечить устойчивость при высокопроизводительной токарной обработке ступенчатых нежестких валов. Исходная настройка виброгасителя перед обработкой партии ступенчатых деталей на станке с ЧПУ осуществляется по эталону или пробной детали, которую устанавливают в соответствующие зажимные приспособления станка.

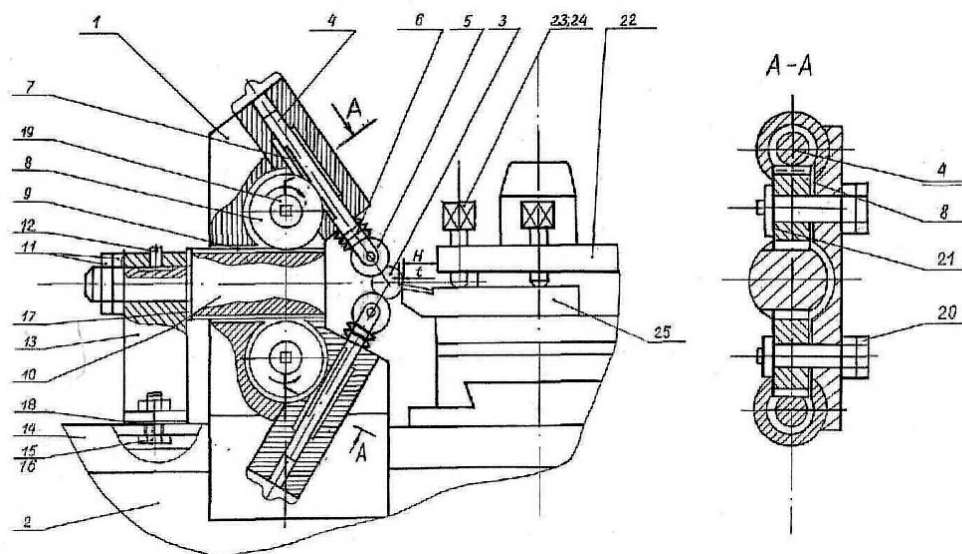


Рис. 2. Виброгаситель-люнет к токарному станку с ЧПУ для обработки ступенчатых нежестких валов в автоматизированном режиме

В резцедержателе 22 посредством крепежных элементов 23, 24 устанавливают резец 25 с заданным вылетом H с учетом припуска на обработку t и, раскрепляя крепежные элементы 15, 16, перемещают кронштейн по пазам, выполненным на салазках поперечного суппорта, до контакта роликов 5 с соответствующей поверхностью эталонной детали 3. Это положение устройства фиксируют с помощью указанных крепежных элементов. После этого резцедержатель 22 отводят в исходное положение, соответствующее началу автоматического цикла обработки детали. При этом плунжеры 4 с контактными роликами 5 также отходят в соответствующее исходное положение.

Далее, включив станок с ЧПУ, оснащенный программой управления траекторией перемещения резца, соответствующей профилю обрабатываемой детали 3, получают одновременное синхронное перемещение резца 25 и контактных роликов 5 при обработке ступенчатых деталей. В частности, при переходе на ступень большего диаметра, происходит автоматическое перемещение

резца 25 в направлении от центра обрабатываемой детали и одновременно соответствующее перемещение роликов 5 в радиальном направлении, что обеспечивает постоянство контакта опорных роликов 5 с обрабатываемой деталью 3. При этом вибрации обрабатываемой детали, возникающие при ее обработке, гасятся в пакетах тарельчатых пружин 6 фрикционного демпфера.

Таким образом, за счет описанной жесткой синхронной связи перемещений резца и контактных элементов люнета-виброгасителя обеспечивается автоматическая подстройка виброгасителя от заданной программы управления траекторией движения резца.

На рисунке 3 приведено еще одно виброгасящее устройство из разработанных виброгасителей-люнетов, оснащенное саморегулируемой гидравлической опорой и двумя коническими роликами, предназначенное для обработки ступенчатых валов на токарных станках с ЧПУ.

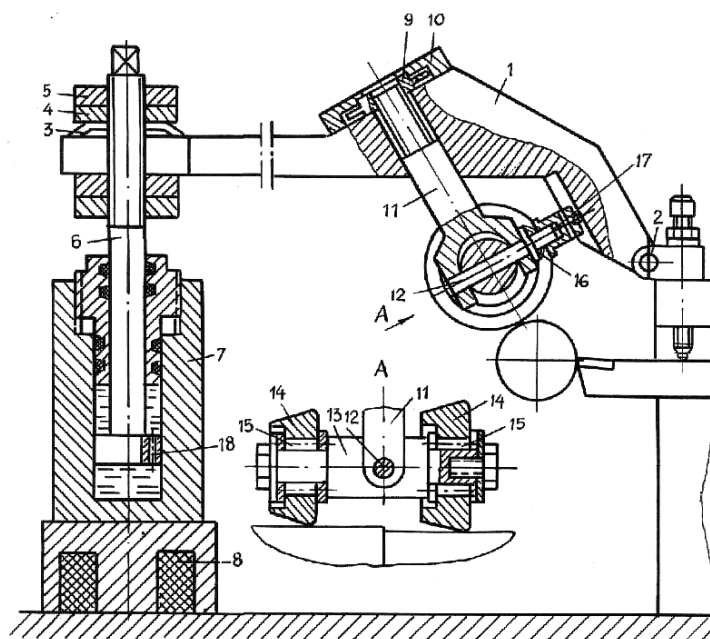


Рис. 3. Устройство с саморегулируемой опорой для гашения вибраций при токарной обработке ступенчатых нежестких валов на станке с ЧПУ

В исходном положении рычаг 1 устройства опрокинут на резце держатель. После включения рабочей подачи режущего инструмента рычаг опускают на обрабатываемую деталь таким образом, чтобы ролики

14 контактировали с деталью под заданным углом, и включают электромагнит 8, который обеспечивает неподвижное соединение гидравлической опоры 7 (связанной с рычагом устройства через демпфер) с попереч-

ной кареткой суппорта. Благодаря выполнению роликов 14 в виде усеченных конусов при обработке ступенчатой поверхности они могут свободно переходить друг за другом с одной поверхности на другую, поворачиваясь вместе с осью 13 относительно шарнира 12, установленного в вилке 11.

При переходе рычага устройства с одной обрабатываемой ступени на другую, который осуществляется со сравнительно небольшой скоростью, гидравлическая жидкость переливается из одной полости в другую через дроссель 18 без большого сопротивления. Таким образом обеспечивается саморегулирование опоры в вертикальном направлении при надлежащем контакте устройства с обрабатываемой деталью.

Возникающие в процессе механической обработки вибрации обрабатываемой детали гасятся за счет демпфирования в тарельчатых пружинах 3 и 16, а также в саморегулируемой опоре 7, которая при большой скорости возвратно-поступательного перемещения штока 6, выполняет одновременно функцию гидравлического демпфера. При этом, переливаясь с большой скоростью (соответствующей частоте вибраций, возникающих при механической обработке детали) через дроссель 18 гидравлическая жидкость встречает значительное сопротивление, что способствует демпфированию колебаний.

Заключение

В отличие от подвижных и неподвижных люнетов, традиционно применяемых при изготовлении деталей малой жесткости, описанные устройства, являющиеся по своему функциональному назначению виброгасителями-люнетами, практически не требуют дополнительных затрат времени при введении в работу, так как это осуществляется во время обработки детали. Применение таких устройств существенно повышает эффективность и универсальность токарного станка.

Список литературы

1. А.с. № 1814972 МКИ⁵ В23В 25/00, В23Q 1/24. Виброгаситель к металлорежущему станку / Васильевых С.Л., Городецкий Ю.И., Черезов С.Г. – опубл. 15.05.93. Бюл. № 18.
2. Васильевых С.Л. Исследование виброустойчивости системы СПИЗ при интенсивном течении нежестких валов с различным технологическим оснащением. – Днепропетровск: Системные технологии, 2009. – 105с.
3. Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Исследование виброустойчивости продольного течения нежестких валов: монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 96 с.
4. Васильевых Л.С., Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Исследование формообразования нежестких валов за пределом упругости: монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 172 с.
5. Васильевых Л.С., Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Исследование средств оснастки для снижения деформаций нежестких валов: монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 152 с.

УДК 517.977.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АКТЮАТОРА

Ветров В.А., Ивашов Е.Н., Князева М.П., Федотов К.Д.

ФГАОУ ВПО «Московский институт электроники и математики

Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»»,

Москва, e-mail: eivashov@hse.ru; e-mail: ienmiem@mail.ru

Рассмотрена оптимизация технического решения пьезоэлектрического актюатора по множеству критериев с использованием градиентного метода наискорейшего спуска. Приведены формулы, описывающие данный метод и введены ограничения.

Ключевые слова: метод наискорейшего спуска, пьезоактюатор, оптимизация технического решения.

PIEZOELECTRIC ACTUATOR TECHNICAL DECISION OPTIMIZATION

Vetrov V.A., Ivashov E.N., Knyazeva M.P., Fedotov C.D.

FGAEU HPE «Moscow institute of electronics and mathematics The National research university

“High school of economics”», Moscow, e-mail: eivashov@hse.ru; e-mail: ienmiem@mail.ru

Optimization of piezo electric actuator technical decision with use of the steepest descent gradient method is considered. Formulas describing that method and special limitations are shown.

Keywords: steepest descent method, piezo actuator, technical decision optimization.

При оптимизации технического решения часто сталкиваются с тем, что необходимо определить критерии и их влияние на конечное решение. Оптимизация технического решения пьезоактюатора может быть формально описана.

Пьезоактюатор выглядит следующим образом (рис. 1).

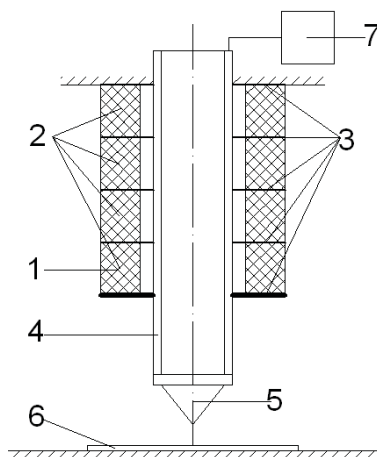


Рис. 1. Пьезоактюатор с системой терморегуляции.

Пьезоактюатор с системой терморегуляцией содержит пьезопривод 1, выполненный из набора пьезоколец 2, между которыми расположены металлические кольца 3, тепловую трубку 4, закрепленную на свободном торце пьезопривода 1, зонд 5, установленный в тепловой трубке 4 и взаимо-

действующий с подложкой 6, тепловая трубка 4 связана с источником жидкого азота 7.

Устройство наноперемещений зонда работает следующим образом.

При подаче напряжения на металлические кольца 3, происходит механическая деформация пьезопривода 1 из набора пьезоколец 2 вследствие обратного пьезоэффекта, при этом тепловая трубка 4, жестко связанная со свободным торцом пьезопривода 1, выполняет перемещение зонда 5 перпендикулярно подложке 6, в результате сил электрического взаимодействия зонда 5 и подложки 6 выполняется технологический процесс, при этом тепло из рабочей зоны зонда 5 тепловой трубки 4 к источнику жидкого азота 7.

Для начала необходимо определить обобщенный критерий, он будет включать в себя функциональные, экологические и экономические локальные критерии. Подробно опишем каждый из них.

Функциональные критерии: погрешность перемещения, быстродействие, виброустойчивость, термоустойчивость.

Экологические критерии: газовый поток.

Экономические критерии: стоимость и окупаемость.

Имея представление об обобщенном критерии, можно представить процесс потери качества пьезоактюатором с помощью математических выражений. Пусть $X_1, X_2, \dots, X_k$ будут параметрами, которые определяют состояние пьезоактюатора и одновременно

являются функциями времени. Если X принадлежит множеству состояний G_x , то можно говорить о работоспособности устройства. Неработоспособно устройство в том случае, когда все значения X_k больше соответствующих им допустимых значений $X_{кр}$. В случае, если некоторые значения превышают допустимые, а некоторые – нет, то пьезоактюатор является частично работоспособным. Параметры качества пьезоактюатора должны подчиняться неравенству $X_k \leq X_{кр}$. Это соответствует тому, что G_x является подмножеством $G_{кр}$. Запас по качеству можно описать выражением: $K_i = X_{ip}/X_i$. В числителе находится нормирующий параметр, в знаменателе – параметр пьезоактюатора. Качество по погрешности перемещения – $K_1 = \delta_p/\delta$, качество по быстродействию – $K_2 = \tau_p/\tau$, качество по газовому потоку – $K_3 = q_p/q$, по стоимости – $K_4 = c_p/c$, по окупаемости – $K_5 = o_p/o$, по виброустойчивости – $K_6 = v_p/v$, по термоустойчивости $K_7 = T_p/T$. Здесь $\delta_p, \tau_p, q_p, c_p, o_p, v_p, T_p$ – допустимые значения погрешности перемещения, быстродействия, газового потока, стоимости и окупаемости для пьезоактюатора. $\delta, \tau, q, c, o, v, T$ – фактические значения величин для пьезоактюатора.

В итоге обобщенный критерий качества выглядит следующим образом:

$$\frac{1}{K} = \frac{a_1}{K_1} + \frac{a_2}{K_2} + \frac{a_3}{K_3} + \dots + \frac{a_7}{K_7}.$$

где a_i (i от 1 до 7) – весовые коэффициенты, для нахождения которых используется метод экспертных оценок из теории принятия решений.

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1.$$

В общем случае:

$$K_N = \frac{1}{\sum_{i=1}^n a_i/K_i}.$$

Для дальнейшего анализа технического решения пьезоактюатора применим метод наискорейшего спуска. Градиент является направлением наискорейшего возрастания функции, следовательно, противоположное направление является направлением наискорейшего убывания функции.

Предположим, что происходит перемещение из точки x в точку $x + hd$, где d – на-

правление, h – шаг некоторой длины. Следовательно, происходит перемещение из точки $(x_1, \dots, x_n)$ в точку $(x_1 + \delta x_1, \dots, x_n + \delta x_n)$, где $\delta x_i = h d_i$, $x_i \in G_x$. d_i – косинусы направления d , причем

$$\sum_{i=1}^n d_i^2 = 1.$$

Изменение значений функции определяет соотношение с точностью до первого порядка:

$$\begin{aligned} df &= f(x_1 + \delta x_1, \dots, x_n + \delta x_n) - f(x_1, \dots, x_n) = \\ &= \frac{\partial f}{\partial x_1} \delta x_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \delta x_n. \end{aligned}$$

Частные производные вычисляются в точке x . Чтобы получить наибольшее значение изменения функции df для выбора направления d_i , необходимо решить задачу максимизации с ограничением, используя метод Лагранжа.

$\varphi(d_1, \dots, d_n) = df + \lambda (\sum d_i^2 - 1)$. В таком случае величина df , для которой сумма квадратов всех $d_i = 1$, достигает максимума, когда достигает максимума следующая функция:

$$\begin{aligned} \varphi(d_1, \dots, d_n) &= h \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} d_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} d_n \right) + \\ &+ \lambda (d_1^2 + \dots + d_n^2 - 1). \end{aligned}$$

Производная данной функции:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial d_j} = h \frac{\partial f}{\partial x_j} + 2\lambda d_j, \quad \text{при } j = 1, \dots, n.$$

$$\text{И если } \frac{\partial \varphi}{\partial d_j} = 0, \quad \text{то } d_j = -\frac{h \partial f}{2\lambda \partial x_j},$$

тогда

$$\frac{d_1}{\frac{\partial f}{\partial x_1}} = \dots = \frac{d_n}{\frac{\partial f}{\partial x_n}}.$$

Тогда $d_i \sim \partial f / (\partial x_i)$ направление d параллельно $\nabla f(x)$ в точке x .

Наиболее локальное возрастание функции для заданного малого шага h , имеет место, когда d есть направление $\nabla f(x)$ или $g(x)$.

В итоге направлением наискорейшего спуска примем $-\nabla f(x)$ или $-g(x)$. В простом виде уравнение изменений значений функции можно переписать так:

$$df = |\nabla f(x)| |dx| \cos \theta,$$

где θ – угол между векторами $\nabla f(x)$ и dx . Для заданного dx минимизируем $\theta=180^\circ$, и направление dx совпадет с направлением $-\nabla f(x)$.

Направление градиента перпендикулярно в любой точке линии постоянного уровня, поскольку вдоль этой линии функция постоянна. Если $(d_1, \dots, d_n)$ – малый шаг вдоль линии уровня, то $f(x_1 + d_1, \dots, x_n + d_n) = f(x_1, \dots, x_n)$.

Следовательно:

$$df = \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_j} d_j = [\nabla f(x)]^T d = 0.$$

В методе наискорейшего спуска желательно использовать рассмотренное свойство направления градиента, так как на некотором шаге процесса оптимизации поиск минимума функции выполняется вдоль направления $-\nabla f(x_j)$. Данный метод является итерационным, на шаге l точка минимума аппроксимируется точкой x_l .

Следующей аппроксимацией будет точка:

$x_{i+1} = x_i - \lambda_i \nabla f(x_i)$, λ_i – значение λ , минимизирующее функцию

$$\varphi(\lambda) = f(x_i - \lambda \nabla f(x_i)).$$

Значение λ_i может быть найдено с помощью методов одномерного поиска. Блок-схема метода может быть представлена следующим образом (рис. 2).

С помощью метода наискорейшего спуска осуществляется поиск из заданной точки в направлении, параллельном одной из осей, до точки минимума в данном направлении. Затем поиск производится в направ-

лении, параллельном другой оси и так далее. На каждом этапе поиск точки минимума производится вдоль «наилучшего» направления. Описанный выше метод позволяет выбрать «наилучшее» направление для оптимизации пьезоэлектрического актюатора по многим критериям.

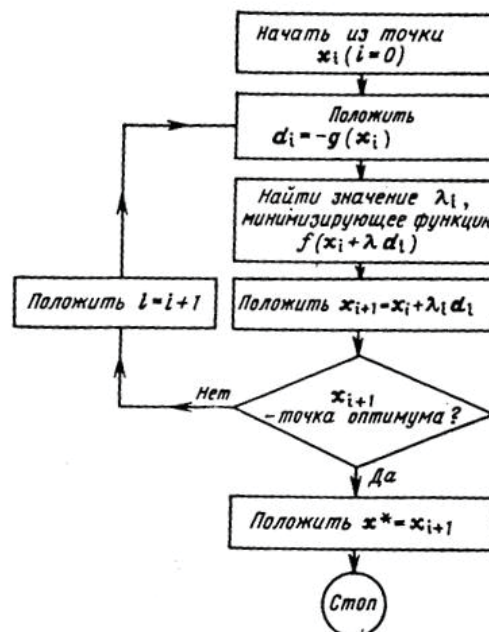


Рис. 2. Схема нахождения значения λ_i .

Список литературы

1. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с., ил.
2. Ивашов Е.Н., Павлов А.Ю. Исследование пьезоскалеров в СЗМ. – М.: РИО МИЭМ, 2005. – 32 с., ил.
3. Ивашов Е.Н., Федотов К.Д. Трехкоординатный пьезопривод для сканирующей туннельной микроскопии // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения: материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC – 2012», 3-7 декабря 2012 г. Москва / отв. ред. А.С. Сигов. – Ч. 3: Материалы и технологии. – М.: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2012. – 171 с. – ISBN 978-5-7339-0944-8. С. 165-168.

УДК 621.382.8

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СКАНЕРА

Ветров В.А., Ивашов Е.Н., Князева М.П., Федотов К.Д.

ФГАОУ ВПО «Московский институт электроники и математики

Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»»,

Москва, e-mail: eivashov@hse.ru; e-mail: ienmiem@mail.ru

Рассмотрена итерационная процедура комплексного метода, в которой производится поиск минимума перемещением по направлению к минимуму внутри области ограничений. При разработке биморфных элементов пьезосканера в нанотехнологии необходим учет их поперечных и продольных колебаний, оказывающих существенное влияние на точность позиционирования острия кантилевера относительно подложки для наиболее точного нанесения квантовых точек на подложку. Различные конструкции кантилевера приносят в устройство свои особенности. Пьезосканер должен работать в режиме антирезонанса, то есть все резонансные частоты должны быть исключены. Это достигается как геометрией пьезосканера, так и материалом.

Ключевые слова: итерационный метод; комплексный метод; минимизация функции.

ASYMPTOTIC METHODS FOR COMPUTER-AIDED DESIGN OF TECHNICAL OBJECTS

Vetrov V.A., Ivashov E.N., Knyazeva M.P., Fedotov K.D.

FGAEU HPE «Moscow institute of electronics and mathematics The National research university

“High school of economics”», Moscow, e-mail: eivashov@hse.ru; e-mail: ienmiem@mail.ru

Iterative procedure is a complex method, in which minimum is searched by movement to minimum area within limits is considered. Account of longitudinal and transverse oscillation, which has a significant impact on positioning accuracy of the tip's cantilever relative to the substrate for the most accurate application of quantum dots on a substrate, is required in developing of the bimorph piezo elements in nanotechnology. Piezoscanner should work in mode of antiresonance, i.e. all resonant frequencies should be excluded. This is achieved as the piezo geometry as material.

Keywords: iterative method; complex method; function's minimization.

Оптимизация технического решения пьезоэлектрического сканера состоит в минимизации функции $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x определяется явными ограничениями

$$l_j \leq x_j \leq u_j \text{ при } j=1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

а также неявными ограничениями

$$g_i(x) \leq b_i \text{ при } i=1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

Если целевая функция $f(x)$ выпукла и функции $g_i(x)$ тоже выпуклы, то задача будет иметь единственное решение. Значения l_j и u_j являются нижней и верхней границами переменных. Если в конкретной задаче заданные переменные теоретически не имеют ограничений, то предположение о наличии у них «безопасных» границ, т. е. границ, включающих оптимум, позволит применить комплексный метод.

Данный метод является итерационным. В нем предполагается, что известны значения n и m , l_j и u_j и начальная точка (см. неравенства (1) и (2)). В первую очередь необходимо выбрать k точек, которые удовлетворяют ограничениям, а также вычислить целевую функцию во всех k точках. Множество этих точек называется комплексом. Бокс об-

наружил, что должно быть больше $(n+1)$ – числа точек, используемых в симплексном методе Нелдера-Мида, и положил $k=2n$.

Как упоминалось выше, предполагается, что точка x_j , удовлетворяющая всем ограничениям для пьезоэлектрического сканера, задана. Остальные точки, удовлетворяющие неравенству (1), могут быть выбраны следующим образом:

$$x_{ij} = l_j + r(u_j - l_j) \quad (3)$$

для $j=1, 2, \dots, n$ и $i=2, 3, \dots, k$, где r – псевдослучайная равномерно распределенная переменная в интервале $(0; 1)$.

Точки, выбираемые в соответствии с уравнением (3) для данного j , будут автоматически удовлетворять неравенству (1). Если эти точки удовлетворяют также неравенству (2), то они принимаются в качестве начальных точек комплекса. Если точка, выбранная в соответствии с уравнением (3), не удовлетворяет неравенству (2), то она смещается на половину расстояния до центра тяжести множества уже принятых точек, т. е. формируется точка

$$x_i' = \frac{(x_i + x_c)}{2}, \quad (4)$$

где $x_c = \frac{1}{i-1} \sum_{s=1}^{i-1} x_s$ (5)

Если точка в соотношении (4) все еще не является допустимой, то описанная соотношением (3) процедура повторяется вновь до тех пор, пока точка не станет допустимой. Если функция $g_i(x)$ выпукла, то в конце концов ограничения будут выполняться. Конечно, поскольку точка x_i нахо-

дится внутри области ограничений пьезосканера, то комплекс будет состоять из допустимых точек.

Удобно упорядочить точки комплекса в соответствии со значениями функции. Процедуру инициализации комплекса можно описать с помощью блок-схемы (рис.1). Она реализуется в программе операторами в строках с номерами до 1000.

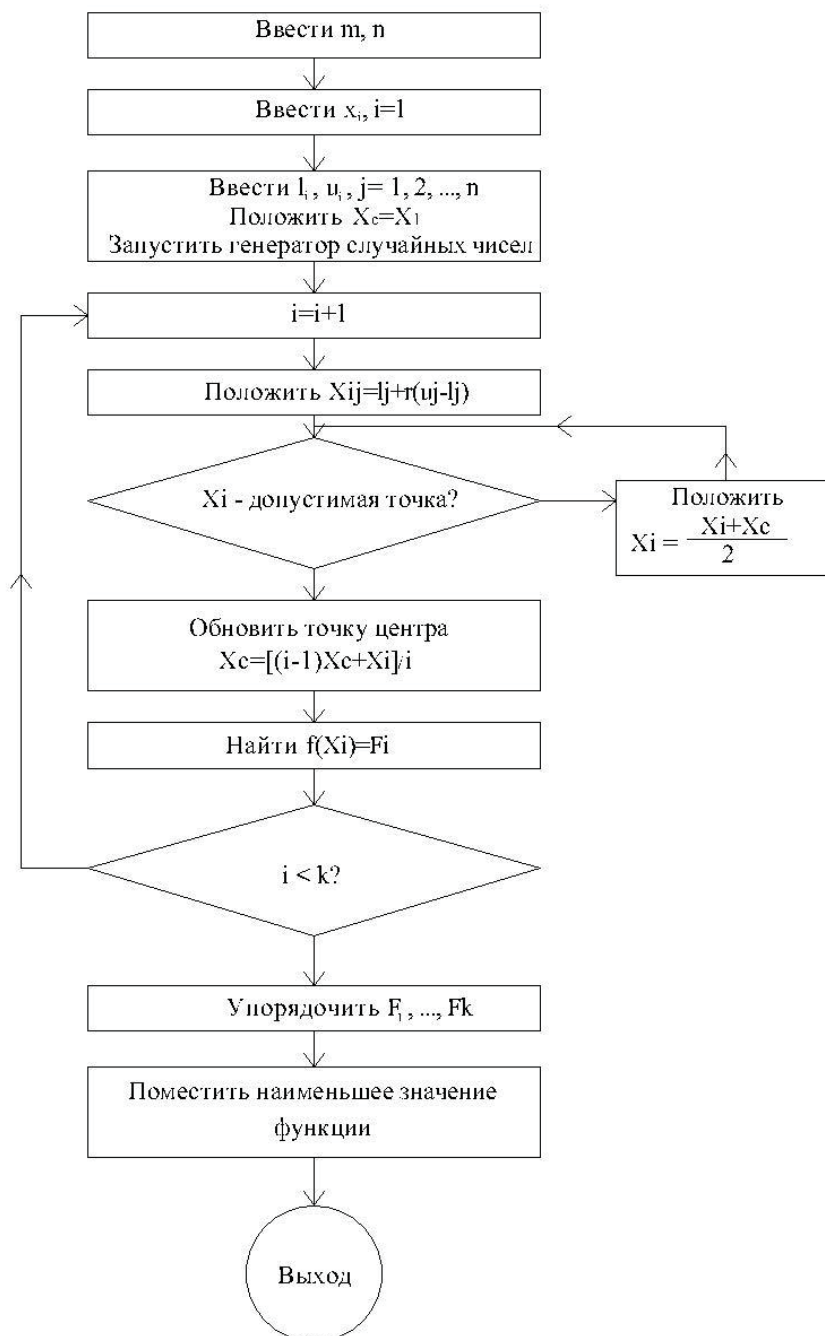


Рис. 1.

Теперь мы подошли к итерационной процедуре комплексного метода, в которой производится поиск минимума перемещением по направлению к минимуму внутри области ограничений. Для этой процедуры необходимы следующие шаги:

1. Найти точку с наибольшим значением функции x_h и найти центр x_0 остальных $(k-1)$ точек пьезосканера.

2. Попытаемся сместиться от точки x_h и получить при этом точку x_r отражением точки x_h относительно точки x_0 , используя коэффициент отражения $\alpha > 1$, что можно записать как

$$x_r = (1 + \alpha)x_0 - \alpha x_h. \quad (6)$$

3. Проверить, является ли точка x_r допустимой.

а) Если точка x_r не является допустимой и не выполняется ограничение для l_j , то полагаем $x_{rj} = l_j + 10^{-6}$; если не выполняется ограничение для u_j , то полагаем $x_{rj} = u_j - 10^{-6}$.

б) Если не выполняются ограничения, то точку x_r перемещают на половину расстояния между x_r и центром x_0 , т. е.

$$x_r(\text{новое}) = (x_r + x_0)/2. \quad (7)$$

Затем производится повторная проверка на допустимость и шаг 3 повторяется до тех пор, пока не будет получена допустимая точка.

4. Если точка x_r является допустимой, то вычисляется значение функции $f(x_r)$ и сравнивается с $f(x_k)$ – наибольшим значением функции пьезосканера.

Если $f(x_r) > f(x_k)$, т. е. «хуже», чем наибольшее значение, полученное ранее, то точка x_r смещается к центру x_0 на половину расстояния между ними, т. е.

$$x_r(\text{новое}) = (x_r + x_0)/2$$

и процесс возвращается на шаг 3.

5. Если $f(x_r) < f(x_k)$, то точка x заменяется на точку x_r , затем точки и значения функции комплекса снова упорядочиваются.

6. Вычисляются две величины, использующиеся при проверке сходимости метода: среднее квадратическое отклонение σ для k значений функции и максимальное расстояние d_m между двумя точками пьезосканера. Первая величина вычисляется как

$$\sigma = \{\sum_{s=1}^k [f(x_s) - f]^2 / k\}^{1/2}, \quad (8),$$

$$\text{где } f = \frac{1}{k} \sum_{s=1}^k f(x_s), \quad (9)$$

но для вычисления σ^2 лучше использовать формулу

$$\sigma^2 = \left\{ \sum_{s=1}^k f(x_s)^2 - \frac{[\sum f(x)]^2}{k} \right\} / k. \quad (10)$$

7. Величины σ^2 и d_m проверяются на сходимость. Если обе эти величины достаточно малы, то процедура поиска минимума заканчивается. В противном случае необходимо вернуться на шаг 1 и повторить процедуру для другой конструкции пьезосканера.

8. Оптимизация технического решения пьезосканера состоит, в частности, в разработке оптимальной конструкции биморфных элементов пьезосканера.

При разработке биморфных элементов пьезосканера в нанотехнологии необходимо учитывать их поперечные и продольные колебания, оказывающих существенное влияние на точность позиционирования острия кантилевера относительно подложки для наиболее точного нанесения квантовых точек на подложку. Различные конструкции кантилевера приносят в устройство свои особенности.

Пьезосканер должен работать в режиме антирезонанса, то есть все резонансные частоты должны быть исключены. Это достигается как геометрией пьезосканера, так и материалом.

Примером устройства, в котором более существенную роль играют поперечные колебания биморфного элемента, может послужить устройство возбуждения кантилевера, представленного на рис. 2.

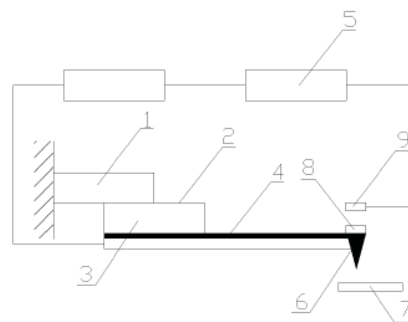


Рис. 2. Устройство возбуждения кантилевера

Устройство возбуждения кантилевера содержит держатель кантилевера 1 с кантилевером 2, включающим основание 3 с гибкой балкой 4, источник возбуждения колебаний 5 гибкой балки 4 с острием 6 относи-

тельно образца 7; на гибкой балке 4 в зоне расположения острия 6 закреплена круглая магнитная нанопластинка 8, а источник возбуждения колебаний 5 гибкой балки 4 с острием 6 выполнен в виде генератора магнитных колебаний 9 с рабочими частотами до 200 кГц.

Устройство возбуждения кантилевера работает следующим образом: при изменении частоты генератора магнитных колебаний 9 изменяется и частота колебаний гибкой балки 4 с острием 6 в результате взаимодействия круглой магнитной нанопластинки 8 с генератором магнитных колебаний 9, который выполнен на базе стандартной катушки индуктивности с сердечником (условно не обозначена).

Перейдем к собственным формам колебаний биморфного элемента и функциям, их определяющим.

Собственные формы колебаний биморфного элемента и функции, их определяющие.

Простейшим периодическим решением уравнения свободных колебаний биморфного элемента

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + c^2 \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0 \quad (11)$$

является так называемое главное колебание, в котором $y(x, t)$ изменяется с течением времени по гармоническому закону

$$y(x, t) = \varphi(x) \sin(\omega t + \alpha) \quad (12).$$

$\varphi(x)$ – функция, устанавливающая закон распределения максимальных (амплитудных) отклонений точек оси биморфного элемента от равновесного расположения, называется формой главного колебания или собственной формой.

ω – собственная частота.

Отбор собственных частот и соответствующих им собственных форм осуществляется с помощью уравнения собственных форм и краевых условий задачи.

Уравнение собственных форм однородной задачи:

$$EJ\varphi^{IV}(x) - \omega^2 \mu \varphi(x) = 0 \quad (13)$$

$$\text{или } \varphi^{IV}(x) - k^4 \varphi(x) = 0 \quad (14),$$

$$\text{где } k^4 = \frac{\mu \omega^2}{EJ} \quad (15)$$

$$\text{или } k^4 = \frac{4\pi^2}{\lambda^2} \theta \quad (16)$$

Уравнение (4) имеет следующие четыре независимых частных решения:

$\cos kx, \sin kx, \operatorname{ch} kx, \operatorname{sh} kx$, его общий интеграл:

$$\varphi(x) = A \cos kx + B \sin kx + C \operatorname{ch} kx + D \operatorname{sh} kx \quad (17)$$

Он содержит четыре произвольные постоянные A, B, C, D , которые должны быть подобраны так, чтобы для функции $\varphi(x)$ выполнялись краевые условия, т. е. условия закрепления концов биморфного элемента. В обычных случаях число краевых условий равно числу произвольных постоянных – по два на каждом конце. Все они выражаются равенствами нулю двух из следующих четырех величин: $\varphi(x), \varphi'(x), \varphi''(x), \varphi'''(x)$,

пропорциональных соответственно прогибу, углу поворота, изгибающему моменту и перерезывающей силе в точках $x=0$ или $x=\ell$. Выполняя эти условия, мы получим четыре однородных уравнения, из которых найдутся отношения постоянных A, B, C, D и уравнение для определения собственных частот системы.

Во многих отношениях более удобной оказывается следующая система частных решений уравнения (14):

$$\begin{cases} S(x) = \frac{1}{2}(\operatorname{ch} kx + \cos kx) \\ T(x) = \frac{1}{2}(\operatorname{sh} kx + \sin kx) \\ U(x) = \frac{1}{2}(\operatorname{ch} kx - \cos kx) \\ V(x) = \frac{1}{2}(\operatorname{sh} kx - \sin kx) \end{cases} \quad (18)$$

Функции S, T, U, V называются функциями А.Н. Крылова.

Найдем значения этих функций и их производных по аргументу kx до третьего порядка включительно при $x=0$ (формула 19):

$$\begin{cases} S(0) = 1, S'(0) = 0, S''(0) = 0, S'''(0) = 0 \\ T(0) = 0, T'(0) = 1, T''(0) = 0, T'''(0) = 0 \\ U(0) = 0, U'(0) = 0, U''(0) = 1, U'''(0) = 0 \\ V(0) = 0, V'(0) = 0, V''(0) = 0, V'''(0) = 1 \end{cases}$$

Определитель, составленный из этих величин, равен единице. Поэтому функции Крылова называют иногда функциями с единичной матрицей, а систему (18) – нормальной или фундаментальной системой интегралов уравнений (14).

Запишем уравнение (17) и представим тригонометрические функции в системе уравнений (18) через функции Крылова:

$$\varphi(x) = AS(x) + BT(x) + CU(x) + DV(x) \quad (20)$$

$$\begin{cases} \sin kx = T - V \\ \cos kx = S - U \\ \operatorname{ch} kx = S + U \\ \operatorname{sh} kx = T + V \end{cases} \quad (21)$$

Приведем выражения последовательных производных по x от функций $S(x)$, $T(x)$, $U(x)$, $V(x)$ до четвертого порядка включительно.

	Первая производная	Вторая производная	Третья производная	Четвертая производная
$S(x)$	$kV(x)$	$k_2 U(x)$	$k_3 T(x)$	$k_4 S(x)$
$T(x)$	$kS(x)$	$k_2 V(x)$	$k_3 U(x)$	$k_4 T(x)$
$U(x)$	$kT(x)$	$k_2 S(x)$	$k_3 V(x)$	$k_4 U(x)$
$V(x)$	$kU(x)$	$k_2 T(x)$	$k_3 S(x)$	$k_4 V(x)$

Одним из преимуществ функций Крылова является то, что с помощью этих функций можно сразу написать выражение общего интеграла уравнения (14), удовлетворяющего условиям на конце $x=0$ и содержащего только две постоянные, которые определяются из условий на другом конце $x=\ell$.

Основная задача функций Крылова. Колебания биморфного элемента, жестко закрепленного концом $x=0$ и свободного на конце $x=\ell$. Краевые условия в этом случае:

$$\begin{aligned} \varphi(0) &= \varphi'(0) = 0, \\ \varphi''(\ell) &= \varphi'''(\ell) = 0. \end{aligned}$$

Интеграл уравнения (14), удовлетворяющий условиям на конце $x=0$, имеет вид:

$$\varphi(x) = CU(kx) + DV(kx) \quad (22)$$

Условия на конце $x=\ell$ выражаются уравнениями:

$$\begin{cases} CS(k\ell) + DT(k\ell) = 0 \\ CV(k\ell) + DS(k\ell) = 0 \end{cases} \quad (23),$$

откуда

$$S^2 - TV = 0 \text{ или } \operatorname{ch}(k\ell)\cos(k\ell) + 1 = 0 \quad (24).$$

По таблицам находим первые четыре корня уравнения (24):

$$k\ell = 1.875; 4.694; 7.855; 10.996.$$

Для первых четырех собственных частот получаем по формуле (15)

$$\omega_1 = \frac{(1.875)^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}} \quad (25),$$

$$\omega_2 = \frac{(4.694)^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}} \quad (26),$$

$$\omega_3 = \frac{(7.855)^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}} \quad (27),$$

$$\omega_4 = \frac{(10.996)^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}} \quad (28),$$

$$\text{Расчет периода колебаний: } T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (29)$$

с учетом формулы (29) приведет к расчету первых четырех периодов колебания биморфного элемента:

$$T_1 = \frac{2\pi}{(1.875)^2} \ell^2 \sqrt{\frac{\mu}{EJ}} \quad (30),$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{(4.694)^2} \ell^2 \sqrt{\frac{\mu}{EJ}} \quad (31),$$

$$T_3 = \frac{2\pi}{(7.855)^2} \ell^2 \sqrt{\frac{\mu}{EJ}} \quad (32),$$

$$T_4 = \frac{2\pi}{(10.996)^2} \ell^2 \sqrt{\frac{\mu}{EJ}} \quad (33).$$

При иных заданных начальных параметрах можем перейти к другой форме записи собственных частот и периодов.

Запишем выражение для нахождения погонной массы для биморфного элемента:

$$\mu = \frac{m}{l} \quad (34).$$

Учитывая формулы для вычисления массы $m = \rho V$ и объема $V = b h \ell$, получим выражение для погонной массы: $\mu = \rho b h$ (35).

Момент инерции прямоугольного сечения определяется из известного выражения:

$$J = \frac{b h^3}{12} \quad (36).$$

Стандартное выражение для вычисления первых четырех собственных частот выглядит согласно формулам (25-28).

Подставляя в (25-28) вместо величин E , μ и J (35) и (36), имеем следующие выраже-

ния для определения первых четырех частот биморфного элемента:

$$\omega_1 = \left(\frac{1,007}{l}\right)^2 h \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (37),$$

$$\omega_2 = \left(\frac{2,522}{l}\right)^2 h \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (38),$$

$$\omega_3 = \left(\frac{4,220}{l}\right)^2 h \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (39),$$

$$\omega_4 = \left(\frac{5,908}{l}\right)^2 h \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (40).$$

Учитывая выражение (19), получим окончательный вид первых четырех периодов колебаний биморфного элемента:

$$T_1 = \frac{2\pi l^2}{1,007^2 h} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (41),$$

$$T_2 = \frac{2\pi l^2}{2,522^2 h} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (42),$$

$$T_3 = \frac{2\pi l^2}{4,220^2 h} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (43),$$

$$T_4 = \frac{2\pi l^2}{5,908^2 h} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (44).$$

В зависимости от заданных физико-механических параметров биморфного элемента и величин, требуемых при расчете результатов, разработчик может пользоваться как формулами (25-28), (30-33), так и (37-40), (41-44).

Уравнение i -ой собственной формы составляем следующим образом.

Из первого или второго уравнения (23) находим, подставив туда $k_i l$, значение отношения

$$\frac{D}{C} = -\frac{S(k_i l)}{T(k_i l)} = -\frac{V(k_i l)}{S(k_i l)} \quad (45).$$

Подставив это значение в уравнение (22), получим

$$\begin{aligned} \varphi_i(x) &= C \left| U(k_i x) - \frac{S(k_i l)}{T(k_i l)} V(k_i x) \right| = \\ &= \left| U(k_i x) - \frac{V(k_i l)}{S(k_i l)} V(k_i x) \right| \quad (46). \end{aligned}$$

На рис. 3 представлены первые три формы поперечных колебаний биморфного элемента.

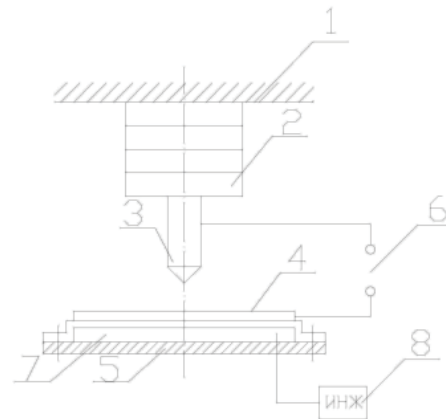


Рис. 3. Устройство формирования квантовых точек из газовой среды

Для формирования квантовых точек на подложке могут использоваться и другие пьезомеханические системы. Одно из устройств формирования квантовых точек из газовой фазы, в котором превалирует роль продольных колебаний пьезопровода, представлено на рис. 4:

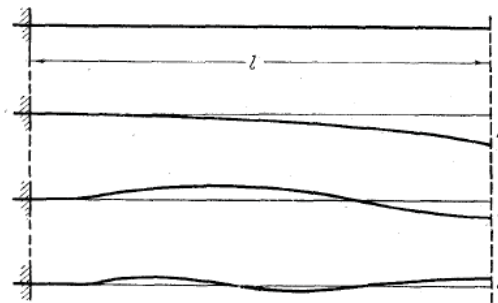


Рис. 4. Формы поперечных колебаний биморфного элемента

Устройство формирования квантовых точек из газовой среды, содержит неподвижное основание 1, установленный на нем пьезопровод 2 с зондом 3, электрически связанным с подложкой 4, установленной на подложкодержателе 5, источник гармонических колебаний напряжения 6, соединенный с зондом 3 и подложкой 4, подложкодержатель 5 выполнен с возможностью подачи внутрь полости 7 подложкодержателя 5 жидкого азота от источника жидкого азота 8.

Устройство для формирования квантовых точек из газовой среды работает следующим образом.

При перемещении зонда 3 посредством пьезопровода 2 относительно подложки 4

источник гармонических колебаний напряжения 6 посылает импульсы между зондом 3 и подложкой 4, в результате чего формируются квантовые точки из газовой среды, окружающей пространство между зондом 3 и подложкой 4. В это время происходит охлаждение подложки 4 путем подачи жидкого азота от источника жидкого азота (ИЖА) 8 в герметичную полость 7 внутри подложкодержателя 5, что приводит к уменьшению интенсивности процесса испарения материала с поверхности подложки 4 и его дрейфа.

На процесс формирования квантовых точек существенное влияние оказывает резонанс, возникающий в пьезоприводе.

Уравнения продольных колебаний биморфного элемента мы получим как необходимые условия экстремума функционалов (формула 47):

$$S_1 = \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} \int_0^l \left[\mu(x) \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 - ES \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 - Qy \right] dx dt$$

Интегралы по x , взятые в пределах от 0 до ℓ (ℓ – ширина биморфного элемента) от первого и двух последних слагаемых в квадратных скобках, представляют собой соответственно кинетическую и потенциальную энергию рассматриваемой системы.

Необходимое условие экстремума функционала S_1 будет иметь вид:

$$\mu \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} \left[ES \frac{\partial y}{\partial x} \right] = Q(x, t) \quad (48)$$

Условие (2) будет уравнением продольных колебаний.

Когда $Q(x, t) \equiv 0$ и жесткость ES биморфного элемента постоянна по всей ширине биморфного элемента, то уравнение свободных колебаний однородного биморфного элемента имеет вид уравнения (11), где $c^2 = \frac{ES}{\mu}$.

Уравнение собственных форм продольных колебаний будет иметь форму:

$$\varphi''(x) + a^2 \varphi(x) = 0, \quad (49) \text{ где } a^2 = \frac{\omega^2 \mu}{ES}.$$

Задача о собственных формах и частотах колебаний приводится к интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами.

Частоты главных колебаний стержня образуют бесконечный дискретный ряд значений. Перенумерованные в порядке возрастания

они вместе с порядковым номером растут до бесконечности.

Рассмотрим продольные колебания биморфного элемента с одним жестко закрепленным ($x=0$) и другим ($x=\ell$) свободным концами.

В этом случае краевые условия выражаются равенствами: $\varphi(0)=0, \varphi'(\ell)=0$.

Из этих условий находим значения постоянных B и D общего решения $\varphi(x) = B \cos ax + D \sin ax$.

Имеем: $B=0, D \cos a\ell=0$.

Постоянная D не может, очевидно, равняться нулю, так как в противном случае $\varphi(x) \equiv 0$. Нетривиальное решение получится при условии $\cos a\ell=0$, (50), $(a\ell = -\frac{\pi}{2} + \pi k)$

Из условия (50) находим:

$$a_k = \frac{(2k-1)\pi}{2\ell};$$

$$\omega = \frac{(2k-1)\pi}{2\ell} \sqrt{\frac{ES}{\mu}} \quad (k=1, 2, 3 \dots) \quad (51)$$

Таким образом, уравнение (50) отбирает собственные значения параметра a и вместе с тем определяет собственные частоты системы. Оно называется характеристическим уравнением или уравнением частот и соответствует вековому уравнению систем с конечным числом степеней свободы.

Учитывая (29) и (51), получим выражение для определения периода колебаний биморфного элемента:

$$T = \frac{4\ell}{2k-1} \sqrt{\frac{\mu}{ES}} \quad (52).$$

Характеристическое уравнение или уравнение частот можно получить в другом виде.

Определим площадь поверхности полового цилиндрического биморфного элемента: $S = \pi(R^2 - r^2)$ (53)

Учитывая формулы для вычисления массы $m = \rho V$ и объема $V = \ell \pi(R^2 - r^2)$, получим выражение для погонной массы:

$$m = \pi \rho (R^2 - r^2) \quad (54)$$

Стандартное выражение для вычисления частоты колебаний выглядит согласно формуле (16).

Подставляя в (51) вместо величин E, S и μ (53) и (54), имеем следующее выражение для определения частоты колебаний биморфного элемента:

$$\omega = \frac{(2k-1)\pi}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (55)$$

Величина, обратная частоте:

$$\frac{1}{\omega} = \frac{2l}{(2k-1)\pi} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (56).$$

Учитывая выражения (29) и (54), получим окончательный вид уравнения периода колебаний биморфного элемента:

$$T = \frac{4l}{2k-1} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (57).$$

Разработчику можно пользоваться при расчетах формулами (29), (51), (55) и (57), в зависимости от заданных физико-механических параметров биморфного элемента и величин, которые необходимо рассчитать.

Применение предлагаемого устройства возбуждения кантилевера (рис. 2) позволяет расширить функциональные возможности устройства за счет использования схемы генератор магнитных колебаний – магнитная нанопластинка,. Применение предлагаемо-

го устройства формирования квантовых точек из газовой среды (рис. 4) позволяет создавать квантовые точки с заданными промежутками между ними.

Список литературы

1. Вейник А.И. Техническая термодинамика и основы теплопередачи. – М.: Металлургия, 1965. – 375 с.
2. Бабаков А.И. Теория колебаний. – М.: Наука, 1965. – 559 с., ил. – С. 233-235, 254-257.
3. Ивашов Е.Н., Князева М.П., Степанчиков С.В. Устройство возбуждения кантилевера. – Пат. РФ на ПИМ №125348. – Оpubл. 27.02.2013. – Бюл. №6.
4. Ивашов Е.Н., Князева М.П., Гамилова Т.П. Модель формирования нанорисунка на подложке с учетом двух внутренних степеней свободы: материалы МНТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного машиностроения». 4-7 декабря 2012 г. INTERMATIC-2012. Часть 3. – М.: МИРЭА, 2012. – С. 101-103.
5. Ивашов Е.Н., Князева М.П., Степанчиков С.В. Пьезоэлектрические сканирующие элемент зондовых микроскопов и нанотехнологического оборудования: материалы МНТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного машиностроения». 4-7 декабря 2012 г. INTERMATIC-2012. Часть 4. – М.: МИРЭА, 2012. – С. 78-82.
6. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с., ил.
7. Ивашов Е.Н., Павлов А.Ю. Исследование пьезосканеров в СЗМ. – РИО МИЭМ. – 2005. – 32 с., ил.

УДК 608

ОБ ИСТОКАХ ПРОГРАММЫ «РУБИКОН»**Воронков Ю.С., Воронков О.Ю.***Координационный Совет ОНТТЭ «Ювенал», Таганрог, e-mail: yuven@mail.ru*

В наши дни достижения мирового научно-технического прогресса позволили в некоторых странах Запада развернуть производство турбореактивных микродвигателей (микро-ТРД), предназначенных для авиамodelей. В 2011 году на чемпионате мира по реактивным летающим моделям-копиям, проводившемся с 27 июля по 6 августа в городе Дейтоне, США, Чемпионом Мира среди пилотов радиоуправляемых моделей-копий с турбореактивной силовой установкой стал Московский авиамodelист, шеф-пилот RUSJET Виталий Робертус. В 2013 году, на 10-м, юбилейном, чемпионате мира, проводившемся в Швейцарии с 21 по 31 августа на авиабазе Майринген, Виталий Робертус второй раз подряд стал Чемпионом Мира. Для участия в Международных соревнованиях такого ранга московскими авиамodelистами была подготовлена радиоуправляемая модель-копия учебно-боевого реактивного самолета Як-130 оригинальной конструкции, полностью собственной постройки с применением самостоятельно разработанных технологий и самых современных материалов. Наконец свершилось то, к чему стремились мы, мечтали и фантазировали в 60-х – 70-х годах прошлого столетия!

Ключевые слова: компрессор, турбина, камера сгорания, организация горения в малом объеме, стабилизатор пламени, завихритель, форсунка.

REGARDING THE ORIGINS OF THE «RUBICON»**Voronkov Yu.S., Voronkov O.Yu.***Coordinating Council ONTTE «Juvenal», Taganrog, e-mail: yuven@mail.ru*

Nowadays achievements of world scientific and technical progress allowed in some Western countries to develop the production turbojet thrusters (micro-TRD) designed for model aircraft. To participate in international competitions such rank Moscow was prepared RC model airplanes model of the original training and combat jet Yak-130 is an original design, fully self-built using self-developed technology and the most advanced materials. Finally it happened is what we sought, and dreamed fantasized in the 60s - 70s of the last century!

Keywords: a compressor, turbine, combustion chamber, the combustion organization in small volume, a flame stabilizer swirler nozzles.

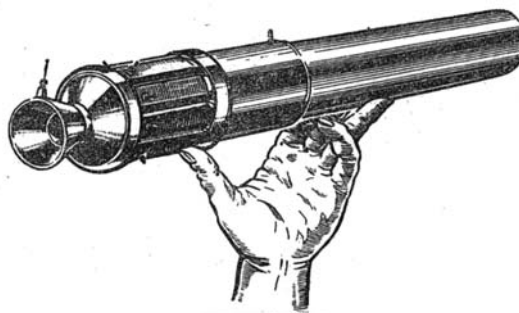
Введение

Общепризнанным на Западе создателем микро-ТРД принято считать Курта Шреклинга из Германии, которому в 80-х годах прошлого столетия якобы первым удалось разработать и построить авиамodelный турбореактивный двигатель. Однако по информации журнала «Мodelист-Конструктор» №3 за 1966 год сообщалось, что еще в то время американской авиамodelной фирме удалось разработать и запустить в продажу авиамodelный турбореактивный двигатель «Турбокрафт-22». Это сообщение о поступлении в продажу микротурбореактивного двигателя и было доказательством принципиальной возможности создания микро-ТРД в 60-х годах прошлого столетия, и оно явилось «катализатором» для попыток автора спроектировать и построить микро-ТРД своей оригинальной конструкции.

1. Идея микро-ТРД и время

Двигатель «Турбокрафт-22» (фиг.1) [4] имел следующую конструкцию: компрессор, турбину, 8 камер сгорания, систему дожигания, позволяющую увеличить тягу до

4,5 кг. Число оборотов компрессора – 48 000 оборотов в минуту. Двигатель выполнен с применением высокосортных термостойких сплавов.



Фиг. 1

Длина двигателя – 300 мм;
диаметр – 70 мм;
вес без горючего – 625 г;
развиваемая тяга – 3,6 кг.

Скептики из числа авиационных инженеров тех лет утверждали, что создание микро-ТРД в принципе невозможно. Им приводилась масса доводов о нереальности самой идеи организации горения углеводородного топлива в таких малых объемах. В

качестве доказательств невозможности создания микро-ТРД приводились примеры конструкции известных им авиационных турбодвигателей АЛ-7ПБ, РД-45Ф, Вк-1А, Аи-20, ТС-20 и т.п.

Сегодня же микро-ТРД можно приобрести в специализированных магазинах модельной продукции некоторых западных стран по цене от 3000 до 6000 \$, т.е. по цене новой импортной кухни или поддержанной иномарки, с целью применения не только для реактивных летающих моделей, но и для беспилотных летательных аппаратов, малогабаритных автономных энергетических установок и даже для новых видов пилотируемых летательных аппаратов с распределенной реактивной тягой. Но, несмотря на успехи мировой науки и техники, турбореактивные микродвигатели остаются пока сложными и дорогими в производстве изделиями.

Все это было позднее, а перед этим Российскими авиамоделистами проводились настойчивые поиски принципа действия и конструкции реактивного двигателя или его имитатора, способного обеспечить полет авиамодели.

Перед решением задач по созданию микро-ТРД автором был исследован на практике многолетний опыт отечественных и зарубежных авиамоделистов – любителей микродвигателестроения и реактивной техники (Фиг.2).



Реактивные и поршневые микродвигатели и их агрегаты конструкции Ю.С. Воронкова для беспилотных летательных аппаратов и авиамоделей

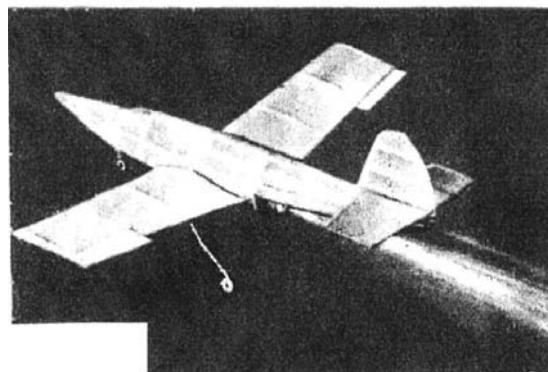
Фиг. 2

2. Опыт предшественников «реактивного моделизма»

Кажущаяся простота использования пороха для создания реактивной тяги и обеспечения скоростного полета авиамодели всегда будоражила мозг и души авиамоделистов мира. Так, еще в 1886 году российский писатель, исследователь Аркадий Ва-

сильевич Эвальд первым создал летающую модель с пороховым ракетным двигателем, которая могла стартовать с земной поверхности и на землю приземляться. Модель совершила несколько успешных полетов.

В СССР попытки перейти на реактивную тягу путем использования пороховых ракетных двигателей, использования целлюлоидной кинофотоплёнки в качестве ракетного топлива (Фиг.3) [1] и даже создания миниатюрных ЖРД (жидкостных ракетных двигателей) были предприняты еще на заре развития авиамоделизма и в послевоенные годы. Однако из-за несовершенства пороховых ракетных двигателей неуправляемые, с большим риском пожара или даже взрыва полеты моделей с пороховыми ракетными двигателями среди авиамоделистов нашей страны не получили распространения.



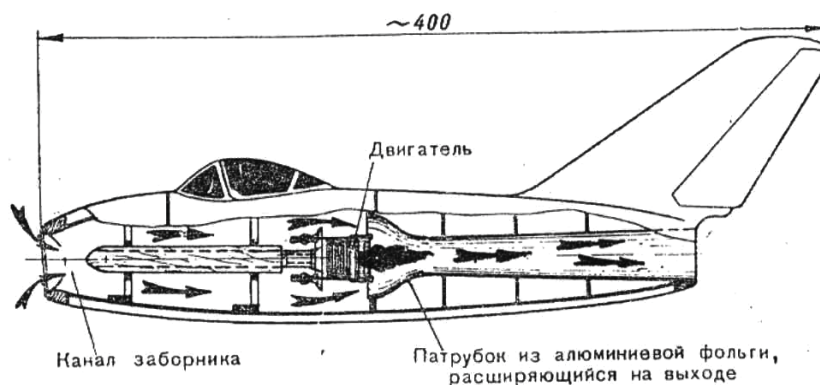
Фиг. 3

В 1947 году в Великобритании был создан первый модельный пороховой ракетный двигатель многоразового применения «Джетекс». Подобные двигатели были созданы и выпускались массово в таких странах, как Югославия (микродвигатель «Тайфун»), Чехословакия («Синджет»), США и позднее в других странах [11]. Такой ракетный микродвигатель (Фиг.4) [5], [11] мог устанавливаться на легкие летающие модели-копии реактивных самолетов и состоял из металлического корпуса, внутри которого находился сменный заряд топлива. Корпус закрывался крышкой с калиброванным соплом. Крышка соединялась с корпусом двигателя системой пружин, образующей автоматический регулятор сброса давления выхлопных газов на случай его внезапного увеличения. Двигатели такого типа имели практически постоянную тягу при постоянном давлении выхлопных газов. Некоторые образцы таких двигателей снабжались

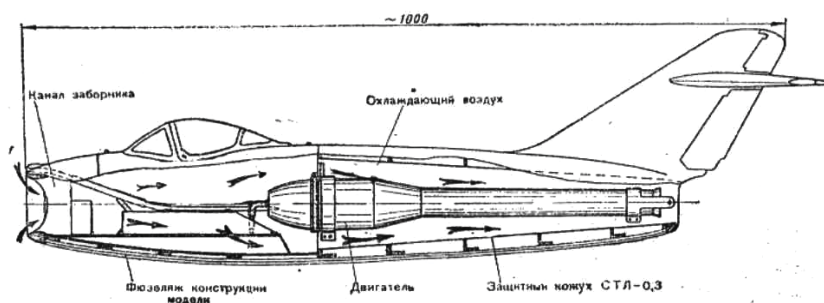
эжекторными усилителями тяги как на (Фиг.4) [5]. Тяга лучших образцов таких двигателей составляла 110 г. при продолжительности работы до 35 сек. В СССР такие двигатели не производились. Они ввозились из-за рубежа в очень малом количестве.

Некоторое продвижение попыток внедрения реактивной тяги в авиамоделизм позволили реализовать созданные в послевоенное время пульсирующие воздушно-реактивные двигатели (ПуВРД). Такие микродвигатели в 50-годах в нашей стране строились энтузиастами-авиамоделистами и даже продавались в специализированных магазинах для юных техников (реактивные микродвигатели РАМ-1, РАМ-2). Применение

ПуВРД позволило отечественным авиамоделистам-спортсменам (мастер спорта СССР И.И. Иванников) установить ряд мировых рекордов скорости полета авиамоделей с реактивным двигателем. Работа таких микродвигателей сопровождалась очень громким, режущим слух звуком и разогревом камеры сгорания с резонансной трубой до цвета белого каления, что не позволяло использовать такой двигатель для ряда моделей самолетов без специальных мер защиты (Фиг.5) [5]. Вскоре производство ПуВРД в СССР из-за большой пожароопасности и высокого уровня шума, создаваемого ими, было прекращено. Летящие модели с применением ПуВРД были исключены из соревнований всех рангов.



Фиг. 4



Фиг. 5

Несмотря на отсутствие в продаже ПуВРД, в 1965 году одним из авторов этих строк была спроектирована и построена кордовая модель-копия сверхзвукового реактивного самолета-истребителя МиГ-21Ф13 длиной около 800 мм под ПуВРД. Чертежей суперсовременного, секретного по тем временам самолета найти тогда не удалось, и проектирование пришлось вы-

полнять по его фотографиям из газет и журналов. Пульсирующий воздушно-реактивный двигатель на тот момент из-за отсутствия необходимых жаропрочных материалов получился очень тяжелым и на модели очень пожароопасным. Однако летающая модель-копия самолета, имеющая оригинальную аэродинамическую компоновку, даже без силовой установки демонстриро-

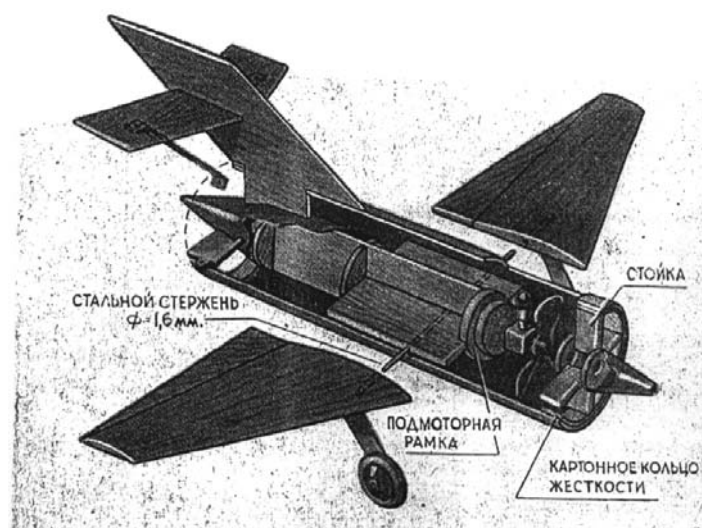
ввалась на городских выставках технического творчества школьников и занимала призовые места. Копийность этого сверхзвукового самолета-истребителя в те времена была достойной и пользовалась вниманием не только у школьников, но и у взрослых специалистов.

Идея постройки модели самолета с произвольно выбранным воздушным винтом уменьшенного диаметра в фюзеляже-трубе (Фиг.6) [3] в начале 60-х являлась привлекательной. Однако, как показал дальнейший опыт, такое техническое решение без научно обоснованного проектирования профиля сечения воздушного винта, его крутки, определения диаметра воздухозаборника и выхлопного сопла, выбора формы воздушного канала не могло обеспечить необходимую величину коэффициента полезного действия (КПД) всей установки. Зачастую полеты таких моделей становились невозможными.

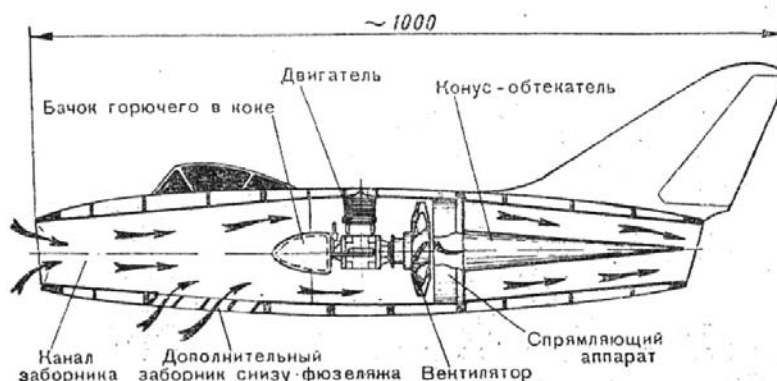
В 1965 году в СССР авиамodelисты – любители экспериментов и реактивных полетов получили информацию к размышлению над созданием новых проектов моделей реактивных самолетов.

Статья Ю. Данченко «На реактивных двигателях», опубликованная в альманахе «Юный модельист-конструктор» №11, 1965г., стр. 34 – 40, подробно описывала реальный опыт создания авиамodelей-копий с импеллерной силовой установкой, их конструкцию (Фиг.7) [5], (Фиг.8) [5] с улучшенными характеристиками.

Предлагаемую конструкцию импеллера можно было представить в виде системы, состоящей из многолопастного вентилятора и спрямляющего аппарата, т.е. одноступенчатого осевого компрессора с осевым входом потока и постоянной циркуляцией. Предварительный расчет его параметров мог реализовываться следующим алгоритмом:



Фиг. 6



Фиг. 7

1. Рассчитывалась скорость полета модели;

2. Определялись (или задавались) габариты импеллера;

3. Выбирались профили сечений по длине лопасти и ее конфигурация;

4. С учетом оборотов двигателя рассчитывались окружные скорости на конце лопасти и у её основания, составлялись графики скоростей по её длине;

5. Рассчитывались углы атаки лопастей (крутка) с оговоркой, что у корня диапазон углов 6 – 8 градусов, а на конце 2 – 4 градуса. Изменение углов отражалось в виде графика;

6. Определялись углы установки профилей по всей длине лопасти. Расчет проводился для ряда сечений, в том числе корневого и концевого. По результатам строился график.

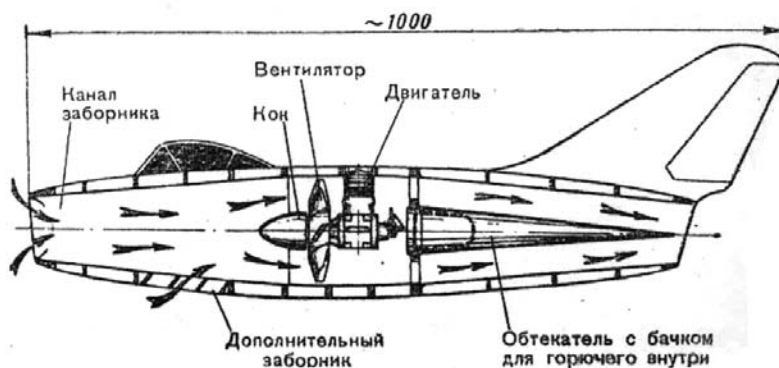
7. Фиг. 8.

На основе опыта строительства импеллеров была отработана конструкция и их

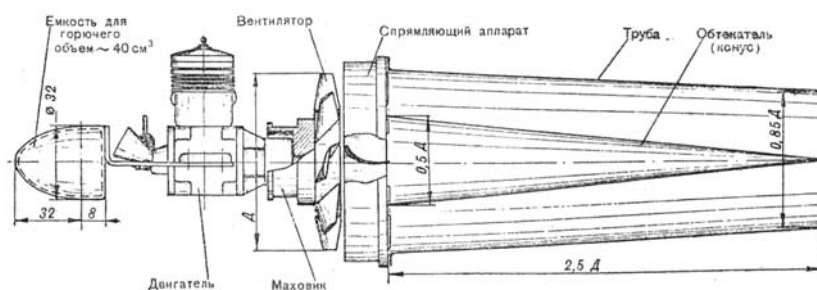
геометрические параметры, которые представлены на (Фиг.9) [5].

В настоящее время ряд зарубежных фирм поставил производство импеллеров на поток и предлагает огромный выбор импеллерных силовых установок из самых современных высокомодульных материалов.

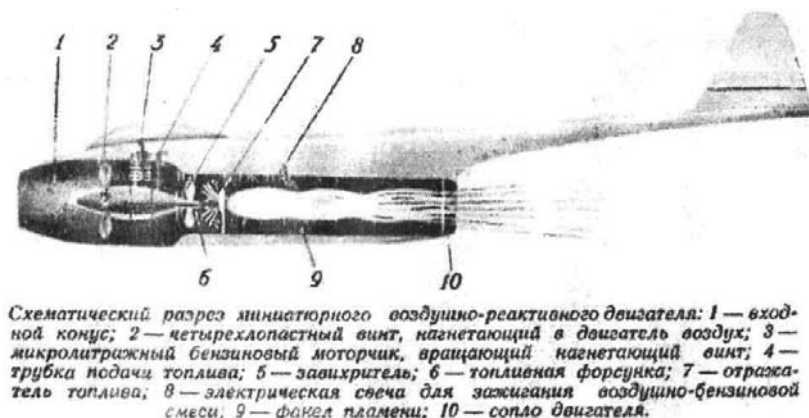
Возникали и другие схемы реактивных двигателей для авиационных моделей (Фиг.10) [2]. Конструкторам-авиамоделистам не всегда было известно о результатах проведения подобных работ в (настоящей) пилотируемой авиации в довоенное и послевоенное время. Этот тип силовых установок назывался мотокомпрессорным воздушно-реактивным двигателем (МКВРД). При сложности постройки, эксплуатации и малоэффективности таких силовых агрегатов было установлено, что они являются тупиковой ветвью развития реактивных двигателей в авиации, а перспектива была отдана развитию турбореактивных двигателей (ТРД).



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

3. Программа «Рубикон»

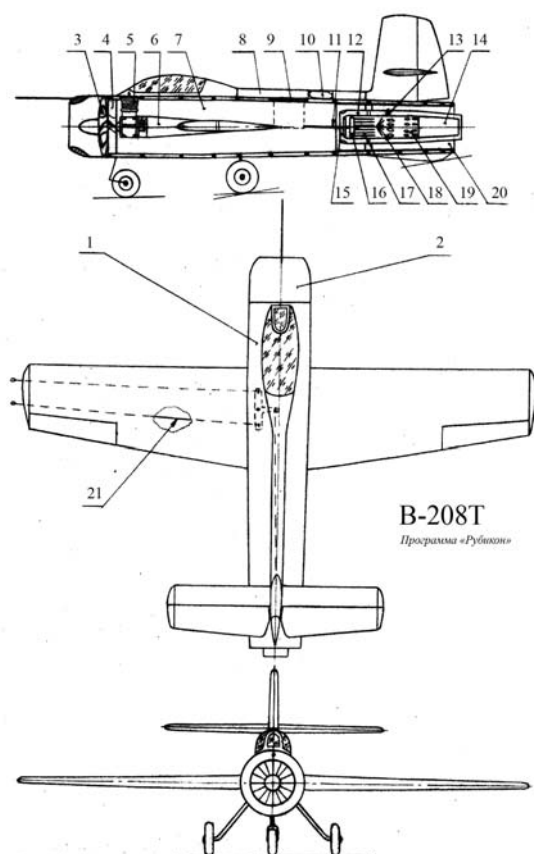
3.1. Летающая модель «В-208т»

В результате изучения довоенного и послевоенного опыта постройки реактивных авиамоделей и их двигателей одним из авторов в 1969 году была разработана программа «Рубикон», которая предусматривала самостоятельное проведение экспериментов, проектирование, постройку и испытания летающих моделей с реактивными силовыми установками, а также создание образцов авиамоделей реактивных двигателей. В соответствии с программой без информации о результатах испытаний МКВРД в авиации и о существовании схемы на (Фиг.10) [2], при наличии только вышеназванных сведений об импеллерных силовых установках началось создание реактивной летающей модели самолета. Модель получила обозначение «В-208т» с мотокомпрессорным реактивным двигателем МКРД – 1 (Фиг.11).

Этот миниатюрный летательный аппарат выполнялся по схеме среднеплана с трехопорным неубираемым шасси с носовой стойкой. Оснащен он был трапециевидным в плане крылом и трапециевидным оперением. Фюзеляж 1 модели цилиндрической формы, переходящей в усеченный конус, каркас которого был изготовлен из деревянных реек и фанерных шпангоутов. В носовой части фюзеляжа 1 размещался лобовой воздухозаборник со съёмным капотом 2. Капот 2 закрывал восьмилопастной вентилятор 3 диаметром 100 мм. и неподвижно установленный девятилопастной спрямляющий аппарат 4. Там же, в носовой части, был установлен авиамоделейный поршневой компрессорный двигатель 5, на валу которого и был установлен вентиля-

тор 3. В зоне аэродинамической тени за двигателем 5 был установлен бак 6 для питания компрессорного поршневого двигателя. Внутри фюзеляжа был проложен с небольшим сужением воздуховод 7. В верхней части фюзеляжа 1 и в горгоре были установлены баки 8 и 9, обеспечивающие горючим камеру сгорания реактивного двигателя. Там же был закреплен и газовый баллончик системы вытеснения 10. Установленный между обшивкой и воздуховодом бак 9 для горючего являлся расходным. Из бака 8 в бак 9 обеспечивалась подача горючего вытеснением и далее, по трубопроводу 11, к форсункам камеры сгорания.

В хвостовой части фюзеляжа 1 внутри воздуховода 7 была закреплена на пилонх камера сгорания, состоящая из корпуса 12, жаровой трубы 13, реактивного насадка 14, завихрителя 15, коллектора 16 с 8-ю испарительными трубками и форсунками 17. Конструкция камеры сгорания позволяла осуществлять предварительный подогрев и испарение горючего в зоне горения. После распыла форсунками 17 топливовоздушной смеси последняя, сгорая, обтекала стабилизаторы пламени 18, которые предотвращали срыв пламени в камере сгорания. Перфорация 19 в стенках жаровой трубы 13 обеспечивала поступление вторичного воздуха для некоторого понижения температуры в камере сгорания и улучшала сгорание топливовоздушной смеси. Все детали камеры сгорания были выполнены из тонких листовых жаропрочных сплавов. Холодный контур установки и сопло 20 были покрыты специальной термостойкой изоляцией на основе стекловолокна. На модели была установлена система управления 21 рулем высоты посредством корды.



Фиг. 11

Сложность эксплуатации отечественных поршневых компрессионных микродвигателей, а также довольно скромный выбор номенклатуры применяемых материалов в то время не позволили дать объективную оценку работе всей установки. Высокотемпературная работа камеры сгорания МКРД – 1 отрицательно влияла на всю деревянную конструкцию хвостовой части фюзеляжа, несмотря на её теплоизоляцию. Возникала пожароопасная ситуация, устранять которую приходилось не единожды. Установка в носовой части фюзеляжа поршневого компрессионного микродвигателя явно себя оправдала. Двигатель нормально работал и охлаждался. На холодном режиме обеспечивалась нормальная работа всего воздушного тракта. Съемный носовой капот совместно с открывающимся фонарем позволяли свободно заводить двигатель рукой. Запуск и работа двигателя иногда осложнялись производственными недостатками конкретного компрессионного двигателя.

В соответствии с программой «Рубикон» были также спроектированы и построены летающие модели-копии с различной конструкцией импеллерной силовой установки, выполненные по различной технологии (Фиг.12, летающая модель-копия самолета МиГ-15, 1980 год), (Фиг.13, летающая модель-копия самолета МиГ-15, 2013 год), (Фиг.14, летающая модель проектируемого самолета-мишени «Ястреб», 2003 год).



Фиг.12



Фиг.13



Фиг.14

3.2. Авиамодельный турбореактивный микродвигатель ТД-01.

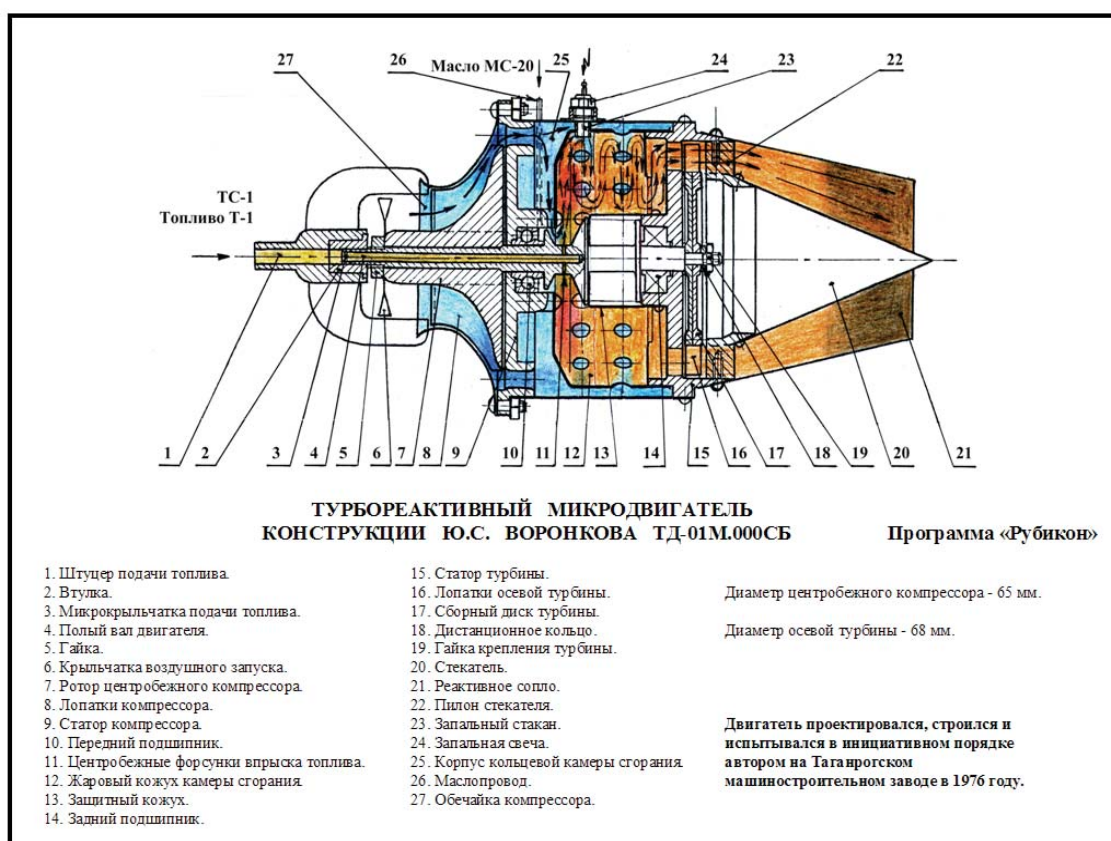
В 1976 году в соответствии с программой «Рубикон» одним из авторов была реализована неоднократная попытка спроектировать и выполнить в металле турбореактивный микродвигатель. Такой микродвигатель под обозначением ТД-01М.000СБ, (ТД-01) был построен.

ТД-01М.000СБ (Фиг.15) представлял собой один из простых вариантов турбореактивного двигателя. Двигатель был оснащен центробежным компрессором, осевой турбиной, кольцевой камерой сгорания с центробежным впрыском топлива через полый вал. Преимуществом двигателя являлось отсутствие насосной системы подачи топлива в камеру сгорания. Топливо засасывалось через полый вал двигателя и распылялось форсунками в камере сгорания за счет действия на него центробежных сил при вращении вала. У таких двигателей сопловой аппарат

газовой турбины заперт, а в выходном устройстве реализуется критический перепад. Поэтому газовая турбина работает с постоянной степенью понижения давления.

Конструктивно двигатель состоял из следующих деталей и узлов и был выполнен из следующих материалов.

Штуцер-1 подачи топлива выполнялся из материала АК6 токарной обработкой. В него запрессовывалась втулка 2 из бронзы БрАЖМц10-3-1,5, выполненная токарной обработкой. К наружной поверхности штуцера 1 приваривались специальные профилированные пилоны из материала АМг2 для установки штуцера 1 на обечайке компрессора 27. Обечайка 27 выполнялась методом выдавливания из листа АМц токарным способом на специальной оправке с последующим отрезанием доньшка заготовки и развальцовкой кромки. Обечайка компрессора 27 со штуцером 1 представляла собой сборочную единицу.



Фиг. 15

Вал 4 двигателя изготавливался токарным способом из материала типа 40ХНМА. При помощи специального приспособления по оси вала на глубину 62 мм в нем было просверлено отверстие диаметром 3 мм. На входе внутри отверстия полого вала 4 была установлена и закреплена пайкой микрокрыльчатка подачи топлива 3 диаметром 3 мм. из латуни ЛС59-1. С этим отверстием сообщались просверленные в валу центробежные форсунки впрыска топлива 11 диаметром 0,5 мм. Шейки вала под подшипники шлифовались, и на их поверхности напрессовывались подшипники НУ980077Ю из нержавеющей стали, превращая вал 4 с подшипниками и микрокрыльчаткой в сборочную единицу.

Компрессор состоял из ротора 7, выполненного токарным способом по шаблону из материала АК6, и 12-ти лопаток 8. Все лопатки компрессора изготавливались слесарным способом из материала АМг2 и обрабатывались в пакете. В роторе 7 дисковой фрезой прорезалось 12 радиальных пазов, и туда с натягом вставлялись лопатки 8. С тыльной стороны ротора 7 производилась сварка ротора с лопатками в среде аргона. После сварки входным кромкам лопаток по шаблону придавался необходимый установочный угол.

Статор компрессора 9 был выполнен из материала АК6 токарным способом. По окружности на диаметре, несколько большем диаметра компрессора, были выполнены 24 конических отверстия, образующих диффузор компрессора. На торцевой поверхности статора 9 над гнездом подшипника закреплен посредством винтов жаровой кожух камеры сгорания 12, выполненный из материала типа ХН78Т. Формообразование жарового кожуха 12 производилось из листа после отжига на токарном станке выдавливанием. Статор компрессора 9 в сборе с жаровым кожухом камеры сгорания 12 образовывал сборочную единицу.

Статор турбины 15 был выполнен из материала типа 30ХМЮА токарным способом. На периферии статора по окружности имелись косонаправленные отверстия, являющиеся соплами, направляющими газовый поток из камеры сгорания на лопатки турбины. Посредством винтов к статору 15 были прикреплены защитный кожух 13, выполненный из листового материала типа 12ХН10Т, и корпус кольцевой камеры сгорания 25, выполненный из того же материала 12ХН10Т. Формообразование данных деталей производилось гнутьем и контактной сваркой.

Сборный диск турбины 17 состоял из 3-х деталей. Лопаточный диск 16, выполненный из листовой жаропрочной стали типа ЭИ867, размечался на 32 лопатки. Для устранения концентраторов напряжений в местах смежных лопаток в диске выполнялись отверстия, затем между лопатками перемычки разрезались, и лопаткам придавались на специальной оправке нужный профиль и нужный угол установки. К лопаточному диску с двух сторон стыковались диски ступицы, выполненные из стали типа 12ХН10Т. При установке на вал 4 сборного диска турбины 17 все детали центрировались, занимая нужное положение, и скреплялись.

Стегатель 20 выполнялся из двух деталей. Обод выполнялся токарным способом из материала типа 30ХМЮА в виде кольца, затем фрезерованием и слесарным способом выбирался металл между пилонами крепления обода в статоре турбины 15. Пилонам придавался удобообтекаемый профиль. К конической части обода газовой сваркой был приварен конус, выполненный гнутьем из листа Х18Н10Т и по шву соединенный контактной сваркой.

Сборка двигателя производилась следующим образом.

Более длинная часть вала 4 с подшипниками вставлялась в гнездо статора компрессора 9, а короткая – в гнездо статора турбины 15. При этом жаровой кожух камеры сгорания 12 охватывал проточку на статоре турбины 15, а защитный кожух 13 подходил к коническому фланцу полого вала 4. Когда оба статора компрессора 9 и турбины 15 выставлялись на нужной дистанции, можно было корпус кольцевой камеры сгорания 25 прикреплять винтами к фланцу статора компрессора 9, а другую сторону корпуса 25 закреплять на статоре турбины 15. В результате получалась жесткая конструкция, позволяющая вести проверку работоспособности подшипников 10, 14 и выполнять притирку рабочего колеса компрессора к обечайке компрессора 27.

На более короткую часть вала 4 насаживался сборный диск турбины 17, который размещался внутри статора турбины 15. Он закреплялся через специальное дистанционное кольцо 18 гайкой 19 и стопорился. Во внутреннюю полость статора турбины 15 вставлялся стегатель 20, а на коническую поверхность статора 15 надевалось реактивное сопло 21, и все это фиксировалось винтами. Вставлялись трубки маслопровода 26, запальный стакан 23, и крепилась свеча зажигания 24.

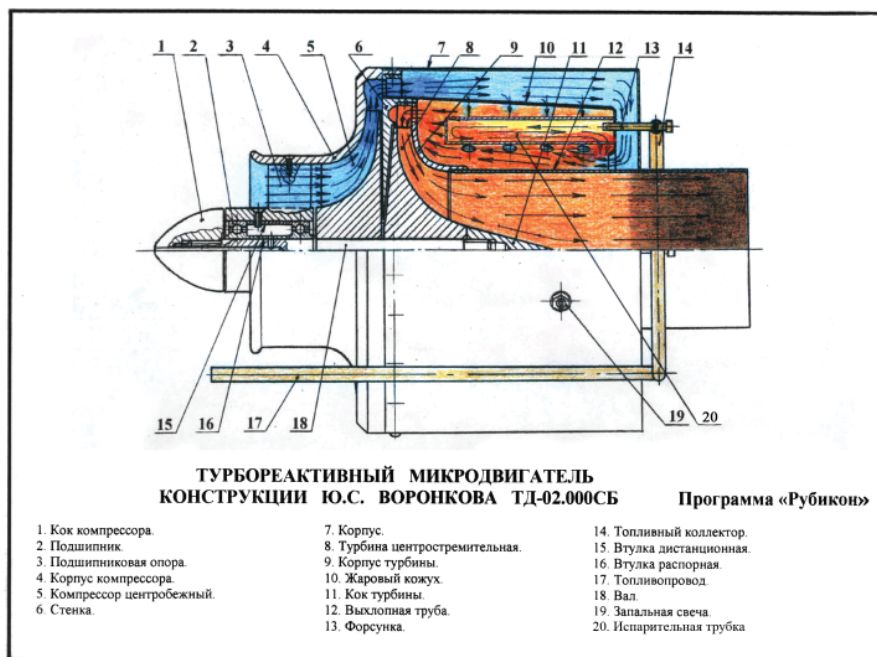
При испытаниях микродвигателя выяснилось, что он может работать в очень узкой области режимов. Расширение диапазона режимов работы двигателя требовало финансовых затрат для доработки его деталей и узлов.

3.3. Проект авиамодельного турбореактивного микродвигателя ТД-02

По результатам испытаний микродвигателя ТД-01 было принято решение о разработке авиамодельного турбореактивного микродвигателя с центростремительной турбиной и центробежным компрессором, объединенными в моноротор. Двигатель должен был оснащаться камерой сгорания испарительного типа, подшипниковым узлом, вынесенным в холодную зону. Проект получил обозначение ТД-02.000СБ., (ТД-02) (Фиг.16).

4. Выводы

Опыт реализации программы «Рубикон» в 1968 – 1978 г.г. выявил наиболее перспективную разработку – авиамодельный турбореактивный микродвигатель ТД-02.000СБ. (ТД-02). С точки зрения теории маломощных лопаточных машин при таких размерностях ТРД сочетание центростремительной турбины с центробежным компрессором в комплексе с камерой сгорания испарительного типа является наиболее оптимальным. Применения такого двигателя в наши дни возможно не только в авиамоделизме, но и в беспилотных летательных аппаратах, в энергетических установках малой мощности и даже в пилотируемых летательных аппаратах с распределенной тягой.



Фиг.16

Список литературы

1. Шур «Штаб юных техников» // Техника молодежи. – 1948. – №3. – С. 9, 11.
2. Инженер В. Гусев «Микро – РД» // Техника молодежи. – 1949. – №10. – С.10.
3. Максимов Ю. Модель истребителя // Юный техник. – 1962. – №7. – С. 78-80.
4. Моделист-конструктор. – 1966. – №3. – С.47.
5. Данченко Ю. На реактивных двигателях // Юный моделист-конструктор. – 1965. – №11. – С. 34-40.
6. Макаров Ю.В. Летательные аппараты МАИ. – М.: Изд. МАИ, 1994.
7. Ханцев Ф. Основы общей методики конструирования (Систематизация конструирования). – Л.: Машиностроение, 1962.

8. Бородин Пульсирующие воздушно-реактивные двигатели. – М.: Изд-во ДОСААФ, 1968.
9. Бабаев Н., Гаевский О., Кудрявцев С., Микиртумов Э., Хухра Ю. Авиационный моделизм. – М.: Изд-во ДОСААФ, 1956.
10. Гаевский О.К. Авиамодельные двигатели. – М.: Изд-во ДОСААФ, 1973.
11. Эльштейн П. Конструктору моделей ракет / пер. с польского. – М.: Изд-во Мир, 1978.
12. Журналы: «Техническая информация» ЦАГИ; «Изобретатель и рационализатор»; «Техника-молодежи»; «Знание-сила»; «Science News» (США); «Изобретения стран мира» Кп. В64С.
13. Воронков Ю.С. Мои микро – ТРД // АэроМастер. №13-14. – Новосибирск, 2009. С.38-43.

УДК 531

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ СКАНИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Григорьев И.Ю., Ивашов Е.Н., Панфилова Е.С.

ФГАОУ ВПО «Московский институт электроники и математики

Национального исследовательского университета Высшая школа экономики»,

Москва, e-mail: eivashov@hse.ru; e-mail: ienmiem@mail.ru

Приведены главные особенности и основы проектирования устройств, которые позволяют осуществлять возвратно-вращательное (сканирующее) движение исполнительного элемента электромеханического привода, что даёт возможность выбрать оптимальный тип устройства.

Ключевые слова: механизм сканирования, электропривод.

USE OF MECHANICAL SCANNING DEVICES IN ELECTRICAL SPECIAL-PURPOSE DRIVE

Grigoryev I.Y., Ivashov E.N., Panfilova E.S.

FGAEU HPE "Moscow institute of electronics and mathematics

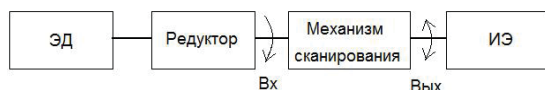
The national research university High school of economics",

Moscow, e-mail: eivashov@hse.ru; e-mail: ienmiem@mail.ru

The main features and principles of design devices are proposed that allow scan motion in elektro-mechanical drive. It's help you to choose the best type of device.

Keywords: scanning mechanism, electro-mechanical drive.

В технологическом оборудовании, устройствах сканирования (обзора) различных систем связи, наблюдения и контроля возникает задача создания электромеханического привода, имеющего мощность до 600 Вт, обеспечивающего возвратно-вращательное движение исполнительного элемента. В этом случае структура механических составляющих электропривода имеет вид, показанный на рис. 1а.



а)



б)

Рис. 1. Сканирующий электропривод

а) общая структура (ЭД – электродвигатель, ИЭ – исполнительный элемент)

б) устройство сканирования

Здесь важным элементом электропривода является механизм сканирования (рис. 1б), который обеспечивает преобразование однонаправленного вращения входного звена

на в требуемое возвратно-вращательное движение выходного звена (исполнительного элемента), так как в таких приводах редуктор выполняет общеизвестные функции. При этом представляют интерес выбор конструкции механизма сканирования, анализ его кинематики и динамики.

При исследовании кинематики и динамики механизмов удобно скорости и ускорения звеньев (и их точек) выражать в зависимости от координаты (в данном случае – угловой) входного звена. Например, если определена функция положения механизма $\Psi(\varphi)$ – зависимость угла поворота выходного звена – Ψ от угла поворота входного звена – φ , то угловая скорость выходного звена в любой момент времени может быть представлена в следующем виде:

$$\omega_{\text{ВЫХ}}(t) = \frac{d\Psi}{dt} = \frac{d\Psi}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \Psi' \cdot \omega_{\text{ВХ}}$$

где $\omega_{\text{ВХ}}$ – угловая скорость входного звена, рад/с; Ψ' – безразмерная величина, которую называют аналогом угловой скорости выходного звена; если учесть, что в большинстве механизмов входное звено вращается равномерно $\omega_{\text{ВХ}} = \text{const}(t)$, то зависимость $\Psi'(\varphi)$ позволяет оценить изменение скорости выходного звена от времени.

Аналогично, угловое ускорение выходного звена

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{ВЫХ}}(t) &= \frac{d\omega_{\text{ВЫХ}}}{dt} = \frac{d}{dt}(\Psi' \cdot \omega_{\text{ВХ}}) = \\ &= \omega_{\text{ВХ}} \cdot \frac{d\Psi'}{dt} + \Psi' \cdot \frac{d\omega_{\text{ВХ}}}{dt} = \\ &= \omega_{\text{ВХ}} \cdot \frac{d\Psi'}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \Psi' \cdot \varepsilon_{\text{ВХ}} = \Psi'' \cdot \omega_{\text{ВХ}}^2 + \Psi' \cdot \varepsilon_{\text{ВХ}}\end{aligned}$$

Здесь: $\varepsilon_{\text{ВХ}}$ – угловое ускорение входного звена, рад/с²; Ψ'' – безразмерная величина, которую называют аналогом углового ускорения выходного звена.

Теоретически, с помощью сканирующего механизма можно получать самые различные законы движения выходного звена, но на практике используют только такие, которые обладают лёгкостью получения и удовлетворяют кинематическим и динамическим требованиям.

В общем виде функция положения для сканирующего механизма может быть представлена графиком, показанным на рис. 2.

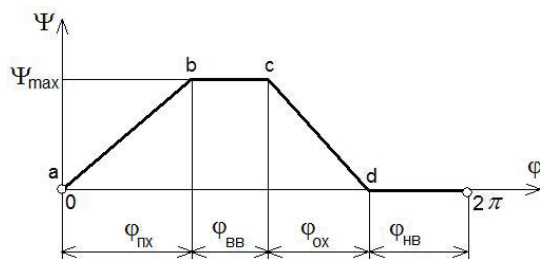


Рис. 2. Функция положения сканирующего механизма в общем виде

На этом графике $\varphi_{\text{ПХ}}$, $\varphi_{\text{ОХ}}$, $\varphi_{\text{ВВ}}$, $\varphi_{\text{НВ}}$ – соответственно углы прямого хода, обратного хода, верхнего выстоя и нижнего выстоя выходного звена; суммы этих углов определяют полный оборот входного звена вокруг своей оси. В системах сканирования обычно $\varphi_{\text{ВВ}} = \varphi_{\text{НВ}}$ и эти углы стараются сделать минимально возможными. Для технологического оборудования, где имеются медленный рабочий ход и быстрый холостой ход исполнительного элемента, часто делают так, чтобы $\varphi_{\text{ПХ}} > \varphi_{\text{ОХ}}$. Для систем обзора используют симметричный цикл: $\varphi_{\text{ПХ}} = \varphi_{\text{ОХ}}$.

Если функция положения на участках $a-b$ и $c-d$ будет линейной, то скорость выходного звена на этих участках постоянна. На рис. 3 показаны графики функции положения и аналога скорости для этого случая. Из графика аналога скорости видно, что в точках a, b, c, d возникают очень большие ускорения выходного звена (их реальная величина определяется жесткостью звеньев). Следствием этого является возникновение ударных нагрузок в механизме, что снижает его надёжность и повышает износ кинематических пар.

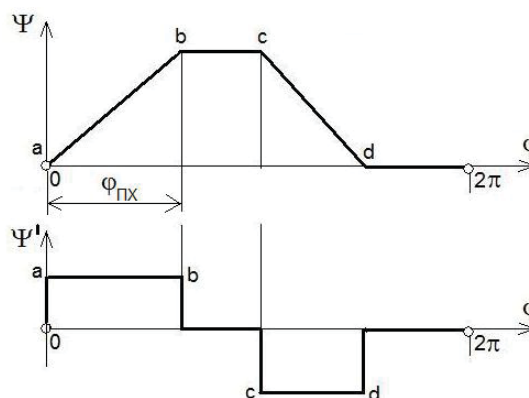


Рис. 3. Функция положения с линейными участками прямого и обратного хода

Для смягчения ударов в районе точек a, b, c, d делают переходные зоны $\varphi_{\text{ПЗ}} \approx 0,15\varphi_{\text{ПХ}}$ (рис. 4а), которые смягчают ударные нагрузки и позволяют решить эту проблему для **тихоходных** механизмов.

В положениях выходного звена (исполнительного элемента), где оно движется с ускорением $\varepsilon_{\text{ИЭ}}$, на него действуют моменты сил инерции $M_{\text{ДИН}} = J_{\text{ИЭ}} \cdot \varepsilon_{\text{ИЭ}}$, где $J_{\text{ИЭ}}$ – момент инерции исполнительного элемента. Избегать сильных ударных нагрузок, что является весьма важным для **быстроходных** механизмов, можно при использовании треугольной (или синусоидальной) формы графика аналога ускорений (рис. 4б).

В узлах сканирования наиболее часто применяются кривошипно-коромысловые, кривошипно-кулисные и кулачково-коромысловые механизмы [1-3]. Каждый из них характеризуется комплексом свойств и особенностей, которые следует учитывать при проектировании.

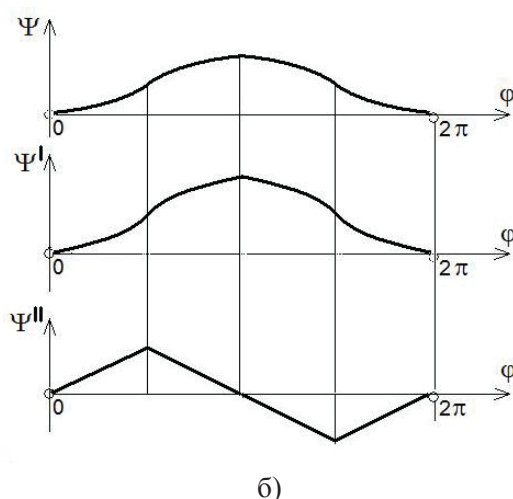
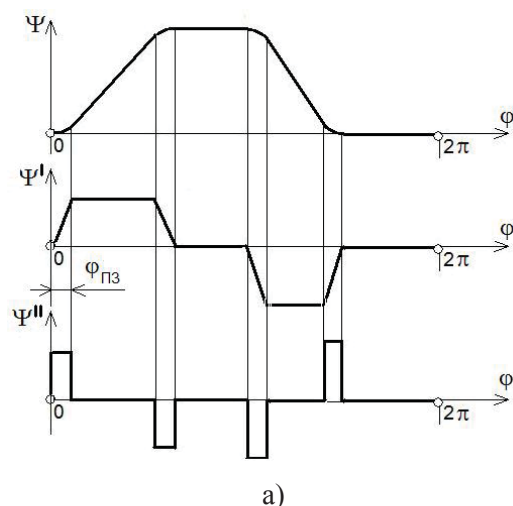


Рис. 4. Функция положения механизма сканирования:

а) со смягчением ударных нагрузок
б) с малыми ударными нагрузками

Кривошипно-кулисный механизм и план скоростей для него в выделенном положении представлены на рис. 5а. В положениях $MT1$ и $MT2$ – «мёртвых точках» – наблюдается остановка кулисы. Из рисунка видно, что

$$\Psi_{MAX} = \arcsin\left(\frac{AB}{AC}\right);$$

$$\varphi_{MT1} = \pi/2 + \Psi_{MAX};$$

$$\varphi_{MT2} = 2\pi - \varphi_{MT1}.$$

Важным преимуществом такого механизма является его компактность и простота конструкции. Прямой и обратный ход кулисы неодинаковы, поэтому рабочий ход (медленный) делают на участке от $MT2$ до $MT1$, а холостой ход (быстрый) на участке от $MT1$ до $MT2$. Кулиса здесь движется неравномерно. Примерный вид функции положения для изображенного на рис. 5а механизма показан на рис. 5б.

Выполним аналитический расчёт кинематики такого механизма. Рассмотрим треугольник ABC . В проекциях на оси координат x и y получим уравнения:

$$\text{на ось } x \quad AB \cos \varphi + AC = BC \cos \Psi, \quad (1)$$

$$\text{на ось } y \quad AB \sin \varphi = BC \sin \Psi. \quad (2)$$

Разделим (2) на (1):

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{AB \sin \varphi}{AC + AB \cos \varphi}$$

Тогда функция положения будет

$$\psi = \operatorname{arctg}\left(\frac{AB \sin \varphi}{AC + AB \cos \varphi}\right).$$

Если продифференцировать уравнение (2) по координате φ , то получим

$$AB \cos \varphi = \frac{dBC}{d\varphi} \sin \Psi + BC \cos \Psi \Psi'.$$

Из углов этого уравнения вычтем угол Ψ (то есть, применим метод обращения движения) и получим $AB \cos(\varphi - \Psi) = BC \Psi'$, откуда аналог скорости кулисы будет

$$\Psi' = \frac{AB}{BC} \cos(\varphi - \Psi).$$

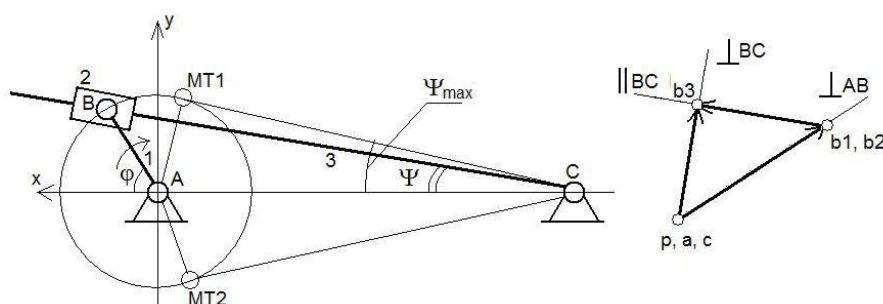
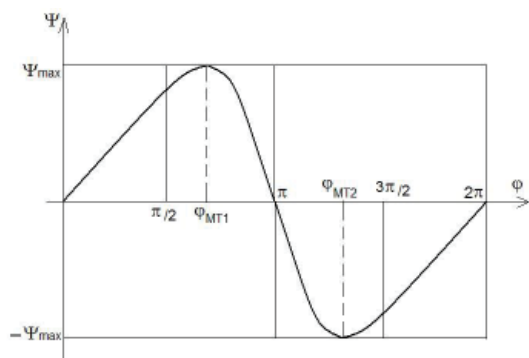


Рис. 5. Кривошипно-кулисный механизм: а) схема механизма и план скоростей



б)

Рис. 5. Кривошипно-кулисный механизм:
б) функция положения

В общем виде **кривошипно-коромысловый** механизм выглядит так, как показано на рис. 6а. При равномерном вращении кривошипа AB коромысло CD совершает неравномерные качания относительно точки D .

Представляет интерес частный вид кривошипно-коромыслового механизма, показанный на рис. 6б [3]. За половину оборота кривошипа коромысло совершает полное качание в одну сторону. Амплитуда качания коромысла

$$\Psi_{\max} = \arcsin\left(\frac{AB}{CD}\right).$$

Функция положения показана на рис. 6в). Из графика функции положения механизма видно, что качания коромысла в одну и в другую стороны почти идентичны (особенно, если длина кривошипа AB мала по сравнению с BC и CD).

Аналитический анализ кинематики кривошипно-коромыслового механизма (рис. 6а) можно выполнить, рассматривая сначала треугольник ABD (определить зависимость BD как функцию угловой координаты кривошипа), а затем треугольник BDC с использованием известных теорем планиметрии: теорем косинусов и синусов. В результате будет получена вычисляемая с большой точностью функция положения механизма. Подробно этот метод изложен в [1].

Кулачково-коромысловый механизм — механизм, ведущее звено которого — кулачок, имеющее поверхность переменной кривизны, взаимодействует с другим подвижным звеном — коромыслом, образуя высшую кинематическую пару (соприкосновение по линиям и точкам). Кулачки можно изготавливать дисковыми или цилиндрическими, а силовое замыкание между кулачком и коромыслом осуществляется

упругим элементом (пружиной) или с помощью жёлоба.

Выбирая профиль кулачка, можно получить практически любой закон движения коромысла при равномерном вращении кулачка. Часто требуется получить линейную функцию положения коромысла на этапе его подъёма или опускания (рис. 3). В этом случае профиль кулачка на этом участке представляет собой фрагмент спирали Архимеда (её радиус: $R = A \cdot \phi$, где $A = \text{const}$).

На рис. 7а показан механизм сканирования с дисковым кулачком, а на рис. 7б — план скоростей для указанного положения. При вращении кулачка изменяется угол давления ν , угол между нормалью $n-n$ к профилю кулачка в данном положении и направлением $П$, перпендикулярным к коромыслу (рис. 7а). Когда $\nu > \nu_{\max} \approx 45^\circ$, то проекция силы давления коромысла $F_{2N} = F_2 \sin \nu$ становится весьма большой, из-за чего возникают значительные потери на трение (вплоть до заклинивания и самоторможения) и значительный износ в шарнирах. Если увеличить минимальный радиус кулачка — r_0 , то скорость точки B кулачка увеличится ($V_{B1} = \omega_1 \cdot AB$). Поэтому план скорости для одного и того же положения кулачка и при неизменном значении аналога скорости коромысла изменится как показано на рис. 7в. Из сравнения двух планов (рис. 7б и в) следует, что с увеличением габаритных размеров кулачка (минимального радиуса — r_0) при неизменной кинематике механизма угол давления уменьшается ($\nu' < \nu$).

При кинематическом анализе кулачково-коромыслового механизма, показанного на рис. 7а, для определения функции положения коромысла при вращении кулачка с заданным профилем можно применить широко распространённые графические методы [1, 2].

Для снижения трения часто в точке B коромысла устанавливают вращающийся ролик радиусом r_p . В этом случае реальный профиль кулачка выполняют по кривой, эквидистантной полученному профилю и расположенной на расстоянии r_p от него (рис. 8б). Если силовое замыкание между кулачком и коромыслом обеспечивается пружиной (рис. 8б), то надо выбирать пружину достаточно жёсткой, чтобы не могло произойти размыкания между звеньями. С другой стороны, слишком жёсткая пружина увеличивает износ трущихся элементов механизма. Для пружины должно выпол-

няться условие $M_{\text{пр MAX}} \approx (1,2 \dots 1,3) M_{\text{дин MAX}}$, где $M_{\text{пр MAX}}$ – максимальный момент, развиваемый пружиной; $M_{\text{дин MAX}}$ – максимальный динамический момент коромысла $M_{\text{дин MAX}} = J_{\text{кор}} \cdot \varepsilon_{\text{кор MAX}}$, $J_{\text{кор}}$ – момент инерции коромысла, $\varepsilon_{\text{кор MAX}}$ – максимальное

угловое ускорение коромысла на участке его опускания. Можно использовать и геометрическое замыкание между кулачком и коромыслом (рис. 8в) с помощью жёлоба или канавки на кулачке. Но в этом случае изготовление кулачка сильно усложняется.

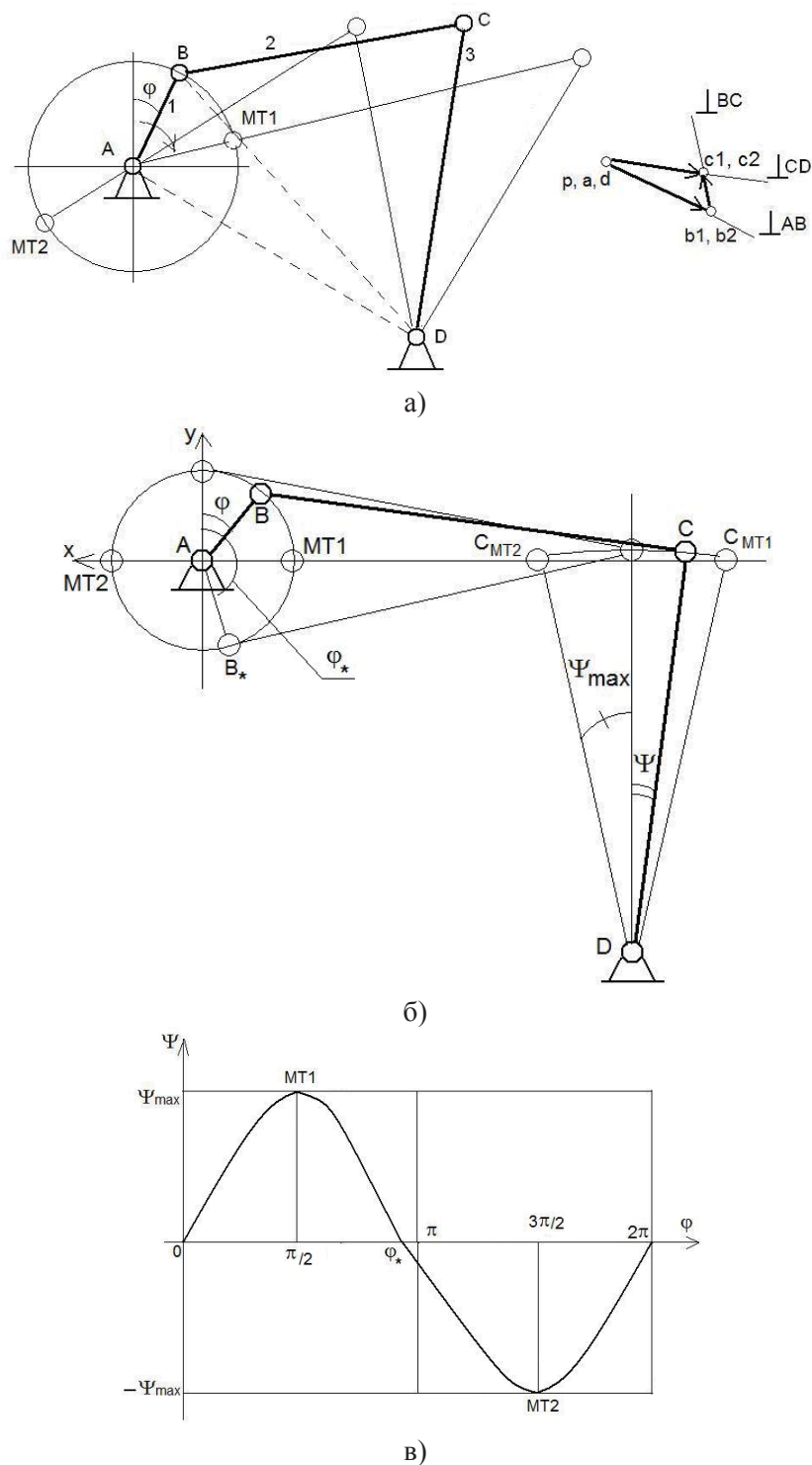


Рис. 6. Кривошипно-коромысловый механизм:
а) общий случай б) частный случай в) функция положения для механизма рис.6б

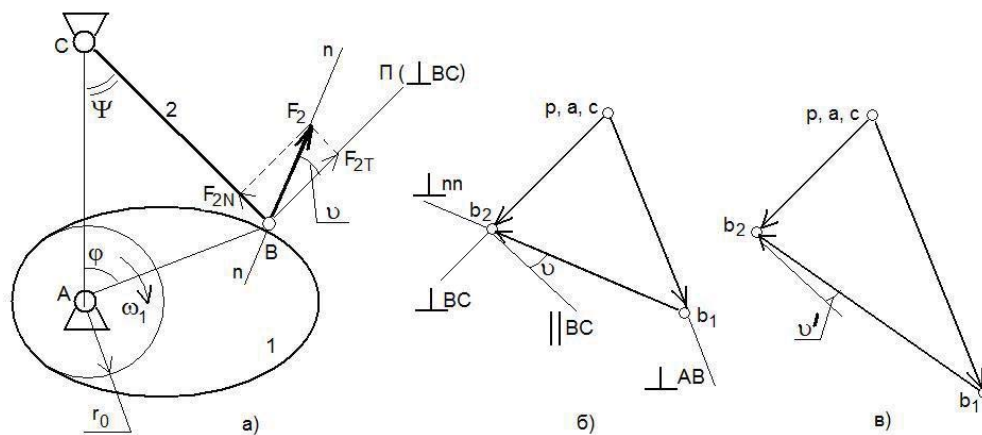


Рис. 7 Дисковый кулачково-коромысловый механизм

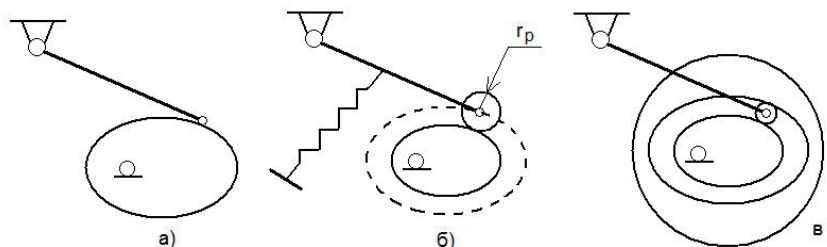


Рис. 8. Модификации кулачкового механизма

Электропривод, выполняющий сканирующие функции, можно сделать намного компактнее, если за счёт системы управления обеспечить быстрое и надёжное реверсирование ротора электродвигателя в процессе его работы. В этом случае структура механических элементов электропривода, по сравнению с изображённой на рис. 1, станет более простой (рис. 9а), но возникнет необходимость в усложнении системы управления приводом, которую надо дополнить функцией реверса. Преимущество такой схемы, помимо компактности, заключается ещё и в том, что в ней можно реализовать движение исполнительного элемента с постоянной скоростью на всём этапе движения от одной крайней точки его положения до другой (рис. 3). Однако схема с реверсированием двигателя имеет ряд недостатков [4]. Во-первых, если не использовать сложную систему управления, то прямой и обратный ход выходного звена совершается при одной и той же частоте ротора двигателя, а это означает, что продолжительность прямого и обратного ходов будет одинаковой, что не является приемлемым для ряда технологических процессов. Во-вторых, в крайних точках положения выход-

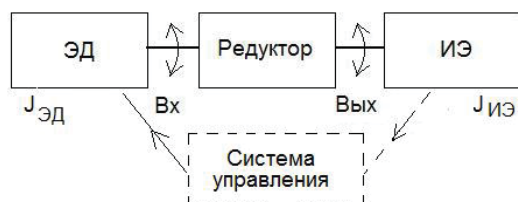
ного звена система управления должна осуществить быстрое реверсирование ротора электродвигателя. Этот переходный процесс (он показан на рис. 9б) занимает какое-то время – время реверса (обычно его лимитируют на уровне до 10% от продолжительности прямого или обратного хода исполнительного элемента) и сопровождается возникновением значительных динамических инерционных нагрузок в электроприводе. Величина возникающего на валу двигателя динамического момента будет определяться угловым ускорением ротора электродвигателя при реверсировании – $\varepsilon_{эд}$ и приведённым к валу электродвигателя моментом инерции – $J_{пр}$: $M_{эд\text{дин}} = J_{пр} \cdot \varepsilon_{эд}$, Н·мм. Здесь

$$J_{пр} \approx (1,1 \dots 1,3) J_{эд} + \frac{J_{иэ}}{U_p^2}, \quad \varepsilon_{эд} \approx \frac{2\omega_{эд}}{t_p},$$

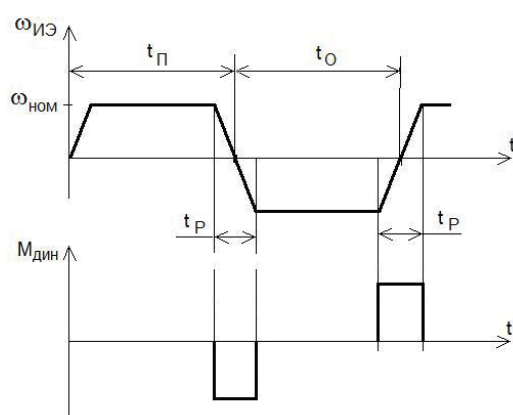
$$\omega_{эд} = U_p \cdot \omega_{ном}$$

где $J_{эд}$, $J_{иэ}$ – моменты инерции ротора двигателя и исполнительного элемента, Н·мм·с²; U_p – передаточное отношение редуктора, $\omega_{эд}$ – номинальная угловая скорость вращения ротора, рад/с, при движении исполнительного элемента с номиналь-

ной угловой скоростью $\omega_{\text{НОМ}}$ (рис. 9б), t_p – продолжительность этапа реверсирования, с. При частых реверсах и значительных динамических моментах двигатель работает в тяжелом режиме (переменная нагрузка), что приводит к его перегреву, а все узлы трения привода подвергаются значительному износу.



а)



б)

Рис. 9. Реверсируемый сканирующий электропривод: а) структура привода б) диаграмма скорости и динамического момента

Это неприятное явление может быть значительно ослаблено за счёт применения в электроприводе двух управляемых сцепных муфт, осуществляющих реверсирование исполнительного элемента при неизменном направлении вращения ротора двигателя (рис. 10). Сцепная муфта в зависимости от управляющего сигнала жестко соединяет или полностью разъединяет установленные на ней колесо K и шестерню $Ш$. Система управления электропривода поочередно подаёт управляющий сигнал на одну из муфт M_1 или M_2 , в результате чего исполнительный элемент вращается либо непосредственно от выходной шестерни редуктора (муфта M_1 – включена, а муфта M_2 – отключена), либо через паразитное колесо, роль которого выполняет колесо K_1 муфты M_1 , когда муфта M_1 – отключена, а муфта M_2

– включена. Сцепные муфты здесь могут быть как фрикционные, так и порошковые. В фрикционных сцепных муфтах соединение полумуфт (колеса K и шестерни $Ш$) осуществляется за счёт сил трения, а разъединение – благодаря электромагниту, раздвигающему фрикционные диски между ними. Иногда для увеличения передаваемого муфтой момента фрикционные поверхности заменяют торцовыми зубьями, но в этом случае срабатывание муфты происходит дольше и более жёстко (сопровождается микроударами). В порошковых сцепных муфтах полумуфты соединяются за счёт вязкой массы, состоящей из ферромагнитного порошка и смазочной жидкости. При отсутствии напряжения вязкость массы небольшая и полумуфты механически не связаны. При подаче управляющего сигнала ферромагнитные частицы намагничиваются и вязкость массы увеличивается, механически связывая полумуфты. При этом соединение происходит очень быстро (за 0,005...0,05 секунды) и мягко. К сожалению, со временем частицы порошка изнашиваются, поэтому ресурс таких муфт невелик.

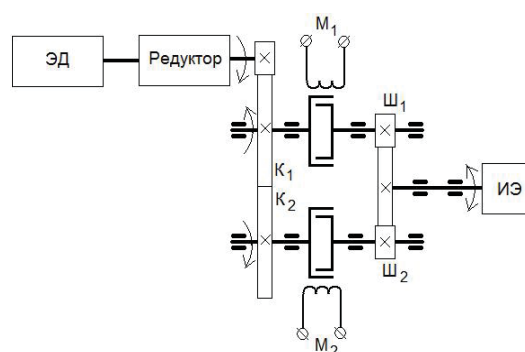


Рис. 10. Реверсивный электропривод со сцепными муфтами

Подводя итог, можно отметить, что существует целый ряд различных конструктивных решений, обеспечивающих возвратно-вращательное движение исполнительного элемента, каждый из которых обладает своими особенностями. Для экспресс-выбора типа механизма эти особенности в укрупнённом виде можно свести в единую бинарную таблицу, где наличие указанного признака отмечено цифрой 1, а отсутствие – цифрой 0 (табл.1). Для более полного анализа при принятии решения необходимо проводить тщательный анализ различных конструкций с подбором их параметров и последующим сравнением полученных вариантов.

Т а б л и ц а 1

Конструктивные особенности механизмов с возвратно-вращательным движением исполнительного элемента (ИЭ)

	Тип механизма			
	Кривошипно-коромысловый	Кривошипно-кулисный	Кулачковый	Реверсивный
Движение ИЭ:				
любое	0	0	1	0
равномерное	0	0	1	1
Цикл движения ИЭ:				
симметричный	0	0	1	1
несимметричный	1	1	1	0
Малые динамические нагрузки при работе	0	0	1	0
Малые габариты	0	1	1	1
Малые углы отклонения ИЭ	1	1	1	0
Малые перегрузки электродвигателя	1	1	1	0

Список литературы

1. Артоболовский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
2. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин. – М.: Наука, 1972. – 384 с.
3. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. – М., 1987.
4. Рощин Г.И. Несущие конструкции и механизмы РЭА. – М.: Высшая школа, 1981. – 375 с.

УДК 621.833.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ БЕСШАТУННЫХ ЗУБЧАТЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ БЕЗ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ

Зайкин О.А.

*ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань,
e-mail: satellit8583@yandex.ru*

В результате анализа тенденций развития современных конструкций приводов транспортно-технологических машин с целью создания нового качественного привода в качестве базового выбран планетарный бесшатунный механизм. При этом учтены следующие его положительные свойства: компактность, уравновешенность, технологичность звеньев, известная апробация в реальном ДВС, повышенный ресурс и КПД, экономичность и экологичность. В настоящей статье приведены результаты экспериментального исследования параметров движения выбранного в качестве базового бесшатунного зубчатого дифференциала, обеспечивающего поступательное движение выходного звена без направляющей. На основе полученных результатов выполнена апробация расчетных зависимостей и выводов, сформулированных на основе расчетных исследований.

Ключевые слова: привод, дифференциал, скорость, прямолинейная траектория, тензометрическая станция, датчик, крутящий момент.

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF MOTION PARAMETERS OF CONTROL-FREE DIFFERENTIAL TOOTH GEARS WITH FORWARD MOTION WITHOUT GUIDING

Zaikin O.A.

FSBEI HPE Astrakhan State Technical University, Astrakhan, e-mail: satellit8583@yandex.ru

As the result of tendency analysis of modern constructions of transport technological machine drivers with the aim of creating of qualitative drive as a basic one, a planetary control-free mechanism was chosen. The following positive properties were taken into consideration: compactness, steadiness, manufacturability of units, the well-known approbation in real ICE (internal combustion engine), increased resources and coefficient of efficiency, economy and ecological compatibility. The results of experimental investigation of motion parameters, chosen as a basic one, control-free differential tooth gear providing the forward motion of output unit without guiding were suggested in this article. On the basis of received results the approbation of design dependence and conclusions, formed on basis of calculated investigations was done.

Keywords: drive, differential, speed, rectilinear trajectory, strain gage station, sensor, rotational moment.

Введение

Для приводов транспортно-технологических машин автором разработаны четыре схемы бесшатунных замкнутых дифференциалов зубчатого типа [1, 2, 3, 4] с улучшенными техническими параметрами. Исследования параметров их движения расчетным методом показали, что:

- они могут формировать точную прямолинейную траекторию выходного звена при особой кинематике сателлита и центрального колеса;
- колеса движутся с постоянной угловой скоростью, а точки прямолинейного движения – по графику синусной гармонической функции;
- при нарушении кинематики прямая вырождается в циклическую гипоциклоиду, описывающую окружность за множество цикловых повторений;
- при нарушении радиуса положения точки на сателлите с прямой траекторией

прямая преобразуется в устойчивый эллипс с малой осью, равной удвоенному отклонению;

– сопротивление движению механизмов каждой схемы различно, поэтому не все схемы можно приводить в движение через водило;

– КПД при разных входных валах различный, что позволяет найти экономичную конструкцию при свободном выборе ведущего вала.

Эти результаты теоретических исследований свидетельствуют о повышенном качестве новых дифференциальных схем, но требуют практического подтверждения для правильного выбора их параметров при проектировании приводов машин. Для проверки эффективности работы новых схем в реальных приводах были изготовлены четыре модели механизмов и экспериментальная установка с измерительным комплексом.

Методика исследования и оборудование

Модели дифференциалов изготовлены для обобщенного анализа и не связаны с конкретными приводами машин (рис. 1). Для всех схем принят прямолинейный ход 120 мм, который позволил при $Z_{\min} = 20$ мм принять модуль $m = 1,5$ мм. В результате анализа возможных вариантов рассчитан эксцентриситет $e = 30$ мм для всех моделей, а величину отклонения радиусов сателлита и центрального колеса Δ (рис. 2) при-

няли с таким условием, чтобы оно имело общие множители с величиной e :

Схема 1 – $\Delta = +15$ мм,

Схема 2 – $\Delta = -15$ мм,

Схема 3 – $\Delta = -45$ мм,

Схема 4 – $\Delta = -75$ мм.

Значения чисел зубьев колес и передаточное число замыкающей ступени моделей по схемам даны в табл. 1.

Для испытания моделей собрана исследовательская установка (рис. 3) не промышленного изготовления.

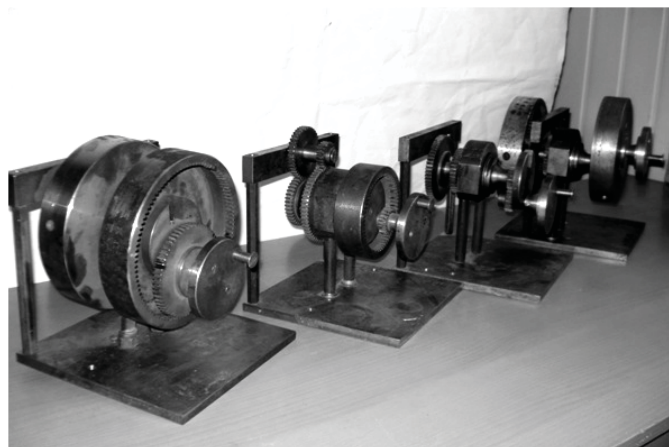


Рис. 1. Внешний вид моделей механизмов, по схемам 1, 2, 3, 4 слева направо и схема

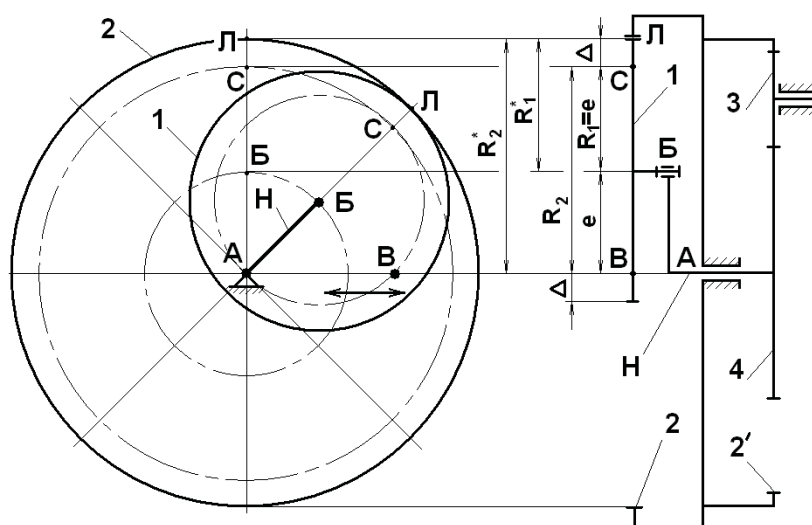


Рис. 2. Схема с обозначениями размеров на примере модели №1

Таблица 1

Параметры моделей для исследования

№ схемы	Δ	U_{24}	Z_1	Z_2	$Z_{2'}$	Z_3	$Z_{3'}$	Z_4
Схема 1	+15	- 1/5	60	100	100	40	–	20
Схема 2	-15	1/3	20	60	60	20	40	40
Схема 3	-45	3	20	20	40	40	20	60
Схема 4	-75	-5	60	20	20	40	–	100

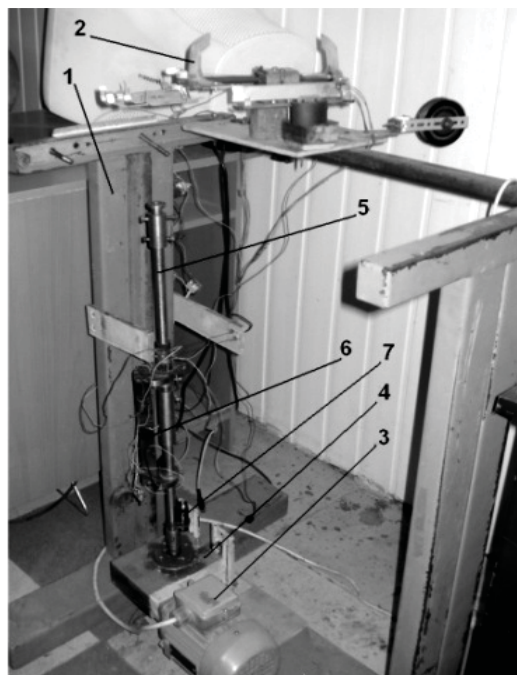


Рис. 3. Внешний вид экспериментальной установки и измерительного комплекса

Она состоит из рамы 1, каретки с датчиками движения 2, электродвигателя 3, редуктора 4, приводного вала 5 (жесткая пальцевая муфта, втулочные муфты, валы-удлинители), датчика крутящего момента 6, питающего элемента 7. Измерительная аппаратура (рис. 3) состоит из тензометрической станции А17-Т8, предназначенная для регистрации активных электро-сигналов с датчиков по 8-ми каналам одновременно, переносного компьютера для регистрации осциллограмм, часового тахометра и прибора контроля электросигнала.

Использованы самодельные датчики: перемещения подвижной каретки – реостатного типа, датчик линейной скорости – индукционного пассивного типа, датчик крутящего момента – тензометрический.

Результаты исследования

Для проверки условий существования прямой траектории в моделях получена картина обкатывания мнимой окружности на

сателлите с радиусом e по геометрическому месту центров скоростей 2-го звена с радиусом $2e$, как в базовом планетарном механизме (рис. 4).

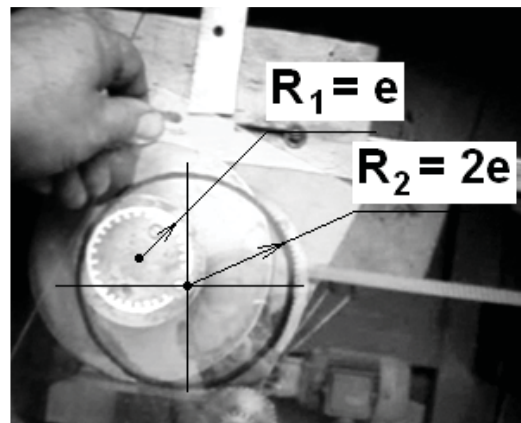


Рис. 4. Картина обкатывания мнимых окружностей

В соответствии с расчетами, обобщенная погрешность для радиусов схемы дифференциала равна:

$$v = \frac{\frac{e+p}{2e+\Delta+\delta} \cdot \frac{1}{\omega_H - \frac{\Delta\omega_2}{2e+\Delta}} \cdot (\Delta+\delta) - (e-p)}{\frac{e+p}{2e+\Delta+\delta} \cdot \frac{1}{\omega_H - \frac{\Delta\omega_2}{2e+\Delta}} + 1}$$

где v – ошибка в размере радиусов R и r ; δ – величина изменения Δ ; p – зазор в подшипниках опор; $\Delta\omega_2$ – приращение угловой скорости центрального колеса.

Для всех ошибок, включая ошибку положения k точки на сателлите, траектория точки B описывается координатами гипоциклоиды:

$$\begin{cases} x^* = (e+p)\cos\varphi + (e\pm k)\cos\left(\frac{e+p}{e+\Delta-p+\varepsilon}\varphi\right) \\ y^* = (e+p)\sin\varphi - (e\pm k)\sin\left(\frac{e+p}{e+\Delta-p+\varepsilon}\varphi\right) \end{cases}$$

При обнулении ошибок, кроме k , получаем уравнение эллипса (рис. 5):

$$\begin{cases} x^* = (2e\pm k)\cos\varphi \\ y^* = -(\pm k)\sin\varphi \end{cases}$$

Уравнение показывает, что малая ось эллипса равна $2k$, так как при обратном ходе получаем $(-\sin\varphi)$. А сам ход может быть короче или длиннее.

Исследование траектории точки на сателлите на прямолинейность выполнено методом киносъемки и методом вычерчивания траектории (рис. 5). При округлении числа зубьев колес замыкающей ступени образуется гипоциклоида (рис. 6).

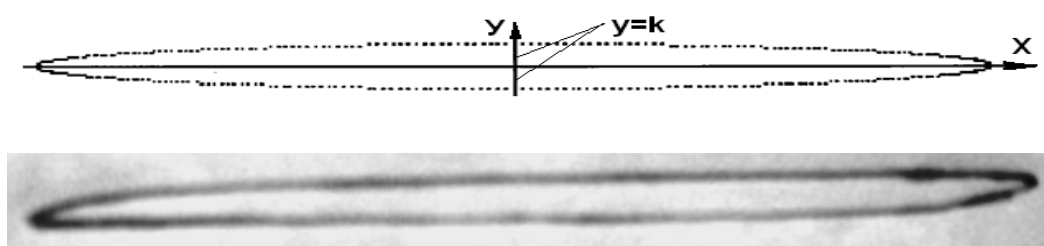


Рис. 5. Формы траектории при наличии k – теоретическая сверху, экспериментальная снизу

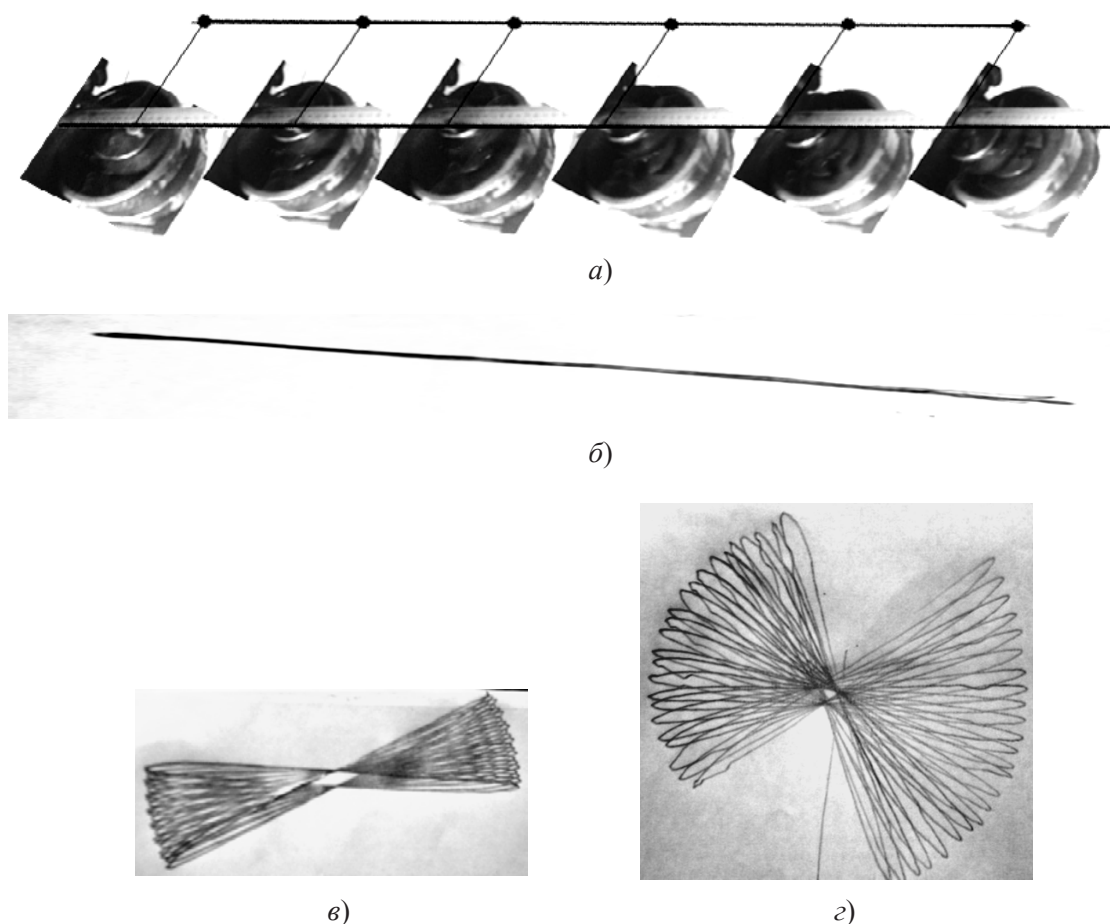


Рис. 6. Фотокартина положений и рисунки форм прямолинейной траектории точки:
а – фотокартина траектории движения точки; б – нормативная прямолинейная траектория;
в – гипоциклоида при отклонении в 1 зуб; г – при отклонении в 3 зуба

Теоретически получены уравнения моментов на потенциальных ведущих валах звеньев 2, 3, Н с учетом КПД шарниров $\eta_{ш}$ и зацепления $\eta_{зуб}$:

$$M_H = F_{nc} \cdot e \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \sin \varphi_H \cdot \left(\frac{1}{\eta_{ш}^2} - U_{2H} \cdot \frac{1}{\eta_{ш}^2 \cdot \eta_{зуб}^2} \right)$$

$$M_2 = F_{nc} \cdot e \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \sin \varphi_H \cdot \left(\frac{1}{\eta_{ш} \cdot \eta_{зуб}} - \frac{1}{U_{2H} \cdot \eta_{ш}^2 \cdot \eta_{зуб}^2} \right)$$

$$M_3 = F_{nc} \cdot e \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_3}{R_4} \cdot \sin \varphi_H \cdot \left(\frac{1}{\eta_{ш}^2 \cdot \eta_{зуб}^2} - \frac{U_{2H}}{\eta_{ш} \cdot \eta_{зуб}^2} \right)$$

Рассмотрен также вариант с дополнительными моментами $M_{2доп}$ и $M_{3доп}$, действующими извне на центральное колесо 2 и на замыкающий блок 3:

$$M_H^* = M_H \pm M_{2доп} \cdot U_{2H}$$

$$M_H^* = M_H \pm M_{3доп} \cdot U_{2H} \cdot \frac{R_2'}{R_2}$$

$$M_H^* = M_H \pm M_{2доп} \cdot U_{2H} \pm M_{3доп} \cdot U_{2H} \cdot \frac{R_2'}{R_2}$$

Кинематику исследовали визуально по картинам траекторий и осциллограммам перемещения и скорости точки точного прямолинейного движения. Осциллограммы изменения перемещения и скорости прямолинейного движения точки на спутнике записаны одновременно через тензометрическую станцию А17-Т8. (рис. 7).

Момент кручения так же записывался тензостанцией для всех моделей вместе с кинематикой. Анализ сходимости моментов с расчетом показан в таблице 2. Средняя сходимость результатов составила 11,3 %.



Рис. 7. Пример записи сигналов кинематики прямолинейного движения

Таблица 2

Анализ крутящего момента на водиле моделей

Параметр	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
Экспериментальные моменты, Н*м				
$M_{амп}$	0,8	1,127	1,679	2,08*
Расчетные моменты, Н*м				
M_{Hmax}	0,892	0,975	1,476	2,2*
% сходимости	10,3%	15,6%	13,8%	5,5%

* – модель №4 проворачивалась через вал колеса №2

Выводы

В результате экспериментальных исследований:

- подтверждены наличие мнимой окружности качения сателлита, и формирование прямолинейной траектории без направляющей;

- показано, что кинематика соответствует гармоническому;

- показано, что при появлении ошибки в положении точки прямолинейного движения образуется стабильный эллипс;

- при округлении числа зубьев замыкающей ступени даже на один зуб появляется

гипоциклоида с растущим нарушением прямой траектории;

- со средней ошибкой в пределах 11,3 % подтверждены уравнения моментов на ведущих валах Н, 2 и 3;

- показано, что модель № 4 [4] не проворачивается через водило Н из-за самоторможения. Меньшее сопротивление прокручиванию на валах замыкающей ступени 3 и центрального колеса 2.

Список литературы

1. Патент РФ № 5056238/28, 24.07.1992
2. Патент РФ № 94030365/28, 16.08.1994
3. Патент РФ № 98109210/28, 15.05.1998
4. Патент РФ № 98109187/28, 15.05.1998

УДК 621.833.6: 621.01

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ КОЛЕС БЕСШАТУННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

¹Зайкин О.А., ²Шеховцов В.В.¹ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»,
Астрахань, e-mail: satellit8583@yandex.ru²ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет»,
Волгоград, e-mail: shehovtsov@vstu.ru

По анализу результатов теоретических расчетов и экспериментальных исследований моделей, изготовленных по четырем схемам зубчатых дифференциалов, формирующих точную прямолинейную траекторию без направляющей и шатуна, было определено, что, при округления числа зубьев любого колеса в конструкции, прямая траектория вырождается в устойчивую гипоциклоиду. Это ведет к заклиниванию механизма. Поэтому, задача точного проектирования чисел зубьев решалась комплексно. Для замыкающей ступени предложен стандартный метод разложения на сомножители передаточного числа. Для пары сателлит – центральное колесо, разработан табличный метод подбора чисел зубьев по коэффициентам кратности модулю.

Ключевые слова: дифференциал, гипоциклоида, число зубьев, модуль.

THE CALCULATING PRINCIPLES OF THE NUMBER OF WHEEL COGS OF CONTROL-FREE DIFFERENTIAL WITH RECTILINEAR MOTION

¹Zaikin O.A., ²Shehovtsov V.V.¹FSBEI HPE Astrakhan State Technical University, Astrakhan, e-mail: satellit8583@yandex.ru²FSBEI HPE Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: shehovtsov@vstu.ru

According to the analysis of results of theoretical calculations and experimental investigation of models, built up on basis of four schemes of cogged differentials, forming exact rectilinear trajectory without guiding and connecting-rod, it was defined when rounding of cogs' number of any wheel in the construction, the straight trajectory degenerates into a steady hypocycloid. It leads to wheel locking. That's why the task of exact designing of cogs' numbers was solved fully. For the final stage the standard method of expansion on efficient of gear – ratio was suggested. The tabular fitting procedure of cogs' number by coefficients of module's response ratio was elaborated for a pair of satellite – central wheel.

Keywords: differential, hypocycloid, cogs' number, module.

Введение

Разработка инженерной методики расчета механизмов с кинематическим принципом организации точного прямолинейного движения имеет сложность в подборе размеров звеньев, связанную с соблюдением точности кинематических условий.

Рассмотрим проблемы проектирования бесшатунных зубчатых замкнутых дифференциалов с точным прямолинейным движением, разработанных автором для приводов транспортно-технологических машин [1].

Передаточное число замыкающей ступени замкнутого дифференциала $U_{2H} = \frac{\omega_2}{\omega_j}$ (2 – центральное колесо, Н – водило) обеспечивает необходимую скорость в полюсе зацепления сателлита и центрального колеса, при которой формируются мнимые образующие окружности $R = 2e$ и $r = e$, обеспечивающие кинематику точного прямо-

линейного движения в схеме [2]. Кроме того, числа зубьев z_j – сателлита и z_2 – центрального колеса образуют радиусы, по которым рассчитывают величину U_{2H} .

Теоретические исследования по влиянию точности подбора чисел зубьев звеньев дифференциала, и эксперименты с моделями показали, что при округлении чисел зубьев при их подборе в соответствии с модулем, прямая траектория вырождается в гипоциклоиду (рис.1), даже при разнице в один зуб.

По этой причине методика должна обеспечивать расчет чисел зубьев всех колес абсолютно точно без округлений совместно с подбором модуля в нескольких вариантах.

Цель исследования – разработка методики расчета чисел зубьев колес зубчатого бесшатунного дифференциала, формирующего точное прямолинейное движение, в которой обеспечивается стабильность существования прямолинейности траектории.

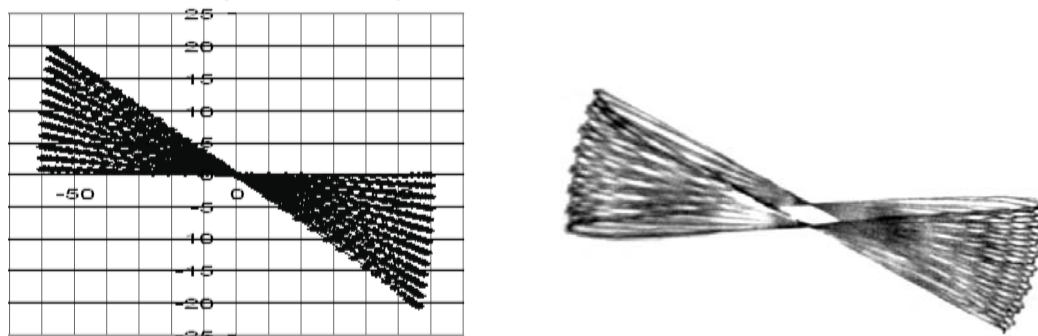


Рис. 1. Расчетная и экспериментальная бабочка гипоциклоиды за 12 циклов при корректировке на один зуб

Содержание исследования

Для решения задачи точности в замыкающей ступени применяем известный метод разложения передаточного числа на сомножители. В общем случае, для блочной схемы имеем:

$$\frac{\omega_2}{\omega_H} = U_{23} \cdot U_{34} = \frac{z_3}{z_2'} \cdot \frac{z_4}{z_3'}$$

где z_2 – число зубьев замыкающего зубчатого венца центрального колеса;

z_3 и z_3' – число зубьев промежуточного блока замыкающей ступени;

z_4 – число зубьев дополнительного зубчатого колеса на водиле.

Единственное требование – число U_{2H} не должно быть периодическим.

Более сложной задачей является подбор чисел зубьев колес зацепления (z_1 – z_3) – сателлита и центрального колеса дифференциала. Основным усложняющим фактором является то, что радиусы колес уже сформированы приращением Δ и эксцентриситетом дифференциала e :

$$R_1 = e + \Delta \quad \text{и} \quad R_2 = 2e + \Delta.$$

Величина эксцентриситета задается технологическим ходом поступательного движения S_B^{max} и равна $e = S_B^{max} / 4$.

В соответствии с выражением $d = 2R = mz$ имеем зависимости чисел зубьев:

$$z_1 = \frac{2(e + \Delta)}{m} \quad \text{и} \quad z_2 = \frac{2(2e + \Delta)}{m}$$

Из выражения для z_1 , следует, что целым числом z_1 может быть как при целых, так и при дробных e и Δ , но в сумме кратных выбранному модулю. Однако, из выражения для z_2 следует, что величины $2e$ и Δ , каждая должны быть кратными модулю.

Решение поставленной задачи имеет два варианта:

1. Обеспечить сохранность $R_1 = e + \Delta$ и $R_2 = 2e + \Delta$, применив колеса, нарезанные со смещением. Недостатком этого решения является одновариантность решения и, из-за использования исправленных зубчатых колес, а, следовательно, низкая ремонтпригодность.

2. Обеспечить, чтобы z_1 и z_2 были целыми числами, при их расчете, без округлений. Решением задачи подбора чисел зубьев z_1 и z_2 по второму варианту является определение коэффициента кратности модулю. Как уже было отмечено, модуль должен быть кратным и $2e$ и e и Δ . Но не все стандартные модули являются целыми числами, поэтому для нахождения коэффициентов кратности разложим оба их ряда на сомножители. Так как модуль расположен в знаменателе выражения, то числитель разложенной дроби модуля и будет коэффициентом кратности для расчета числа зубьев (таблицы 1 и 2).

Сгруппируем модули по коэффициентам кратности в таблице 3, а с учетом поворота.

Сформируем таблицу 4 по коэффициентам кратности так, чтобы при значении диапазона $40 \text{ мм} < S_B^{max} < 240 \text{ мм}$ (с учетом хода в типовых поршневых агрегатах), по ним можно было выбрать значение $2e$, e и Δ с кратностью по модулю. В строке названий колонок – слева число, а справа – коэффициент кратности для этих чисел.

Таблица 1

I ряд модулей

m	1,25	1,5	2,5	2; 3; 4; 5; и т.д.
a/b	5/4	3/2	5/2	2/1, 3/1, 4/1 и т.д.
k	5	3	5	2; 3; 4; 5; и т.д.

Таблица 2

II ряд модулей

m	1,125	1,375	1,75	2,25	3,5	4,5	5,5	7; 9; 11
a/ε	9/8	11/8	7/4	9/4	7/2	9/2	11/2	–
k	9	11	7	9	7	9	11	7; 9; 11

Таблица 3

Группы модулей по коэффициентам кратности

k	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 и т.д.
m	2	1,5 3	4	1,25 2,5 5	6	1,75 3,5 7	8	1,125 2,25 4,5 9	10	1,375 5,5 11

Методика работы с таблицами следующая:

1. По S_B^{max} рассчитаем $2e$, e примем конструктивно требуемый Δ , в диапазоне $0 < \Delta < 2e$. Знак у Δ берется по модулю.

2. По табл. 4 выбираем варианты коэффициентов кратности для $2e$, e и Δ .

3. По табл. 3 выбирают варианты модуля для расчета z_1 и z_2 .

4. Принимают числа зубьев, соблюдая условия: $z_1 \geq z_{мин} = 17$ и $z_2 \geq 28$. Окончательно числа зубьев определяет минимизация размеров и условие прочности зуба.

Результаты исследования

Рассмотрим применение таблиц при решении конкретных задач:

Пример: Подберем числа зубьев для среднего хода поршневых машин. Примем поступательный ход – 100мм. Тогда $e = 25$ мм и $2e = 50$ мм. Из таблицы 4 выбираем варианты коэффициента кратности – $k = 5$. Варианты приращение $\Delta = 10, 15, 20, 25$ мм. Из таблицы 3 берем варианты модулей при кратности 5 – $m = 1,25; 2,5; 5$.

Таблица 4

Выбор $2e$, e , Δ и m
по коэффициенту кратности

числа	K=2	числа	K=2
e, Δ		$2e$	
2	2 1	62	2 31
4	2 2	64	2 32
6	2 3	66	2 33
8	2 4	68	2 34
10	2 5	70	2 35
12	2 6	72	2 36
14	2 7	74	2 37
16	2 8	76	2 38
18	2 9	78	2 39

20	2 10	80	2 40
22	2 11	82	2 41
24	2 12	84	2 42
26	2 13	86	2 43
28	2 14	88	2 44
30	2 15	90	2 45
$2e, e, \Delta$		92	2 46
32	2 16	94	2 47
34	2 17	96	2 48
36	2 18	98	2 49
38	2 19	100	2 50
40	2 20	102	2 51
42	2 21	104	2 52
44	2 22	106	2 53
46	2 23	108	2 54
48	2 24	110	2 55
50	2 25	112	2 56
52	2 26	114	2 57
54	2 27	116	2 58
56	2 28	118	2 59
58	2 29	120	2 60
60	2 30		

числа	K=6	числа	K=9
e, Δ		e, Δ	
6	6 1	9	9 1
12	6 2	18	9 2
18	6 3	27	9 3
24	6 4	$2e, e, \Delta$	
30	6 5	36	9 4
$2e, e, \Delta$		45	9 5
36	6 6	54	9 6
42	6 7	$2e$	
48	6 8	63	9 7
54	6 9	72	9 8
60	6 10	81	9 9
$2e$		90	9 10
66	6 11	99	9 11
72	6 12	108	9 12

78	6 13	117	9 13
84	6 14		
90	6 15		
96	6 16		
102	6 17		
108	6 18		
114	6 19		
120	6 20		

числа	K=3	числа	K=4
e, Δ		e, Δ	
3	3 1	4	4 1
6	3 2	8	4 2
9	3 3	12	4 3
12	3 4	16	4 4
15	3 5	20	4 5
18	3 6	24	4 6
21	3 7	28	4 7
24	3 8	$2e, e, \Delta$	
27	3 9	32	4 8
30	3 10	36	4 9
$2e, e, \Delta$		40	4 10
33	3 11	44	4 11
36	3 12	48	4 12
39	3 13	52	4 13
42	3 14	56	4 14
45	3 15	60	4 15
48	3 16	$2e$	
51	3 17	64	4 16
54	3 18	68	4 17
57	3 19	72	4 18
60	3 20	76	4 19
$2e$		80	4 20
63	3 21	84	4 21
66	3 22	88	4 22
69	3 23	92	4 23
72	3 24	96	4 24
75	3 25	100	4 25
78	3 26	104	4 26
81	3 27	108	4 27
84	3 28	112	4 28
87	3 29	116	4 29
90	3 30	120	4 30
93	3 31		
96	3 32		
99	3 33		
102	3 34		
105	3 35		
108	3 36		
111	3 37		
114	3 38		
117	3 39		
120	3 40		

числа	K=5	числа	K=7
e, Δ		e, Δ	
5	5 1	7	7 1
10	5 2	14	7 2
15	5 3	21	7 3
20	5 4	28	7 4
25	5 5	$2e, e, \Delta$	
30	5 6	35	7 5
$2e, e, \Delta$		42	7 6
35	5 7	49	7 7
40	5 8	56	7 8
45	5 9	$2e$	
50	5 10	63	7 9
55	5 11	70	7 10
60	5 12	77	7 11
$2e$		84	7 12
65	5 13	91	7 13
70	5 14	98	7 14
75	5 15	105	7 15
80	5 16	112	7 16
85	5 17	119	7 17
90	5 18		
95	5 19		
100	5 20		
105	5 21		
110	5 22		
115	5 23		
120	5 24		

Числа зубьев соответственно равны:

$$m = 1,25$$

$$z_1 = \frac{2(e + \Delta)}{m} = 56,64,72,80$$

$$z_2 = \frac{2(2e + \Delta)}{m} = 112,128,144,160$$

$$m = 2,5$$

$$z_1 = \frac{2(e + \Delta)}{m} = 28,32,36,40$$

$$z_2 = \frac{2(2e + \Delta)}{m} = 56,64,72,80$$

$$m = 5$$

$$z_1 = \frac{2(e + \Delta)}{m} = 14,16,18,20$$

$$z_2 = \frac{2(2e + \Delta)}{m} = 24,26,28,30$$

Оптимальными могут быть варианты:
 $z_1 = 18$ и $z_2 = 28$ при $m = 5$ мм, или $z_1 = 28$ и $z_2 = 56$ при $m = 2,5$ мм, или $z_1 = 56$ и $z_2 = 112$ при $m = 1,25$ мм.

Безусловно, простым подбором никогда не предугадать этих вариантов. Аналогично можно рассчитать параметры колес при любых исходных данных, а величину Δ можно принимать разной величины.

При работе с таблицами 4 надо учесть, что в верхнем блоке выбираются только e и Δ , для которых $2e$ выбирается из второго блока. Если же e и Δ берутся из второго блока, то $2e$ принимается из третьего блока.

Выводы

Таким образом, разработана простая методика решения задачи проектирования размеров зубчатых колес замкнутых дифференциалов с точным прямолинейным дви-

жением по заданному ходу табличным способом, с возможностью инвариантного принятия решения о конечном наборе. При этом, абсолютно точно сохранена теоретическая прямолинейность движения в проектируемых механизмах.

Список литературы

1. Зайкин О.А. Проектирование малогабаритных двигателей и компрессоров с точным поступательным движением поршней без направляющей на основе схем замкнутых дифференциалов // Вестник АГТУ. Сер.: Машиностроение 2005. № 2 (25). – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2005. – С.44-50.

2. Зайкин О.А. Синтез дифференциальных зубчатых механизмов с точным прямолинейным движением без направляющей для проектирования малогабаритных поршневых агрегатов и устройств // Проблемы механики современных машин: сб. ст. Пятой междун. конф. (Улан-Уде, 25-30 июня. 2012 г.). – Улан-Уде, 2012. – Т.1. – 276 с. – С.52-55.

УДК 608

РОЛЬ ИЗНАЧАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДИССИПАТИВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Игонин В.И.

ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный университет», Вологда, e-mail: igonvlad@yandex.ru

Работа посвящена анализу на макро уровне условий применимости диссипативной и интегральной формулировки первого и второго начал термодинамики к модельной структуризации тепло гидравлической системы. Последовательное освещение проблем построения единой или интегральной модели служащей для оценки эффективности энерго технической системы. Поиск обобщенного интегрального энергетического показателя в условиях интеграции и трансформации наук существующего знания.

Ключевые слова: Субъект, формулы для моделирование разных систем, неравновесная термодинамическая система, диссипативная термодинамическая запись модели, тепло гидравлическая система, выход на энтропийную формулировку, коэффициент диссипации энергии, организация множества бифуркационных систем, условия саморегуляции, деградации и развития, условия совершенства процессов в энергетической системе.

THE ROLE OF THE INITIAL SUBMISSION OF DISSIPATIVE COMPONENTS FOR MODELING THE THERMAL-HYDRAULIC SYSTEMS

Igonin V.I.

VPO «Vologda State University», Vologda, e-mail: igonvlad@yandex.ru

The work is devoted to the analysis of macro-level conditions of applicability of a dissipative integral formulation of the first and second laws of thermodynamics on the model tax structuring heat hydraulic system. Consistent coverage of problems of creation of the unified or integrated models used to assess the effectiveness of energy technical system. Search generalized integral energy indicator in the conditions of integration and transformation of Sciences of existing knowledge.

Keywords: Subject formula for the simulation of different systems, non-equilibrium thermodynamic system, dissipative thermodynamic entry model, heat hydraulic system, exit to the entropic wording, the coefficient of energy dissipation, the organization of the set of bifurcation systems, self-regulation conditions, degradation and development, conditions of perfection of processes in the energy system.

В настоящее время имеет место более широкая трактовка понятия технического объекта как диссипативной технической организованной системы, в которой энергия взятая из окружающей среды в любом случае в нее возвращается. Но чтобы ее удерживать для использования в формах теплоты и работы требуется специальная организация диссипативных неравновесных процессов[1]. Субъект всегда имеет ввиду, что организованные технические системы являются человекомерными и диссипативными[2],[3]. Сознательное конструирование явлений с диссипативными составляющими в настоящее время являются наиболее важной проблемой, с которой сталкивается субъект при проектировании систем, в которых идут многочисленные энергетические превращения из одной формы энергии в другую. Диссипативная составляющая не теряется, и не концентрируется в одной точке. Субъект отмечает, что только через контроль диссипативных процессов в исследуемой системе успешно рассматриваются понятия эффективности условий энергосбережения за счет уменьшения потерь энер-

гии при ее концентрации в нужной для исследователя области[4],[5].

Процессы происходящие с рабочим телом в теплогенерирующей системе как правило нестабильны, не равновесны, нестационарные и субъект вынужден обращать внимание на узлы перехода энергии из одной формы в другую, где явления диссипации энергии наиболее сильно проявляются. Для учета энергопревращений, возникающих по ходу энерготехнического процесса получения электричества и теплоты выстроена цепочка коэффициентов полезного действия характеризующая все этапы преобразования энергии в полезно используемую[6].

Субъект вводит в классическую запись закона превращения энергии диссипативные составляющие, для того, чтобы он получил возможность увидеть визуальную аналитическую модель в виде уравнения, в котором изначально присутствуют нужные для достижения целевой функции диссипативные составляющие. Например для термомеханической системы записывается уравнение (1) [7]:

$$\text{окр.ср.} \Delta E_{\text{о.ср}} \Rightarrow [(\Delta U + \Delta U_{\text{дисс}})] + [(\Delta L + \Delta L_{\text{дисс}})] \Rightarrow \text{окр.ср.} \Delta E_{\text{о.ср}}, \quad (1)$$

Коэффициент диссипации изменения энергии $\eta_{\text{дисс}}$ в случае термомеханической системы имеет вид (2)

$$\eta_{\text{дисс}} = \frac{\Delta U_{\text{дисс}} + \Delta L_{\text{дисс}}}{\Delta U + \Delta L}, \quad (2)$$

где $\text{окр.ср.} \Delta E_{\text{о.ср.}}$ – энергия из окружающей среды, $\Delta U + \Delta L$ – полученные целевые формы энергии после преобразований, $\Delta U_{\text{дисс}} + \Delta L_{\text{дисс}}$ – диссипативные составляющие.

Очевидно, что коэффициент $\eta_{\text{дисс}}$ для достижения целевого полезного эффекта должен быть определенным образом подобран. Он представляет собой отношение полного диссипативного термомеханического превращения энергии в системе к энергии полезно использованной. Коэффициент диссипации энергии в большинстве случаев меньше единицы. Что соответствует здравому физическому смыслу, когда в системе идут процессы со значительным превалированием полезных эффектов над диссипативными. Однако, если например $\Delta U_{\text{дисс}}$ используется полезно, то переход в знаменатель уменьшает численное значение коэффициента (3).

$$\eta_{\text{дисс}} = \frac{\Delta L_{\text{дисс}}}{\Delta U_{\text{дисс}} + \Delta U + \Delta L}. \quad (3)$$

Так для отопительной системы помещенной в ограждающие поверхности диссипативные превращения механической энергии за счет сил вязкого трения могут значительно менять внутреннюю энергию рабочего тела, а комфортная температура в помещении напрямую зависит от диссипативной способности элементов установки отдавать тепло[8].

В последнее время методология неравновесной термодинамики претендует на роль междисциплинарной науки. Однако модели технических энергетических систем в большинстве своем построены без учета закономерных особенностей их совершенствования на основе знания процессов самоорганизации и саморазвития. Это становится возможным после того, как в модельную реальность осознанно вводится понятие «человекомерности» энергетической системы. Здесь субъект признает формулу построения основных функциональных закономерностей в виде последовательного

ряда действий «субъект один» – «субъект два» и т.д. [5].

Признание такого подхода позволяет взять за основу в субъективной части модели междисциплинарную методологию, которая построена на общих системных законах развития, управления и опирается на новые методические концепции наследственности, видоизменчивости, нестационарности, нелинейности присущие неравновесной термодинамике, синергетике и т.д.

Рассматривая термодинамические особенности функционирования диссипативных энергетических систем под призмой моделей неравновесного энергообмена субъект пытается понять, как происходит обмен энергии в диссипативной системе. Ранее упоминается об очевидности проявления свойств интегральности, при совместном использовании первого и второго закона для анализа диссипативных термомеханических систем[7]. Чаще всего в термодинамике распространено следующее допущение, что если энергия взята из окружающей среды, то она, как правило, превращается в теплоту, которая рассеивается затем в окружающую среду. Таким образом, взятая для использования в той или иной форме энергия переходит в теплоту и рассеивается в окружающую среду (4):

$$\text{окр.ср.} \Delta E \Rightarrow \Delta Q. \quad (4)$$

Используется возможность ввести в (4) энтропию. Из классической термодинамики известно, что

$$\Delta Q = T \Delta S \quad (5)$$

Подставляя, после некоторых преобразований, (5) в (4) субъект получает возможности энтропийного анализа системы.

Чтобы получить полезный эффект субъект должен иметь «рабочее тело» с помощью которого организовывается возможность удержания энергии в пространстве и во времени с созданием разности тепловых потенциалов, которые используются для совершения полезного для субъекта действия. Организованная нужным для субъекта образом энергия в форме термомеханической энергии идет на изменение внутренней энергии рабочего тела, на совершение с помощью рабочего тела работы и на необходимые для процесса структурной организации диссипативные потери (6):

$$\Delta Q \Rightarrow [(\Delta U + \Delta U_{\text{дисс}})] + [(\Delta L + \Delta L_{\text{дисс}})] \Rightarrow \text{окр. ср. } \Delta E$$

Из (4) и (6) следует, что вся выделенная субъектом энергия неорганизованная или организованная для ее полезного использования уходит в окружающую среду. Необходимое условие организации – наличие рабочего тела и создание управляемой временной и пространственной архитектуры и конечной разности энергетического потенциала.

Поскольку уровень теплового энергетического потенциала зависит от «степени нагретости» рабочего тела, т.е. от какой-то взятой за точку отсчета температуры, то говорят о температурах T_1 и T_2 – которые условно отражают уровни энергетических тепловых потенциалов (4) в виде «горячего» и «холодного» источников теплоты. Разность температур указывает на тот энергетический потенциал технической энергетической системы, который формирует субъект для удовлетворения своих полезных целей, например создания условий комфортности для того или иного технологического процесса в системе ограждающих конструкций [8]. Цели достигаются итерационным характером реализации закономерностей субъект – объект ($C \rightarrow O$) с последующей трансляцией в закономерность вида субъект – субъект ($C \rightarrow C$). Рефлексивно меняются структуры объекта и свойства среды. Субъект воздействует на среду, осознает ее влияние и меняет ее и себя.

Условие наличия конечной разности тепловых потенциалов, а значит разностей

термических параметров (температур, давлений, удельных объемов) подразумевает организацию, двух источников теплоты с разными температурами, каждый из которых можно назвать приемником или источником энергии в зависимости от нужной потребительской полезности. Иллюстрацией этого факта и возможности выбора саморазвивающимся субъектом разных по потребительским свойствам энерготехнических моделей в бифуркационном поле предложений служат следующие рассуждения через понимание модели «множество источник – потребители», рис. 1.

Модели рис. 1а и б, формулы (7),(8) записаны субъектом для энергосистем с диссипативными составляющими. Такая запись позволяет увидеть связи между моделями. Получение энергии в форме работы и теплоты всегда требует диссипационных составляющих не целевого ее использования. Вся взятая из окружающей среды энергия уходит опять в окружающую среду.

Для организации множества бифуркационных систем разному назначению моделей следует разная комбинации одних и тех же форм энергии, т.е. потоков теплоты и работы. В случаях : а) – получение системой внешней полезной работы и теплоты за счет организации процессов подвода теплоты и механической работы к рабочему телу через горячий источник ГИ и отвода через ХИ; б) – организация ГИ за счет процессов подвода к системе внешней теплоты в ХИ и механической работы ΔL к рабочему телу.

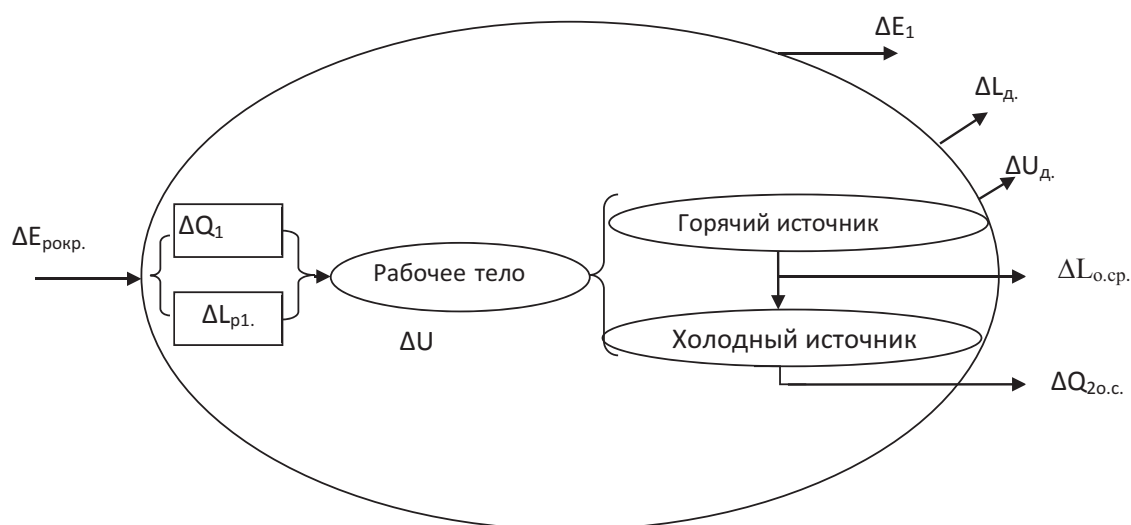


Рис. 1а. Графическая модель соответствует формуле (7) для получения механической и тепловой форм энергии

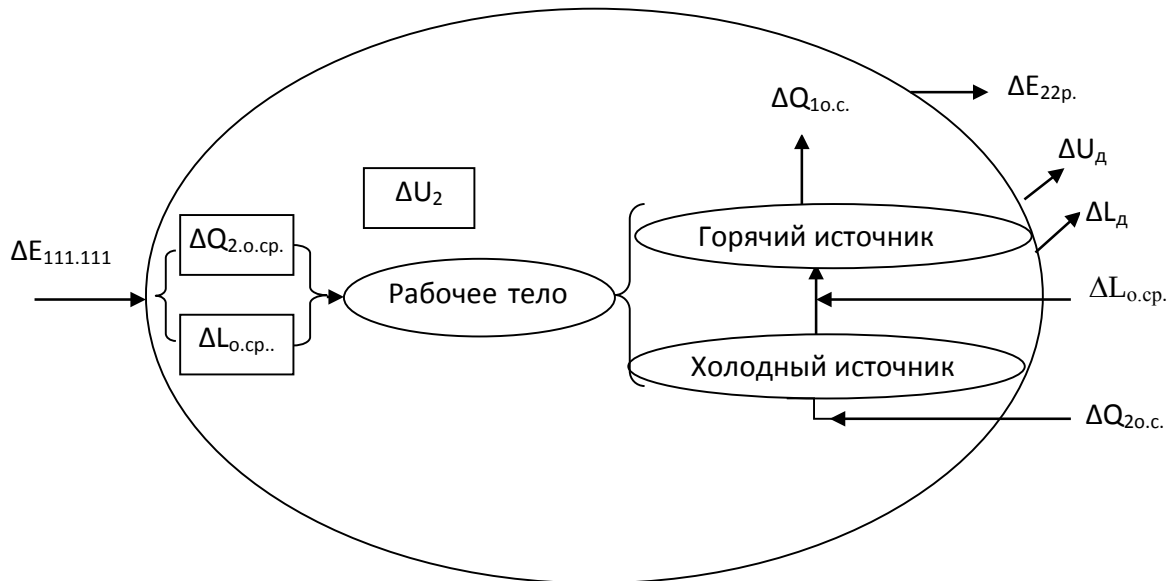


Рис. 1б. Графическая диссипативная энергетическая модель энергосистемы для получения холода и теплоты. Модель соответствует аналитическому выражению (8).

$$\Delta E_o \Rightarrow (\Delta Q_1 + \Delta L_{p1}) + [(\Delta U + \Delta U_d)] + [(\Delta L_o + \Delta L_d)] = \Delta Q_2 = \Delta E_1, \quad (7)$$

$$\Delta E_1 \Rightarrow (\Delta Q_{2o} + \Delta L_{o.ср.}) + [(\Delta U_2 + \Delta U_d)] + [(\Delta L_{o.ср.} + \Delta L_d)] = \Delta Q_{1o} \Rightarrow \Delta E_2. \quad (8)$$

В первой модели (рис.1,а) энергия ΔE_o из окружающей среды подводится для создания потенциала (Г.И.) горячего источника с энергией теплоты ΔQ_1 и механической энергией ΔL_{o1} для проталкивания рабочего тела (РТ) с последовательным отводом энергии от (РТ), в форме полезной работы ΔL_o . Для создания полезного эффекта теплота ΔQ_2 выбрасывается в окружающую среду в специально организованном (ХИ) холодном источнике. В этом случае в окружающую среду уходят все диссипационные составляющие не использованные при создании полезного эффекта. Отличие в организации второй системы заключается в последовательном подводе энергии в виде теплоты ΔQ_{2o} к рабочему телу в ХИ, а затем к РТ в эквивалентной форме в виде внешней работы $\Delta L_{o.ср.}$ (возможно из модели рис.1а.), что требует создания ГИ с отводом теплоты в окружающую среду и ХИ для получение холода.

К особенности построения моделей описанного типа следует отнести тот факт, что в обоих случаях рабочие тела в процессе организации меняют свое фазовое состояние. Периодически организуются процессы конденсация и парообразования. Для получения холода, электричества и теплоты

используются теплоносители с разными энергиями фазовых переходов. Субъект может предположить, что модель на рис.1.а. является источником централизованного производства энергии для множества моделей рис.1б. Модели рис.1б являются разнородными потребителями разных форм энергии. Они связаны между собой сетевой структурой. Тогда множество источников тепловой формы энергии типа ΔQ_{2a} связаны через сети с множеством потребителей ΔQ_{2b} , а множество механической или электрической форм ΔL_a с множеством потребителей ΔL_b . Примером являются системы централизованного тепло и электроснабжения организованные через тепловые и электрические сети. Где ΔL эквивалентное количество электрической энергии отдаваемой централизованно и потребляемое на конечных участках сети. Если на рис.1а модель тепло-электроцентрали, то на 1б множество моделей большого количества потребителей- это холодильные установки, тепловые насосы, системы внутридомового теплового и электрического потребления и т.д. Это сетевые структуры работающие на переходных нестационарных режимах работы потребления. В зависимости от их целевого назначе-

ния они, то образуются, то исчезают в пространстве и во времени.

Субъект организует и наблюдает саморегулирующийся процесс с постоянным обменом веществом энергией и информацией с внешней средой и самими подсистемами. В результате непрерывно имеет место замена одного инварианта хаотично работающей структуры другими. Налицо видны процессы саморегуляции и саморазвития, идущие через свойство “человекомерности”. Если наращивание системой новых уровней организации “оптимальное”, то процесс самоорганизации сопровождается без ущерба от деградации изменения энергетического пространства состояния, что позволяет ей расширять “горизонты своего существования”.

Очевидно, что в моделях (1-8) несложно найти связи между отдельными членами, которые укажут субъекту на весь комплекс преобразований энергии в системе. При известных членах уравнений в (7,8) определены диссипационные слагаемые. Они как правило представляют потери от целевого ее использования. Тогда коэффициенты диссипации(2),(3) указывает на совершенство идущих в системе процессов. Для этого требуется сравнивать их численные значения в сформированных действительных и нормативных реальностях до тех пор, пока невязка их значений не устремится к нулю. С этой целью применяются соответствующие процедуры минимизации [7].

Из рассмотренного материала субъект делает вывод о том, что диссипативное представление законов классической термодинамики позволяет сразу написать формулы для моделей разных энерготехнических систем с последующим определением коэффициентов диссипации преобразования энергии. Присутствие в моделях слагаемого указывающего на связь с окружающей средой позволяет не забывать о законах экологии при создании инновационных энергетических систем [9]. Синергетический анализ указывает на сетевые бифуркационные

структурные свойства системы. Всякое саморазвитие требует управления. Это возможно только лишь через учет “качественных” обратных связей между социальными, техническими и природными блоками модели[1],[3].

Через анализ диссипационных составляющих возникающих в результате превращения энергии следует вести оценку пространственно – энергетического наполнения термогидравлической системы и прогнозировать целевые возможности ее функционирования во времени.

Список литературы

1. Игонин В.И., Пешков А.С. Обобщенная междисциплинарная образовательная модель управления энергосбережением: сб. науч. тр. Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (САД/САМ/РДМ). Труды 13-й международной конференции / под ред. Е.И. Артамонова. – М.: ООО «Аналитик», 2013. – С.380-381. – URL: <http://lab18.ipu.ru/> – сайт лаборатории №18 ИПУ РАН.
2. Князева Е.В., Курдюмов С.П. Основания синергетики: Синергетическое мировидение. Изд. 3-е, доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 256 с. (Синергетика от прошлого к будущему).
3. Игонин В.И. Особенности системной идентификации человекомерной модели функционирования технической энергосистемы // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №1. – С. 22-26.
4. Игонин В.И. Модельная структуризация и синергетический анализ энерготехнической системы // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №5. – С. 39-45.
5. Игонин В.И. К построению математической человекомерной модели технического объекта в терминах энергетического пространства состояния // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №3. – С. 25-28.
6. Игонин В.И. Исследование применимости синергетического подхода к анализу структуры энерготехнологического типа // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №5. – С.32-38.
7. Игонин В.И. Об очевидности проявления свойств интегральности при системном термодинамическом анализе энергетической установки // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2013. – №1(45). – С. 12-14.
8. Игонин В.И. Расчетно-экспериментальная идентификация балансовой модели теплообмена в ограждающей поверхности / Д.А. Белянский, В.Г. Пычѳ // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. – СПб. – 2009. – Том 14. – №1. – С. 79-94.
9. Копп И.З. Планетарные экологические ресурсы. Методология определения и согласования международных оценок // Вестник МАНЭБ. – СПб. – 2009. – Том 14. – №1. – С.11-23.

УДК 621.311.24

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, ТЕПЛА И ПРЕСНОЙ ВОДЫ

Лысенко В.С., Ынтыбаева С.С.*«Казахский национальный педагогический университет им. Абая», Алматы,
e-mail: vikstel.777@mail.ru*

С целью разработки технологии преобразования энергии ветра для получения электричества, тепла и пресной воды из атмосферного воздуха или соленых водоемов в статье проведен анализ существующих тенденций в этой области. Описана новая технология, основанная на комплексном использовании возобновляемой энергии ветра и вихревого эффекта для производства электричества, тепла и пресной воды из атмосферного воздуха или соленых водоемов.

Ключевые слова: Энергия ветра, вихревой эффект, атмосферная влага, опреснение, конденсация, адсорбция.

CONVERSION TECHNOLOGY OF WIND ENERGY FOR EXTRACT ELECTRICITY, HEAT AND FRESHWATER

Lyssenko V.S., Yntybaeva S. S.*«Kazakh National Pedagogical University named after Abai», Almaty, e-mail: vikstel.777@mail.ru*

With the view of develop of converting of wind energy for extract electricity, heat and freshwater from atmospheric air or salt ponds the thesis illustrated the analysis of existing trend in this area. There is described the new technology which based on integrated use of renewable wind energy and vortex effect for electricity, heat and freshwater from atmospheric air or salt ponds in it.

Keywords: Wind energy, vortex effect, atmospheric moisture, desalination, condensation, adsorption.

Введение

В пустынных регионах Республики Казахстан проблема снабжения населения и промышленных предприятий электроэнергией, теплом и пресной водой стоит очень остро. В этой связи разработка новых экологически чистых технологий преобразования энергии возобновляемых источников ориентированных также на производство пресной воды является весьма актуальной.

Цель исследования

Целью работы является анализ существующих концепций производства воды из атмосферного воздуха и разработка комплексной технологии получения воды, электрической и тепловой энергии на основе преобразования энергии ветра.

Материал и методы исследования

Известно, что кубический метр атмосферного воздуха в зависимости от влажности содержит от 4 до 25 граммов водяных паров. Существующие ныне установки могут собрать в среднем около 20-30% от этого количества. Так как природа постоянно пополняет запасы воды в воздухе, устройства, производящие воду из атмосферного воздуха, не могут ничем навредить окружающей среде, если будут использованы возобновляемые источники энергии.

Современные технологии производства воды из воздуха можно разделить на конденсационные [6, 8] и адсорбционные [4, 5]. Конденсационные технологии основаны на охлаждении до температуры росы конденсационных блоков, на которых конденсируется

влага из атмосферного воздуха. Эта технология требует энергетических затрат на охлаждение.

Адсорбционные технологии основаны на использовании специальных адсорбентов, которые способны притягивать влагу из воздуха. Эта технология требует дешевых адсорбентов и не нашла широкого практического применения.

В последние годы стали появляться технологии, использующие энергию ветра. Это ветроустановка Whisson Windmill австралийского изобретателя Макса Виссона, которая использует энергию ветра для сбора воды [7]. Технология этой ветростанции следующая: набегаящий ветер вращает вертикальные ветродвигатели для производства электрической энергии, и далее попадает в кожух, в котором используется специальный охладитель, который охлаждает лопасти расположенные внутри кожуха. Лопасти расположены вертикально. Отработавший поток воздуха, попадая на охлажденные лопасти, конденсируется. В результате этого идет превращение водяного пара в воду.

Известна также технология преобразования энергии ветра для одновременного производства электричества и воды из воздуха [7]. Эта технология реализована в установке Eole Water. Набегаящий поток воздуха приводит в движение ветроколесо установки, передающее момент вращения на генератор, который вырабатывает электроэнергию, часть которой идет для питания компрессора и других узлов для получения воды из атмосферного воздуха.

Недостатком этих технологий является необходимость затрачивать энергию на охлаждения конденсационных камер и питание компрессора.

Результаты исследования и их обсуждение

Лабораторией инновационных технологий при институте прикладной физики и ма-

тематики КазНПУ им.Абая разработана новая технология преобразования энергии ветра для производства электрической энергии, тепла и пресной воды. Она содержит операции преобразования энергии ветра посредством ветродвигателя с генератором тока и извлечения воды из атмосферного воздуха, при этом дополнена операциями ускорения воздушного потока ветра перед подачей его к ветродвигателю и преобразования энергии потока воздуха в тепловую энергию и/или дополнительного вовлечения воздушных масс из окружающей атмосферы и/или с поверхности соленых водоемов, при этом извлечение воды из воздуха осуществляется при помощи вихревого эффекта и/или адсорбентов.

Ускорение воздушного потока ветра осуществляется при помощи параллельно-последовательных систем конфузоров и диффузоров. Системы конфузоров и диффузоров могут иметь как линейную, так и пространственную конфигурацию.

Дополнительное вовлечение воздушных масс из окружающей атмосферы и/или с поверхности соленых водоемов осуществляется при помощи инъекции и вакуума и используется для дополнительной выработки электрической энергии.

Извлечение воды из воздуха при помощи вихревого эффекта осуществляется посредством вихревых труб, в которых воздушный поток разделяется на горячий поток для технологических нужд и холодный поток для охлаждения конденсационных блоков. Извлечение воды из воздуха при помощи адсорбентов, которыми покрывают специальные блоки, осуществляется в диффузоре, а в качестве адсорбентов используются хлориды лития и/или кальция.

Ускорение воздушных потоков ветра осуществляется при помощи конфузоров, в которых происходит завихрение и повышение скорости, что приводит к возрастанию кинетической энергии. Это позволяет повысить эффективность преобразования энергии ветра. Аналогом этого процесса являются природные вихри (торнадо и смерчи), механизм концентрации кинетической энергии в которых в упрощенной форме представлен в работах [1, 2].

Следующей положительной особенностью предлагаемой технологии преобразования энергии ветра является использование вихревого эффекта. Известно, что при организации вихревого потока воздушных

масс, например в вихревой трубе, происходит разделение вихревого потока воздуха на горячий периферийный и холодный внутренний [3]. Горячий периферийный можно использовать как тепловую энергию для отопления или иных технологических нужд. При этом холодный внутренний поток при определенных технологических параметрах потока и конструкции вихревой трубы будет обеспечивать конденсацию содержащихся в воздухе водяных паров. Кроме того подача холодного воздуха через конденсационные блоки обеспечит дополнительную конденсацию воды из окружающего атмосферного воздуха вовлеченного в технологический процесс за счет инъекции и вакуума. Это позволит повысить эффективность получения пресной воды из потоков ветра и окружающего установку воздуха без дополнительных энергетических затрат.

Технология преобразования энергии ветра для производства электрической энергии, тепла и пресной воды осуществляется следующим образом.

Потоки ветра направляются в заборные окна, которые могут располагаться по окружности вокруг вакуумной зоны для обеспечения работы установки при изменении направления ветра и попадают в системы конфузоров, в которых воздушные потоки ускоряются и концентрируются на инжекторе вакуумной зоны, создавая в ней разряжение. Это приводит к интенсивному всасыванию воздушных масс из окружающей среды при помощи специальных сборников, которые направляют эти потоки по касательным траекториям на лопасти первого ветродвигателя соединенного с генератором тока для выработки электрической энергии. Вращение этого ветродвигателя осуществляется за счет энергии потока всасываемых воздушных масс и возникающего в центре зоны вакуума, за счет которого значительно снижается сопротивление вращению ротора ветродвигателя.

Сконцентрированные ускоренные потоки ветра из конфузоров соединяются с завихренными потоками воздуха из вакуумной зоны и попадают в дополнительный воздуховод, выполненный из последовательных конфузоров и диффузоров в виде сопел Лавала. В этом воздуховоде воздушные массы дополнительно ускоряются и воздействуют на вторую ветряную турбину. Известная авторам конструкция этой турбины такова, что позволяет преобразовывать

поступательное движение воздушных масс в вихревое движение на выходе из турбины. Вращательное движение ротора этой турбины передается второму генератору тока. Далее отработанные массы воздуха за счет конструкции турбины концентрируются в центральной зоне и подвергаются интенсивному завихрению и направляются в вихревую камеру (вихревую трубу). В вихровой камере воздушные потоки за счет вихревого эффекта разделяются на два потока. Внутренний поток насыщается влажными парами и охлаждается. Он направляется в специальные конденсационные блоки и, охлаждая их до точки росы, обеспечивает конденсацию влаги из окружающего воздуха на их наружных поверхностях. Далее этот поток направляется в диффузор, где размещаются блоки покрытые адсорбентом, которые адсорбируют влагу. Сконденсированная и адсорбированная вода собирается и стекает по направляющим в специальные накопители пресной воды.

Наружные потоки воздуха в вихровой трубе за счет вихревого эффекта нагреваются и по известным технологиям используются для нагрева воды или отопления помещений.

Таким образом, предлагаемая технология позволяет преобразовывать энергию ветра в электрическую и тепловую энергию и без дополнительных энергетических затрат производить питьевую воду из атмосферного воздуха.

Технология может использоваться как отдельно для производства электрической энергии или тепла или пресной воды, так и в комплексе в зависимости от нужд потребителя.

Кроме того, предложенная технология может использоваться для опреснения морской воды. В этом случае вакуумная зона располагается непосредственно над поверхностью соленого водоема, обеспечивая интенсивное испарение воды с этой поверхности. При этом получаемое тепло может ис-

пользоваться для нагрева соленой морской воды отведенной в специальные емкости. Это позволит повысить производительность технологии.

Также эта технология может быть использована там, где пресная вода в реках и озерах сильно загрязнена вредными веществами (промышленными отходами, гербицидами и т.п.) и потому не пригодна для питья.

Заключение

Следует отметить, что вариантов конструкций реализующих предлагаемую технологию может быть много. Кроме энергии ветра возможно также использование тепловой энергии солнца, а при опреснении морской воды возможно использование энергии волн. Преимущества предлагаемой технологии в экологической безопасности, возможности работать на малых скоростях ветра и широком диапазоне энергетической мощности и производительности воды. В настоящее время изготавливается опытный образец одного из вариантов устройства для реализации описанной технологии.

Список литературы

1. Лысенко В.С., Сулейменов Б.Т., Рафиков И.Х. Кинетическая энергия природных вихрей. Materialy VIII mezinarodni vedecko-prakticka conference Aplikovane vedecke novinky-2012. Praha. 27.07. – 05.08.2012 г. – С.61-64.
2. Лысенко В.С. и другие. Кинетическая энергия вихревых образований и альтернативная энергетика // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 12. – С. 104-106. – URL: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=10000419 (дата обращения: 15.02.2014).
3. Мартынов А.В., Бродянский В.М. Что такое вихревая труба? – М.: Энергия, 1976. – 156с.
4. Патент US 4285702, В 01 D 053/04, 28.08.81.
5. Патент US 4299599, В 01 D 053/04, 10.11.81.
6. Романовский В.Ф., Романовский А.В. Способ извлечения воды из воздуха и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2081256, кл.6 Е 03 В 3/28, 1996 г.
7. Сайт о возобновляемой энергетике «Ветроустановка может обеспечить питьевой водой» Renewable.com.ua: – URL: <http://www.renewable.com.ua/wind-energy.html?start=6> (дата обращения 15.02.2014).
8. Цивинский С.В. Устройство для получения пресной воды путем конденсации водяных паров из воздуха. Патент РФ № 2045978, кл. 6 В 01 D 5/00, 1991 г.

УДК 621.643,774; 627.84

**ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ
В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ****Лысенко В.С.***«Казахский национальный педагогический университет им. Абая», Алматы,
e-mail: vikstel.777@mail.ru*

С целью разработки комплексной технологии снижения гидравлических потерь в напорных трубопроводах в статье проведен анализ существующих тенденций в этой области. Описана новая комплексная технология снижения гидравлического сопротивления в трубах, основанная на обеспечении концентрических по диаметру трубопровода и направленных к центру потока импульсных вибраций и/или на создании промежуточного периферийного пристеночного винтового вихревого слоя жидкости и/или возбуждения бегущей стоячей волны вдоль направления потока. Также кратко представлена физическая сущность предлагаемых для реализации технологии физических приемов.

Ключевые слова: гидравлические потери, трубопроводы, технология, турбулентность, концентрическая вибрация, вихревой эффект, стоячие волны.

**TECHNOLOGY TO REDUCE THE FLOW RESISTANCE
IN THE DISCHARGE LINE****Lyssenko V.S.***«Kazakh National Pedagogical University. Abay», Almaty, e-mail: vikstel.777@mail.ru*

In order to develop a comprehensive technology to reduce hydraulic loss in pressure pipelines in the article the analysis of current trends in the field. We describe a new integrated technology to reduce the hydraulic resistance in the pipes based on providing concentric pipe diameter and flow toward the center of pulse vibrations and / or creating an intermediate helical vortex peripheral wall surface of the liquid layer and / or the excitation of a standing wave traveling along the flow direction. Also briefly presented the physical nature of the proposed technology for the realization of physical techniques.

Keywords: friction loss, pipeline technology, turbulence, concentric vibration, vortex effect, standing waves.

Введение

Проблема снижения гидравлических потерь в трубопроводах является весьма актуальной. Это связано со значительными энергетическими затратами на транспортирование жидкостей, а также с повышением эффективности преобразования энергии воды, подаваемой напорными трубопроводами, при помощи гидроэнергетических установок.

Цель исследования

Исследования направлены на изучение современных технологических приемов снижения гидравлического трения в напорных трубопроводах с целью разработки комплексной технологии снижения гидравлического трения в напорных трубопроводах.

Современные решения проблемы снижения гидравлического трения связаны в первую очередь со снижением шероховатости внутренних поверхностей труб. Также эта проблема решается при помощи разнообразных синтетических и полимерных добавок вводимых в транспортируемую жидкость [4]. При помощи воздействия на пограничный слой жидкости или газа переменным электромагнитным полем [3], а

также путем накладки на стенки трубопровода или канала импульсных колебаний, направленные по нормали к поверхности соприкосновения потока со стенками трубопровода или канала [2].

Не традиционный подход к проблеме транспортировки воды, основанный на использовании естественного течения воды, предложил еще в середине прошлого века австрийский исследователь Виктор Шаубергер, который разработал и запатентовал спиральную трубу для жидких и газообразных субстанций [5]. В соответствии с проведенными исследованиями конструкций этих труб, которые позволяют сохранять скорость течения благодаря тому, что форма сечения трубы состоит из нескольких полуциркулей и сама труба закручена в спиральную конфигурацию. Сечение трубы яйцевидное, с изгибом у более узкого конца яйца. Тестирование этих труб в Институте Гигиены при Штутгартском Технологическом университете (Германия) от 1952 года показало, что при расходе воды, равном 310 см³/сек, всасывающая способность спиральной трубы из меди в 4 раза больше, чем у прямой стеклянной трубы, и в 1,85 раза больше, чем у прямой медной [6, с. 310].

Это связано с увеличением скорости течения воды в спиральной трубе, что обусловлено снижением гидравлических потерь.

Материал и методы исследования

В. Шаубергер разработал конструкцию этих труб в результате многолетних наблюдений за динамикой естественного течения воды. Действительно, если внимательно посмотреть на конфигурацию струи воды истекающей из водопроводного крана, то становится понятным источник аналогии запатентованных труб Шаубергера. К тому же, как известно, любое тело или вещество, будучи предоставлено само себе, стремится принять наиболее энергетически выгодное состояние, и перемещается по наиболее выгодной траектории, обеспечивающей минимальные сопротивления среды. Это значит, что естественное композиционно закрученное (вихревое) течение жидкости энергетически более выгодно, чем прямолинейное. На первый взгляд это противоречит традиционной гидродинамики, да и реальная техническая практика подтверждает, что потери при ламинарном движении существенно меньше, чем при турбулентном режиме, и потому инженеры стараются предотвратить или хотя бы сократить образование турбулентностей.

На самом же деле никаких противоречий здесь нет. Турбулентное движение обусловлено беспорядочно зарождающимися и исчезающими вихрями жидкости, которые хаотично сталкиваются друг с другом, а также с ограничивающими поток стенками и тем самым бесполезно растрачивают кинетическую энергию, превращая её в тепло. Естественное природное течение жидкости, да и газа тоже, представляет собой композитное согласованное сообразно окружающей среде вихревое движение. При свободном течении (падании) жидкости, как в выше описанных примерах в воздухе, который является менее плотным, она движется по естественной наиболее энергетически выгодной траектории, а именно в виде закрученной сужающейся к низу спирали.

В традиционных трубах круглого сечения жидкость стремится к естественной закрученной сужающейся форме потока. Однако эта форма потока не соответствует форме трубы. В связи с этим, при движении жидкости в круглой трубе в периферийных зонах возникает интенсивная турбулентность, которая приводит к дополнительным гидравлическим потерям.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ современных концепций снижения гидравлического трения в напорных трубопроводах позволил лаборатории инновационных технологий института прикладной физики и математики при КазНПУ им. Абая разработать новую комплексную технологию снижения гидравлических потерь в напорных трубопроводах. Суть технологии заключается в комплексном обеспечении концентрических по диаметру трубопровода и направленных к центру потока импульсных вибраций и/или промежуточного периферийного пристеночного винтового вихревого слоя жидкости и/или бегу-

щей стоячей волны вдоль направления потока. При этом создаются, по крайней мере, три винтовых потоков жидкости в виде вихревых шнуров, бегущая стоячая волна обеспечивается за счет создания встречных импульсов вибраций с разной частотой, а параметры концентрических вибраций выбирают в зависимости от свойств жидкости и диаметра трубопровода. Приоритет на данное техническое решение установлен.

Положительный эффект изобретения достигается за счет того, что импульсные вибрации в потоке жидкости в трубопроводе создаются концентрически по его диаметру и направлены к центру потока. При этом обеспечивается интерференционная фокусировка волн в центре потока. Это приводит при оптимальных условиях к возрастанию амплитуды и частоты кольцевых концентрических волн в центре потока жидкости. Принцип действия концентрических волн аналогичен механизму работы плетки, которая изготавливается таким образом, что у рукоятки плетка имеет наибольший диаметр, сужающийся к концу плетки. Когда на рукоятке создается небольшой импульс, то волна на конце плетки за счет постепенного уменьшения диаметра будет большей амплитуды и частоты. Этим свойством пользуются пастухи, закрепив на конце плетки гайку. Маленьким импульсом рукоятки достигают существенного удара гайкой. Если концы множества одинаковых плеток связать между собой, а рукоятки растянуть по диаметру, то получится механическая аналогия предлагаемого технологического приема. Если произвести одинаковое и одновременное импульсное воздействие на все рукоятки этого множества плеток, то это приведет к интерферированному всплеску их связанных концов.

Волна возбуждения без учета сопротивления среды и степени затухания колебаний будет связана с фокусированной волной в общем виде через объем активной массы или через площади [1]:

$$A_0 S_0 = A_1 S_1, (1)$$

где A_0 , A_1 – амплитуды, соответственно возбуждения и фокусированной волны;

S_0 , S_1 – площадь возбудителя и площадь, где была зафиксирована фокусированная волна с амплитудой A_1 .

Из соотношения (1) в первом приближении можно определить амплитуду фокусированной волны

$$A_1 = A_0 \frac{s_0}{s_1} \cdot (2)$$

Из выражения (2) видно, что если, например, у плетки диаметр у рукоятки будет равен 20 мм, а на конце плетки диаметр будет равен 5 мм, то амплитуда конца плетки будет в 4 раза больше амплитуды возбудителя.

То же самое будет происходить с жидкостью, если обеспечить по диаметру трубы концентрические волны, направленные к центру потока. Поскольку жидкость имеет направленный градиент скорости, то центральный поток жидкости будет получать импульсы ускорений. Периодическое создание таких импульсов ускорений приведет в итоге к возрастанию скорости потока, снижению хаотических турбулентных потоков и, как следствие, к снижению гидравлических сопротивлений и увеличению пропускной способности трубопровода.

Операция периодического создания винтовых потоков жидкости в области её контакта со стенками трубопровода позволяет создавать промежуточный обкатывающий стенки трубы поток жидкости, которая будет служить естественным жидким «подшипников качения» между стенками трубопровода и центральным потоком жидкости. Это приведет к снижению турбулентности и соответственно к уменьшению гидравлических потерь. Кроме того, вращающиеся по винтовым линиям периферийные потоки жидкости будут закручивать, и разгонять внутренний поток жидкости за счет тангенциальных силовых импульсов, придавая ему вихревое ламинарное движение, при котором снижается турбулентность и, соответственно, гидравлические потери минимизируются.

Физическая сущность третьего признака изобретения сводится к следующему. Если навстречу друг другу в материальной среде от двух источников вибрации, которые создают колебания, например по синусоидальному закону на одинаковой частоте, то в среде возникнут стоячие волны. Если частоту колебаний одного из источников изменить, то стоячие волны превратятся в бегущие. Они будут перемещаться от одного источника к другому. Среда же начнет перемещаться в обратном направлении. Таким образом, если вдоль трубопровода обеспечить стоячую бегущую волну, то вода в трубопроводе будет перемещаться сообразно параметрам этой волны. Природой этот

принцип реализован в системе кровообращения и желудочно-кишечного тракта. Стоячая волна в системе кровообращения человека проявляется в виде пульса и обеспечивает совместно с сердцем движение крови по сосудам артериальной и венозной систем [6].

Теоретическое обоснование описанных выше технологических приемов снижения гидравлического трения достаточно объемны и заслуживают отдельного рассмотрения и выходят за рамки данной статьи.

В настоящее время проводится комплекс работ направленных на экспериментальные исследования, оптимизации технологических параметров, а также разработку конструкторской документации и технологической подготовки производства напорных трубопроводов реализующих новую технологию применительно для гидроэнергетических станций.

Выводы

Практическое использование отмеченных физических приемов, как по отдельности, так и в совокупности в зависимости от технологической и экономической целесообразности позволят значительно снизить гидравлические потери жидкости в напорных трубопроводах. Это позволит сократить затраты энергии на транспортировку разнообразных жидкостей (вода, нефть и другие), а также повысить эффективность преобразования энергии воды в гидроэнергетических установках за счет снижения гидравлических потерь и повышения энергии потока в напорных трубопроводах.

Работа выполнена в рамках гранта Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (номер госрегистрации 0113РК00415).

Список литературы

1. Болотов Б.В. и др. Основы строения вещества с позиции авторов. – К.: Универсарий, 2009. – 656 с.
2. Высоцкий Л.И., Высоцкий И.С. Способ уменьшения отрицательной турбулентной вязкости. Патент РФ № 242445. Оpubл.: 20.07. 2011.
3. Колосов Б.В. Способ снижения гидродинамического трения. Патент РФ № 2133891. Оpubл.: 27.07.1999.
4. Рыженков В.А. и др. Способ уменьшения гидравлического сопротивления трубопроводных сетей для транспортировки жидких сред. Патент РФ № 2318140. Оpubл.: 27.02.2008.
5. Шаубергер В. Труба для жидких и газообразных субстанций. Австрийский патент № 196680. Оpubл. 25 марта 1958 года.
6. Шаубергер В. Энергия воды. – М.: «Яуза», «Эксмо». 2008. – 320 с.

УДК 681.3

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Мартirosян А.Г., Калмыков М.И.*ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь,
e-mail: kia762@yandex.ru*

Эффективность цифровой обработки сигналов (ЦОС) полностью определяется объемом вычислений, которые получаются при реализации математической модели процесса цифровой обработки сигнала с помощью специализированного процессора. Рассмотрены основные виды обеспечения отказоустойчивости специализированных процессоров ЦОС. Проведенный в работе анализ этих методов показал, что наиболее привлекательным, с точки зрения сохранения работоспособного состояния вычислительного устройства при возникновении отказов оборудования, является применение корректирующих кодов. При этом данные коды должны обладать свойством арифметичности и соответствовать алгебраической системе, которая используется при ортогональных преобразованиях сигналов. Рассмотрены основные алгоритмы поиска и коррекции ошибок с использованием полиномиальной системы классов вычетов.

Ключевые слова: алгоритмы отказоустойчивости, корректирующие коды, полиномиальная система классов вычетов, позиционные характеристики кода, деградация структуры процессора

BASIC METHODS RESILIENCY SPECIALIZED COMPUTING DEVICES DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Martirosyan A.G., Kalmykov M.I.*Federal state Autonomous educational institution higher professional education
«North-Caucasian federal university», Stavropol, e-mail: kia762@yandex.ru*

The efficiency of digital signal processing (DSP) is completely defined by the volume of calculations, which are obtained by implementing a mathematical model of the digital signal processing by a dedicated processor. The basic kinds of resiliency specialized DSP processors. Carried out in the analysis of these methods showed that the most attractive in terms of maintaining a healthy state of the computing device in the event of equipment failure, is the application of error-correcting codes. The data codes must have the property is arithmetic and algebraic fit system that is used under orthogonal transformations of signals. The basic search algorithms and error correction using a polynomial system of residue classes.

Keywords: algorithms fault tolerance, error-correcting codes, polynomial system of residue classes, positional code characteristics, the degradation of the structure of the processor

Введение

Аппаратная реализация вычислительных систем цифровой обработки сигналов (ЦОС) насыщена и очень сложна. Поэтому отказы процессорных элементов в таких процессорных матрицах практически неизбежны, и обеспечение отказоустойчивости должно быть неотъемлемой частью разработки специализированных процессоров (СП), особенно для применений в реальном времени.

Основная часть

В настоящее время в вычислительных системах широкое распространение получил целый ряд методов обеспечения отказоустойчивости. Несмотря на их многообразие, данные методы можно разделить на три основные группы, которые в своей основе используют следующие виды избыточности:

- аппаратную избыточность;
- временную избыточность;
- алгоритмическую избыточность, основанную на корректирующих кодах.

Обеспечение отказоустойчивости СП ЦОС во время работы является наиболее сложным [1-4]. Главная цель состоит в том, чтобы гарантировать непрерывность функционирования крупного матричного процессора во время его работы. Обеспечение отказоустойчивости на этом этапе включает тестирование, реконфигурацию и перезапуск. При разработке отказоустойчивых вычислительных устройств ставятся задачи [1]:

- использовать регулярность и локальность, присущую матричным процессорам, и принцип управления потоком данных;
- выявить структурные особенности матричных алгоритмов;
- минимизировать затраты времени на реализацию отказоустойчивой работы.

Особое место среди методов обеспечения отказоустойчивости многопроцессорных вычислительных устройств занимают методы, построенные на основе временной избыточности. В настоящее время наиболь-

шее распространение получили два способа использования временной избыточности:

1. обнаружение и исправление ошибок, основанное на чередовании графов зависимости данных;
2. амортизация отказов, основанная на алгоритмах разбиения.

Одно из основных предположений данного подхода к отказоустойчивости (ОУ) состоит в том, что каждый процессорный элемент (ПЭ) может некоторым способом выполнять самопроверку. Поэтому неисправность, возникшая в процессе вычислений, диагностируется прежде, чем неисправный ПЭ выдаст свои, возможно, неверные результаты. В этом случае необходимости в возврате нет, поскольку предполагается, что период действия ошибки минимален.

Однако, несмотря на то, что схемы временной избыточности, представляют эффективные способы восстановления в случае возникновения отказов, к сожалению, они не могут быть легко интегрированы в структурные схемы обеспечения отказоустойчивости СП ЦОС из-за высоких требований к производительности таких вычислительных устройств.

В настоящее время существуют два типа подходов к обеспечению ОУ во время работы – архитектурный и алгоритмический. Архитектурные подходы являются алгоритмически независимыми [2]. Так в случае фиксированного размера процессорных массивов с помощью переключателей можно произвести реконфигурацию массива таким образом, что, несмотря на отказ некоторых ПЭ, размер массива сохранится. Другой подход состоит в маскировании отказов, т.е. немедленном восстановлении работоспособности устройства, при котором возникновение отказа не замечается. Этот способ эффективен для достижения динамической ОУ и может быть реализован с помощью трехкратной аппаратной избыточности или в общем случае N -кратной избыточности.

С другой стороны, алгоритмические подходы к ОУ используют некоторые алгебраические свойства, присущие многим приложениям ЦОС. Одним из подходов, например, является обеспечение ОУ на основе кодирования данных, позволяющие восстановить правильный результат при неисправном ПЭ. Можно одновременно перестраивать структуру процессорного массива и алгоритм так, чтобы задача оказалась

выполнимой на массиве меньшего размера. Этот подход позволяет строить вычислительные структуры с амортизацией отказов.

Важным в обеспечении ОУ в процессе работы является устранение сбоев [3]. Известно, что частота возникновения сбоев, вызванных главным образом временными изменениями условий функционирования, в десятки раз превышает частоту постоянных неисправностей. Поскольку продолжительность перемежающихся неисправностей – величина случайная, некоторые из них можно трактовать как постоянные и использовать повторное выполнение. Вообще говоря, восстановление работы при перемежающихся неисправностях значительно повышает надежность всей вычислительной системы.

Анализ технических реализаций алгоритмов ЦОС показывает, что архитектура СП, его функциональные характеристики, прежде всего, определяются алгебраической системой, на базе которой строится цифровая обработка сигналов. Таким образом, правильный выбор алгебраической системы является мощным средством повышения устойчивости функционирования вычислительных устройств ЦОС. Большое значение при этом имеет также способность системы счисления аккумулировать свою естественную (первичную) избыточность и вводимую дополнительную (вторичную) избыточность.

Основную массу вычислительных устройств ЦОС составляют СП, базирующиеся на математических моделях с позиционной системой счисления (ПСС). В ПСС выполнение арифметической операции полагает последовательную обработку разрядов операндов по правилам, определяемым содержанием данной операции, и не может быть закончено до тех пор, пока не будут определены последовательно значения всех результатов с учетом всех связей между разрядами. Таким образом, ПСС, являясь основой современных вычислительных средств, имеет строго последовательную структуру и обладает минимальной первичной избыточностью. Это в свою очередь обуславливает необходимость принятия дополнительных мер по введению вторичной избыточности, что накладывает существенный отпечаток на способы реализации обеспечения отказоустойчивости вычислительных систем в процессе функционирования.

По способу введения вторичной (структурной, информационной и др.) избыточности существующие методы повышения устойчивости функционирования СП ПСС цифровой обработки информации можно разбить на два основных класса. К первому относятся методы обеспечения отказоустойчивости, реализующие различные варианты кодирования данных. Несмотря на свою привлекательность с точки зрения обеспечения информационной надежности, позиционные коды, как правило, не обладают арифметичностью. Именно это свойство специальных кодовых конструкций препятствует их широкому применению в вычислительных устройствах ЦОС, поскольку введенные избыточные разряды не позволяют контролировать результаты арифметических операций в реальном масштабе времени [1].

Ввиду указанного обстоятельства в последние годы наблюдается рост исследований в сфере разработки методов, базирующихся на использовании кодов, обладающих свойством арифметичности. Важнейшая особенность данных методов заключается в возможности организации пространственного распределения совмещенных во времени вычислительных процессов цифровой обработки информации или их составляющих. Обращаясь к машинным алгоритмам, базирующимся на многопроцессорной структуре вычислительного устройства, легко заметить, что благодаря параллелизму на уровне вычислительных процессов повышается не только производительность, но и отказоустойчивость системы. Параллельные вычислительные процедуры являются идеальной основой для синтеза устойчивых к отказам вычислительных систем. Ключевую роль в процессе построения таких вычислительных устройств играет способность сохранения работоспособного состояния за счет снижения в допустимых пределах каких-либо показателей качества при возникновении отказов в системе. Достоинства данного подхода к выполнению процедур обеспечения отказоустойчивости реализуется в полной мере при перераспределении исходных данных и сохранившихся вычислительных ресурсов при деградации структуры [1]. В тоже время многопроцессорные вычислительные устройства обладают рядом существенных недостатков, которые сужают сферу их применения. Основными из них являются:

- значительные аппаратные и программные затраты необходимые на реализацию вычислительной системы;
- необходимость разработки новых алгоритмов ЦОС, обладающих полным параллелизмом;
- сложность реализации процедур поиска и локализации ошибок в процессе вычислений;
- возможность потери части обрабатываемых данных при восстановлении работоспособной структурной конструкции вычислительной системы.

Таким образом, применение рассмотренных выше методов обеспечения устойчивости функционирования цифровых устройств, базирующихся на принципах распараллеливания на уровне вычислительных процессоров, является нецелесообразным.

Выход из указанной ситуации может быть найден на пути применения алгебраических систем конечного поля и кольца для реализации цифровых систем обработки информации, базирующихся на максимально независимых функциональных компонентах вычислительных средств и обладающих поразрядным характером распространения ошибок при выполнении последовательности арифметических операций.

Применение полиномиальной системы классов вычетов, в которой в качестве модулей непозиционной системы используются минимальные многочлены расширенного поля Галуа $p_1(z), h_2(z), \dots, p_3(z)$ позволяет задать следующее отображение

$$F: A(z) \rightarrow (\alpha_1(z), \alpha_2(z), \dots, \alpha_n(z)) \quad , \quad (1)$$

где

$$M(z) = \prod_{i=1}^n p_i(z); A(z) \in M(z); \alpha_i(z) \equiv$$

$$\equiv A(z) \bmod p_i(z); i = 1, \dots, n$$

Обратный изоморфизм задается отображением

$$F^{-1}: (\alpha_1(z), \alpha_2(z), \dots, \alpha_n(z)) \rightarrow A(z) \quad , \quad (2)$$

где

$$A(z) = m_1(z)P_1(z)\alpha_1(z) + m_2(z)P_2(z)\alpha_2(z) + \dots + m_n(z)P_n(z)\alpha_n(z);$$

$$P_i(z) = M(z)/p_i(z); m_i(z) =$$

$$= (P_i(z) \bmod p_i(z))^{-1} \bmod p_i(z)$$

Применяя выражения (1) и (2) соответственно к алгоритмам цифровой обработки сигналов получаем

$$F[X(l)] = \sum_{j=0}^{d-1} F[x(j)]F[\beta^j] \quad , \quad (3)$$

$$F[x(j)] = d^* \sum_{l=0}^{d-1} F[X(l)]F[\beta^{-jl}] \quad . \quad (4)$$

Обладая однородным составом арифметических устройств, высоким параллелизмом на уровне арифметических операций, вычислительные системы ПСКВ полностью соответствуют алгоритмам ЦОС и обеспечивают реализацию последних в реальном масштабе времени. Кроме этого, ПСКВ обладает достоинствами [1,3,10]:

- независимость разрядов обуславливает возможность построения автономных вычислительных трактов (каналов) по каждому основанию и позволяет считать последние независимыми элементами;
- равноправность разрядов дает возможность изменения функциональных назначений последних, выражающуюся в переводе информационных вычислительных каналов в множество избыточных и наоборот;
- использование табличных методов реализации арифметических операций обуславливает малый разброс надежностных характеристик вычислительных каналов;
- отсутствие межразрядных переносов по основаниям ПСКВ.

Из сказанного выше видно, что существующее состояние разработок по теории ПСКВ обеспечивает потенциальную возможность повышения не только производительности реализаций арифметических операций, но и информационной надежности вычислительной системы в целом. Поэтому очевидна актуальность разработки алгоритмов построения корректирующих кодов ПСКВ [2,8,9].

Для осуществления процедур поиска и коррекции в полиномиальной системе классов вычетов используют позиционные характеристики. Последние позволяют определить «позиционирование» запрещенных непозиционных комбинаций относительно рабочего диапазона, величина которого определяется произведением рабочих оснований. В настоящее время известен целый ряд так характеристик. В работе [5] для определения местоположения и глубины ошибки используют позиционную характе-

ристику – след полинома. С этой целью используются псевдоортогональные полиномы. Вычисление разности полинома $A(z)$, представленного в полиномиальной системе классов вычетов, и псевдоортогональных форм, задаёт величину следа полинома (5)

$$\begin{cases} \gamma_{k+1}(z) = (\alpha_{k+1}(z) - \sum_{j=1}^k \gamma_{k+1}^j(z)) \bmod p_{k+1}(z), \\ \gamma_{k+2}(z) = (\alpha_{k+2}(z) - \sum_{j=1}^k \gamma_{k+2}^j(z)) \bmod p_{k+2}(z), \\ \gamma_{k+r}(z) = (\alpha_{k+r}(z) - \sum_{j=1}^k \gamma_{k+r}^j(z)) \bmod p_{k+r}(z). \end{cases}$$

где $\gamma_{k+1}(z), \dots, \gamma_{k+r}(z)$, – нарушение ортогональности по контрольным основаниям ПСКВ.

Применение алгоритма (5) позволяет обеспечивать вычисление этой позиционной характеристики с меньшими временными затратами по сравнению с классическим алгоритмом.

Для обнаружения и коррекции ошибочных кодовых комбинаций ПСКВ в работе [2] применяют алгоритм вычисления интервального полинома кода ПСКВ

$$I_{\text{инт}}(z) = \left[\sum_{i=1}^{k+r} \alpha_i(z) R_i(z) + K^*(z) \right]_{P_{\text{ком}}(z)}^+ \quad , \quad (6)$$

где $K^*(z)$ – ранг безизбыточной системы оснований ПСКВ;

$$R_i(z) = \lfloor B_i(z) / P_{\text{раб}}(z) \rfloor \quad ;$$

$B_i^*(z)$ – ортогональный базис;

$$P_{\text{раб}}(z) = \prod_{i=1}^k p_i(z) \quad - \text{рабочий диапазон.}$$

При этом ранг безизбыточной системы определяется выражением

$$K^*(z) = \left[\sum_{j=1}^k \alpha_j(z) B_j^*(z) / P_{\text{раб}}(z) \right] \quad . \quad (7)$$

Использование данной позиционной характеристики позволяет осуществлять процедуры коррекции запрещенных комбинаций на основе нейросетевого логического базиса.

Наряду с позиционными характеристиками модулярного кода, для построения отказоустойчивых спецпроцессоров класса вычетов, могут использоваться и характеристики, которые вычисляются в «частотной»

области. В работе [4] приведен алгоритм вычисления спектральных составляющих кодовой комбинации ПСКВ, который базируется на определении корней интервального полинома. Дальнейшее развитие данного алгоритма позволило разработать устройство, реализующее данный алгоритм. В работе [7] приведена структура такого устройства.

Кроме того, ПСКВ расширенного поля Галуа обладает способностью к варьированию точностью, быстродействием и информационной надежностью в процессе вычисления. Данная способность базируется на обменных операциях ПСКВ. В настоящее время проявляется повышенный интерес к возможности варьирования корректирующей способностью модулярного кода за счет изменения точности и производительности вычислений в пределах одного цифрового устройства. В первую очередь это объясняется тем, что учет указанного свойства ПСКВ является мощным средством повышения надежности, т.е. при отказе r каналов их можно просто удалить из процессора, не оказывая влияния на точность выполнения задания. Но с другой стороны данные r избыточных каналов предопределяют корректирующие способности вычислительной системы, другими словами – гарантию защиты от недостоверного результата.

Таким образом, изменяя количество информационных k и избыточных r оснований в заданной структуре СП ПСКВ, можно варьировать его основными показателями – точностью, информационной надежностью вычислительной системы.

Если некоторая упорядоченная ПСКВ расширяется путем добавления l оснований, каждое из которых больше основания исходной ПСКВ, то минимальное кодовое расстояние d_{min} автоматически увеличивается. Того же эффекта можно добиться, уменьшая число информационных оснований, т.е. переходя к вычислениям с меньшей точностью. На одном и том же СП можно одни и те же вычисления выполнять с высокой точностью, но с меньшей информационной надежностью или с меньшей точностью, но с более высокими значениями надежности и скорости.

Таким образом, очевидно, что ПСКВ обладает свойством, позволяющим ей гибко использовать резервы точности и надежности при наличии ограничений на увеличение веса, габаритов и стоимости цифрового устройства.

В работе [6] приведен алгоритм позволяющий осуществлять перевод полиномиального модулярного кода в позиционный код на основе китайской теоремы об остатках при постепенной деградации структуры СП ЦОС. Использование данного алгоритма позволяет обеспечить сохранение работоспособного состояния вычислительного устройства за счет снижения в допустимых пределах основных показателей качества функционирования. В работе [6] представлена структура преобразователя из модулярного кода в позиционный код с пересчетом значений ортогональных базисов. Хорошие реализационные свойства вышеуказанной особенности ПСКВ, заключающиеся в возможности варьирования точностью, производительностью и корректирующими способностями, представляют собой идеальную основу для разработки высокоэффективных методов реконфигурации вычислительных устройств ЦОС класса вычетов.

Выводы

Внедрение математической модели ПСКВ, позволяющей представлять числа в модулярном коде, является одним из наиболее перспективных путей повышения отказоустойчивости и быстродействия вычислительных средств ЦОС.

В этом случае преимущества модулярной арифметики реализуются наиболее полно как в направлении обеспечения высокой отказоустойчивости, так и в направлении повышения производительности функционирования СП ЦОС.

Список литературы

1. Бережной В.В., Калмыков И.А., Червяков Н.И., Щелкунова Ю.О., Шилов А.А. Нейросетевая реализация в полиномиальной системе классов вычетов операций ЦОС повышенной разрядности // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. – 2004. – № 5-6. – С. 94.
2. Бережной В.В., Калмыков И.А., Червяков Н.И., Щелкунова Ю.О., Шилов А.А. Архитектура отказоустойчивой нейронной сети для цифровой обработки сигналов // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. – 2004. – № 12. – С. 51-57.
3. Емарлукова Я.В., Калмыков И.А., Зиновьев А.В. Высокоскоростные систолические отказоустойчивые процессоры цифровой обработки сигналов для инфотелекоммуникационных систем // Инфокоммуникационные технологии. Самара. – 2009. – №2. – С. 31-37.
4. Калмыков И.А., Щелкунова Ю.О., Гахов Р.П., Шилов А.А. Математическая модель коррекции ошибок в полиномиальной системе классов вычетов на основе определения корней интервального полинома // Физика волновых процессов и радиотехнических систем. – 2002. – Т.6. – № 5. – С. 30.

5. Калмыков И.А. Устройство для коррекции ошибок в полиномиальной системе классов вычетов с использованием псевдоортогональных полиномов // Патент России № 2294529. 05.05.2005.
6. Калмыков И.А., Сагдеев А.К., Петлеванный С.В., Лисицын А.В. Устройство для преобразования из полиномиальной системы классов вычетов в позиционный код с пересчетом ортогональных базисов // Патент России № 2298873. 24.11.2005.
7. Фалько А.А., Калмыков И.А., Барильская А.В., Кихтенко О.А., Дагаева О.И. Устройство спектрального обнаружения и коррекции в кодах полиномиальной системы классов вычетов // Патент России № 2390051. от 09.07.2008.
8. Хайватов А.Б., Калмыков И.А. Математическая модель отказоустойчивых вычислительных средств, функционирующих в полиномиальной системе классов вычетов // Инфокоммуникационные технологии. – 2007. – Т.5. – №3. – С.39-42.
9. Червяков Н.И., Калмыков И.А., Щелкунова Ю.О., Бережной В.В. Математическая модель нейронной сети для коррекции ошибок в непозиционном коде расширенного поля Галуа // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. – 2003. – № 8-9. – С. 10-17.
10. Чипига А.Ф., Калмыков И.А. Структура нейронной сети для реализации цифровой обработки сигналов повышенной разрядности // Наука. Инновации. Технологии. – 2004. – Т.38. – С. 46.

УДК 623

СОВРЕМЕННЫЕ МАЛЫЕ ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ**Романов А.Д., Чернышов Е.А., Романова Е.А.***Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород, e-mail: taep@nntu.nnov.ru*

В статье представлено современное состояние разработок по малым подводным лодкам, по некоторым проектам приведены основные технические характеристики. В настоящее время наиболее значительные по численности подводные силы специальных операций созданы в вооруженных силах США, Великобритании, Франции, Италии, Германии и Турции, также активно создаются в ряде стран Азии, Среднего Востока, Африки и Латинской Америки.

Ключевые слова: малая подводная лодка, подводное средство движение, силы специальных операций, боевые пловцы.

MODERN SMALL SUBMARINES**Romanov A.D., Chernyshov E.A., Romanova E.D.***The Nizhny Novgorod state technical university of R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: taep@nntu.nnov.ru*

The current state of development is presented in article on small submarines, according to some projects the main technical characteristics are given. Now the most considerable on number underwater forces of special operations are created in armed forces of the USA, Great Britain, France, Italy, Germany and Turkey, are also actively created in a number of the countries of Asia, the Middle East, Africa and Latin America.

Keywords: small submarine, underwater means movement, forces of special operations, fighting swimmers.

Во флотах крупных стран еще со времен первой мировой войны находятся специальные подводные аппараты для действий подразделений разведчиков-диверсантов. В настоящее время наибольшее развитие подводные силы специальных операций получили в США, Великобритании, Франции, Италии, Германии и России, также подобные формирования активно создаются в ряде стран Азии, Среднего Востока, Африки и Латинской Америки [1]. На малые подводные лодки (МПЛ) в современных условиях может быть возложено решение следующих задач: действия против кораблей и судов в прибрежных районах и пунктах базирования, доставка и высадка подразделений спецназа, ведение разведки, постановка мин в фарватерах, охрана подводных сооружений. Причем прогресс позволил части наркотраговцев, контрабандистов, армиям малых государств, повстанческих объединений овладеть технологиями, в том числе подводного судостроения. Это делает актуальным как развитие подобных технологий для армии и флота, так и средств реакции на данные угрозы. Инцидент в Желтом море, имевший место в марте 2010 года, когда торпеда СНТ-02D, вероятно, выпущенная одной из северокорейских ПЛ, потопила южно-корейский корвет Chon An типа Pohang, обладавший противолодочным вооружением [2]. Поэтому в настоящее время активно развивается рынок недорогих, быстро строящихся и эко-

номичных в эксплуатации малых подводных лодок, которые даже малому военно-морскому флоту дают возможность уничтожить противолодочный корабль, вторгнущегося в национальные воды.

Информация по реальной численности МПЛ и их тактико-технических элементов весьма противоречивая. Если по боевым имеется некоторая информация, то по транспортным, создаваемым частным образом для криминального бизнеса, точная информация практически отсутствует. Ряд аппаратов имеют двойное назначение, например, разработаны туристические и исследовательские ПЛ. Проектированием и/или изготовлением занимаются ряд компаний: Cos.Mo.S. SpA, Fincantieri, Vogo, HDW / Kockums, TSNW, MarItalia / GSE, DCNS, Northrop Grumman, Abeking & Rasmussen, Vickers, ЦКБ МТ «Рубин», СПМБМ «Малахит» и др.

В целом эти МПЛ с глубиной погружения 200–300 метров, с экипажем два – шесть человек, обладают автономностью до 20–30 суток, дальностью плавания в надводном положении до 2500 миль. Вооружение – торпеды (крылатые ракеты) калибра 533 мм в торпедных аппаратах или транспортно-пусковых контейнерах, мины в забортных минносбрасывающих устройствах. Немногочисленный экипаж за счет высокой степени автоматизации управления системами и оружием обеспечивает преимущества малых ПЛ как в габаритах, так и по необходимой для

обеспечения их жизнедеятельности береговой инфраструктуре. Малая численность экипажей и, соответственно, численность личного состава соединения позволит базироваться постоянно либо в положении дежурства (временного базирования) у одного причала или плавбазы даже в точке укрытой якорной стоянки, либо закрытой бухте. При этом малые габариты позволяют осуществлять транспортировку по железной дороге или авиационным транспортом. Для этого стандартное водоизмещение МПЛ часто ограничивают для возможности транспортировки на военно-транспортных самолетах (с частично снятым вооружением и оборудованием или в боеготовом состоянии) на любой театр военных действий, а постоянное их базирование вместе с легководолазами-спецназовцами организовать в одном месте. Для удобства транспортировки некоторые аппараты имеют разборную / модульную конструкцию, например аппарат SSX-1 и "Orca".

Ряд МПЛ имеют возможность стыковки с ПЛ-носителями, что, в принципе, дает возможность решать и задачу по поиску затонувших подводных лодок и спасанию их экипажей [3], но чаще используется для перемещение МПЛ в зону действия, однако при этом чаще всего ограничивается скоростью и глубина погружения носителя.

Навигационное оборудование МПЛ может включать в себя следующий комплект приборов: гиромагнитный компас, гидроакустическую станцию, эхолот, лаг, приемник спутниковой системы GPS (в виде всплывающей антенны или телескопическое выдвижное устройство), аппаратуру звуководной связи, автоматическую систему наведения на носитель, систему бортового переговорного устройства. Часть аппаратов имеют непроникающие в прочный корпус подъемно-мачтовые устройства.

МПЛ действует на шельфе с глубинами до 200 метров, спасение экипажа обеспечивается методом «свободного всплытия». При этом экипаж имеет малую численность и не имеет возможность эффективно бороться за живучесть, то есть реализуется концепция «безопасность прежде спасения», кроме того у поврежденной или аварийной ПЛ в условиях противодействия противника мало шансов вернуться [4].

Основным недостатком МПЛ периода второй мировой войны были малые дальность плавания, мореходность, скорость хода и автономность. Научно-исследова-

тельские и опытно-конструкторские работы, развернувшиеся за рубежом с 1952 по 1963 годы по улучшению этих качеств, привели к созданию ряда проектов нетрадиционных конструкций. Так в Англии и Франции были разработаны проекты на подводных крыльях и воздушной подушке. В 1962-1963 годах американская фирма General Dynamics Corporation предложила проект летающей сверхмалой ПЛ.

С ростом эффективности противолодочной обороны к середине 70-х годов назрела необходимость резкого повышения боевых возможностей имеющихся и создания новых типов МПЛ. Особое внимание было обращено на создание воздушнонезависимой энергоустановки (ВНЭУ). Причем такие работы идут по двум направлениям. Первое связано с переходом на использование только электродвижения с применением аккумуляторных батарей с более высокой плотностью мощности и к.п.д. [5]. В рамках второго ведется поиск и внедрение наиболее оптимальных ВНЭУ на основе тепловых двигателей [6]. На МПЛ часто применяется двигатель внутреннего сгорания по замкнутому циклу. Так к 1980 году некоторым итальянским, немецким и шведским компаниям удалось разработать несколько серийных образцов достаточно надежных в эксплуатации установок. Кроме того получили распространение следующие технологии: топливные элементы, двигатели с внешним подводом теплоты (Стирлинга). Возможно также применение паровой турбины замкнутого цикла (MES-MA). Ряд МПЛ оборудованы ядерной энергоустановкой, так в США еще в 1969-м был создан малогабаритный вариант АЭУ и построена малая ПЛА NR-1 (водоизмещение 400 тонн), в СССР/России в 1981–1995 годах построена серия из трех ПЛА специального назначения проекта 1851 (водоизмещение 550 тонн). Кроме того разрабатываются различные установки на основе высокометаллизированного безгазового топлива [7].

Архитектурный облик МПЛ, с точки зрения гидродинамики, близко подошел к оптимуму, при этом некоторые МПЛ выполняются практически без ограждения или с рудиментарным ограждением выдвижных устройств или рубки. Для обеспечения плавания ПЛ в надводном положении разрабатываются конструкции выдвижного мостика для несения ходовой вахты. В качестве движительной установки используется традиционный гребной винт, в том числе в кольцевой насадке, ряд МПЛ оснащены резервными

средствами движения типа откидных или выдвижных колонок. Однако отношение времени смены курса к общему времени работы движителя стремится к нулю, поэтому на некоторых перспективных проектах конструктора полностью отказываются от рулей и внедряется система Distributed Pump Jet Propulsor / «разнесенный» водомет. Основными направлениями являются: «один винт – один поток» – изменение направления приложения силы осуществляется аналогично авиационным двигателям с изменяемым вектором тяги; «один винт – несколько потоков» – изменение направления приложения силы осуществляется перекрытием сопел; «несколько винтов – несколько потоков» – изменение направления приложения силы осуществляется изменением скорости вращения двигателей. Кроме того преимуществом «разнесенного водомета» является обеспечение управляемости ПЛ на малой скорости вплоть до нулевой. Также были проведены работы по созданию магнетогидродинамического движителя, работы были начаты американскими фирмами в 1966 году, однако дальше стадии опытной модели не продвинулись. В 1989 году компания Mitsubishi построила экспериментальную ПЛ «Yamato 1» длиной 27 м. На испытаниях она развила скорость 8 уз. Однако большой вес и энергопотребление ограничивают применение движителя этого типа на СМПЛ в ближайшее время. Предлагались и другие варианты, например, роторные движители или движители на «эффекте Коанда».

Все современные сверхмалые подлодки строятся в разведывательно-диверсионном или в многоцелевом варианте. В общем случае пусковая установка предназначена для отделения оружия от носителя, включая операции его шлюзования при «сухом» хранении оружия и открытия волнорезного щита, и требует соответствующего обеспечения со стороны корабля энергетикой (ВВД, гидравлика, электропитание). Хранение оружия внутри пусковой трубы предопределяет необходимость организации транзитных связей носитель – оружие в виде систем диагностики, ввода данных, телеуправления и т.д. Очевидно, что все эти взаимосвязи требуют соответствующего управления с необходимым аппаратным оформлением. Фактически это отличает «ударные» МПЛ от «транспортных» (разведывательно-диверсионных). Часть МПЛ имеют возможность применения «настоящих торпед» и ракет «Harpoon» или «Exocet», например

Sang-O (Shark), MS-29 Yono, Viet P-4 (Yugo), IS-120 Ghadir, MG120/ER.

Следует отметить, что схемно-техническое решение подводных пусковых установок во многом определяется хранением на их направляющих. Рассматриваются два основных варианта:

- «мокрое» хранение оружия, когда оно постоянно находится в жидкости (иногда в ингибиторе) под забортным давлением;

- «сухое» хранение в герметичном контейнере (в пусковой трубе), что обуславливает необходимость шлюзования оружия перед его пуском.

Основная проблема отделения заключается в следующем: необходима энергия, достаточная для того, чтобы переместить оружие из статического положения, в котором оно хранится, в динамическое положение вне ПЛ, с соблюдением требований по безопасности носителя и гарантированному выходу изделия на запрограммированную подводную траекторию его движения [8].

К перспективным компоновочным решениям можно отнести проекты серии SMX компании DCNS, например SMX-24, предусматривающей размещение оружия вне прочного корпуса в сменных модулях вооружений и на двух внешних консолях. SMX-26 предназначен для действий в прибрежных водах. Длина – около 40 м, вооружение – 10 торпедных аппаратов, 20-мм пушка и устройство для пуска зенитных ракет на выдвижной мачте. В проекте 3-GST9 был применен тороидальный корпус, полая часть которого предназначалась для хранения окислителя (кислорода) в газообразном состоянии и продуктов сгорания двигателя внутреннего сгорания.

Однако, в настоящее время большее количество проектов относится к классическим компоновочным решениям: S300CC, TR300, MS-29 Yono, Viet P-4, SMX-23 «Andrasta», Амур-950, S-1000, П-130 (170, 550, 750), «Пирания-Т».

В настоящее время вероятность «большой войны» значительно снижена. Однако, не проходит ни одного дня чтобы в одной или нескольких точках земного шара не велись боевые действия. Причем боестолкновения ведутся как на суше, так и на море. Одним из результатов исследований и переосмысления существующих реалий явилась разработка новой стратегии ведения боевых действий — так называемой «сетцентрической войны» (Net-Centric Warfare).

Т а б л и ц а 1

Примеры реализации проектов МПЛ [9,10]

Наименование проекта, страна	Водоизмещение, т	Длина, м	Дальность в надводном положении, миль / на скорости уз	Дальность в подводном положении, миль / на скорости уз	Полезная нагрузка
Обеспечение подводного хода только за счет аккумуляторных батарей					
SX-758 (MG-110), Италия	102	27,8	2200	60 / 5 или 150 / 2	до 8 пловцов, торпеды, ракеты (?), донные мины
Narwhal, Германия	28	13,27	н/д*	150 / 5	до 4 пловцов
ASDS, США	55	19,8	н/д*	125 / 8	до 8 пловцов, возможно применение транспортно пусковых контейнеров, мин
Yugo, КНДР	90	19	1200 / 6	50	до 8 пловцов, возможно применение транспортно пусковых контейнеров, мин
Ghadir, Иран	120	29	н/д*	н/д*	торпеды, ракеты (?), донные мины
Spiggen-II, Швеция	14	10,6	н/д*	н/д*	вооружения нет
Обеспечение подводного хода ДЗЦ, окислитель кислород, хранение в жидком состоянии					
MG-120/ER, Италия	120	27,8	2400	320 / 3,5	до 12 пловцов, торпеды, донные мины
IMI-35, Италия	80	н/д*	н/д*	240 / 6 или 190 / 8	малогабаритные торпеды, мины
Sea Horse KD (Kreislauf Diesel), Германия	52	14,5	н/д*	200 / 6	до 6 пловцов
Обеспечение подводного хода за счет двигателя Стирлинга					
Saga, Франция	н/д*	28	н/д*	н/д*	до 8 пловцов

*Примечание: н/д – нет данных или они противоречивы. Например, справочник Jane's Fighting Ships.

Основной ее особенностью является направленность на достижение превосходства над противником, в том числе за счет объединения военной инфраструктуры в единую информационно-управляющую сеть. Это предусматривает увеличение боевой мощи группировки объединенных сил за счет образования информационно-коммутиционной сети, объединяющей источники информации (разведки), органы управления и средства поражения (подавления) противника. Одним из ее элементов на море являются малые подводные аппараты, в том числе обитаемые, используемые в качестве носителей необитаемых аппаратов и/или групп пловцов-разведчиков.

Список литературы

1. Зарембовский В., Колесников Ю. Морской спецназ. История (1938 – 1968 гг.)
2. Janes Underwater Warfare Systems. End of year report 2010.

3. Антонов А.М. Использование боевых ПЛ в качестве носителей СГА – плюсы и минусы // Судостроение. – 2012. – №4. – С. 18-25.
4. Bovis Alain. Hydrodynamique navale Le Sousmarine. – Paris: Les presses de L ensia, 2010.
5. Никифоров Б.В. и др. Литий-ионные аккумуляторные батареи в качестве основных источников электроэнергии дизель-электрических подводных лодок // Судостроение. – 2010. – №2. – С. 25-28.
6. Васильев В.А., Романов И.Д., Романова Е.А., Романов А.Д. История развития подводных лодок с воздушнонезависимыми энергоустановками в России и СССР. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – № 4 (97). – С. 192-201.
7. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Высокометаллизированное топливо на основе алюминия и его применение // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 24. – С. 69-73.
8. Ефимов О.И. и др. Забортные модули вооружения подводных лодок: возможные решения // Оборонный заказ. Спец. вып. 18. – СПб.: Морская газета, 2008.
9. Гусев А.Н. Подводные лодки специального назначения. Построенные корабли и нереализованные проекты. – М.: Моркнига, 2013. – 224 с.
10. Тарас А.Е. Сверхмалые подводные лодки. – Харвест, 2004. – 248 с.

УДК 552.321.5

S-ТИП ГРАНИТОИДОВ: НОМЕНКЛАТУРА, ПЕТРОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ НА ОСНОВЕ СОСТАВОВ БИОТИТОВ**Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные о составе орогенных S-типа гранитов. По составам биотита и геологическим условиям в петрогенетическом S-типе выделены 2 подтипа: S1 – ультраметаморфические автохтонные и параавтохтонные биотитовые, двуслюдяные граниты и S2 – аллохтонные палингенные лейкократовые «стресс»-граниты. В этом подтипе выделены 2 группы гранитов: S2 S – собственно «стресс» – граниты и S2 D – «дуплекс» – граниты. S2S – «стресс»-граниты – это синдвиговые («strike slip») граниты, преимущественно дайковой и жильной фации, локализующиеся в плоскостях вязких разломов и срывов, а также оперяющие жилы и дайки, контролируемые оперяющими разломами. «Дуплекс»-граниты S2D формируют пластообразные залежи, локализованные вместе с супракрустальной инфраструктурой. Обе группы гранитов относятся к рудогенерирующим и могут нести различные типы оруденения вольфрама, молибдена, тантала, ниобия, бериллия.

Ключевые слова: орогенные граниты, состав биотита, аллохтонные, параавтохтонные, автохтонные граниты, «стресс»-граниты, «дуплекс»-граниты, оруденение, W, Ta, Nb, Mo, Be.

S-TYPE GRANITOIDS: NOMENCLATURE, PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION ON COMPOSITION OF BIOTITES**Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data on composition of orogenic S-type granites lead. Two subtypes: S1 – ultrametamorphic autochthonous and paraautochthonous biotite, two mica granites and S2 – allochthonous palingenic leucocratic “stress”-granite detached in petrogenetic S-type on composition of biotites and geologic conditions. Two groups: S2 S – own “stress”-granites and S2 D – “duplex”-granites detached in it subtype. S2 S – own “stress”-granites are strike slip granites, predominantly dike and lode facies, localizing in level viscous fractures and failures and auxiliary lodes and dikes, controlling auxiliary faults. “Duplex”-granites S2D form sheet, localizing together with supracrustal infrastructure. Two groups granites treat to ore-generated granitoids and can be bear different types of ore mineralization of tungsten, molybdenous, tantal, niobium.

Keywords: orogenic granites, composition of biotites, allochthonous, paraautochthonous, autochthonous granites, “stress”-granites, “duplex”-granites, ore mineralization, W, Ta, Nb, Mo, Be.

Введение

S-тип гранитов был впервые выделен Б. Чаппелом и А. Уайтом [8]. Они рассматривали их как результат частичного плавления метасадочных пород. Характерной особенностью этого типа гранитов является наличие реститов протолита, за счёт которых происходило плавление. Нередко массивы таких гранитов сопровождаются мигматитами. Это гиперглинозёмистые граниты с нормативными и модальными высокоглинозёмистыми минералами: кордиеритом, андалузитом, силлиманитом, гранатом. S-тип гранитов, как считают многие петрологии, характерен для коллизионных геодинамических обстановок [1, 2, 7]. Детальное изучение S-типа гранитоидов последних лет показало, что номенклатура их должна быть расширена, так как они образуют различные группы, сформировавшиеся в различных условиях [3].

Результаты исследования

Состав биотита является своеобразным «геном», отражающим условия генерации

гранитоидов и поэтому совместно с геологическими и термодинамическими условиями генерации S-типа гранитоидов может использоваться для выделения различных групп по составу биотита и условиям генерации расплавов. Среди гранитидов этого типа выделяются две подгруппы: 1 – ультраметаморфические автохтонные и параавтохтонные биотитовые, двуслюдяные и 2 – аллохтонные палингенные лейкократовые «стресс-граниты» и граниты в первичном понимании Б. Чаппелла и А. Уайта [8].

Ультраметаморфические пара- и автохтонные граниты S₁ – подтипа повсеместно встречаются среди супракрустальных и сопровождаются полями мигматитов. Это конформные тела с метаморфическими породами вмещающей их инфраструктуры. Размеры массивов от 1,5 до нескольких сотен км², а также жилы и дайкообразные тела. Распространены они в древних кристаллических массивах платформ, гранито-гнейсовых куполах среди структурно-вещественных комплексов коллизионных геодинамических об-

становок, комплексов метаморфических ядер Алтае-Шотландского типа (по Г.А. Владимирову). Повсеместно обнаруживается приуроченность этих гранитоидов к зонам глубинных разломов мантийного заложения. Неотъемлемой частью таких разломов являются обширные поля фельдшпатизации, гнейсификации и милонитизации кристаллических пород. Фельдшпатизация и щелочной метасоматоз, являющиеся результатом дегазации мантии, дренируемой по глубинным разломам, являются начальным этапом гранитизации и приближают состав протолита к появлению так называемого минимального расплава, и превращению его в лейкоому мигматитов и в гнейсогранит.

Палингенные аллохтонные граниты S_2 – подтипа («стресс-граниты») встречаются лишь среди структурно-вещественных комплексов позднеколлизийных геодинамических обстановок, нередко в ассоциации с ультраметаморфическими пара- и автохтонными гранитами. Их формирование связано с крупными региональными сдвигами. По времени формирования они образуются позднее S_1 – подтипа гранитов, нередко имеют интрузивные контакты с ними и дают поля ороговикования во вмещающих породах экзоконтакта. Эти граниты дают дис-

кордантные тела изометричной и округлой формы, в виде пластовых залежей, дайкообразных тел.

Химические составы пород обсуждаемых S_1 – и S_2 – подтипов гранитов близки. Для их различия предпринята попытка разграничения по составам биотитов. Известно, что более достоверные результаты для классификационных целей и генетических представлений даёт изучение составов минералов, так как последние отражают геохимические особенности среды минералообразования [6], являясь своего рода «генотипом» породы.

На основе опубликованных составов биотитов их S – гранитов и авторских данных (596 анализов) по многочисленным регионам проведена оценка средних содержаний элементов в биотитах вышеуказанных подтипов S – гранитов (табл. 1). В выборки вошли составы биотитов S – гранитов Алтае-Саянской складчатой области, Прибайкалья, Забайкалья, Калба-Нарымской зоны Казахстана, Кольского полуострова, Большого Кавказа, Алдана, Воронежского кристаллического массива, Дальнего Востока, Средней Азии, Англии, Австралии, Западной Европы, Высоких Гималаев, Южного Китая, Вьетнама и других регионов.

Таблица 1

Составы биотитов подтипов S - гранитов

Компоненты	S_1 – подтип, автохтонные и параавтохтонные граниты, n=311		S_2 – подтип, палингенные «стресс»-граниты, n=285	
	X	S	X	S
SiO ₂	35,08	0,55	35,42	1,44
TiO ₂	2,6	0,42	3,07	0,508
Al ₂ O ₃	17,97	1,94	17,31	1,82
Fe ₂ O ₃	3,37	0,67	4,15	2,904
FeO	20,05	1,35	17,27	2,87
MnO	0,38	0,14	0,602	0,43
MgO	5,69	1,69	8,53	2,29
CaO	0,082	0,06	0,649	0,366
Na ₂ O	0,15	0,047	0,241	0,094
K ₂ O	9,22	0,715	7,66	0,701
P ₂ O ₅	0,158	0,065	0,157	0,118
F	1,137	0,107	0,543	0,247
H ₂ O ⁺	2,71	0,25	3,56	1,096
Cl	0,0926	0,057	0,148	0,1
Li ₂ O	0,036	0,017	0,073	0,036
Rb ₂ O	0,041	0,019	0,088	0,0405

Примечание. X – средние содержания компонентов (масс. %); S – стандартные отклонения; n – объём выборки.

Как видно из таблицы 1, S_1 – подтип автохтонных и паравтохтонных гранитов характеризуется более высокими концентрациями Al_2O_3 , FeO , K_2O , F , а S_2 – подтип «стресс» гранитов имеет повышенные содержания TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , H_2O^+ , Cl , Li_2O , Rb_2O .

S_1 – подтип гранитов по термодинамическим условиям образования даёт широкие вариации. Наиболее высокотемпературные S_1 – подтипы (калгутинский комплекс Калба-Нарымской зоны Казахстана) образуются в породах гранулитовой фации метаморфизма при $P > 13,75$ кбар (по появлению в них альмандин-пиропового граната) и температурах 1000–1100 °C. При этом генерируются сухие гранитные расплавы в очень высоких восстановительных условиях. В таких гранитах образуется F – биотит с низкими содержаниями воды (0.1–0.3 мас. %) и аномально низкой кислотностью (условный потенциал ионизации составляет 171–173). Что, видимо, объясняется изначально высокой меланократовостью протолита и кислым его составом, претерпевшего гранулитовый метаморфизм.

На противоположном конце температурного спектра формировались высокощелочные граниты S_1 – подтипа среди пород эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма (южно-чуйский комплекс Горного Алтая; томский комплекс Томско-Колыванской зоны; уллукамский комплекс Большого Кавказа и др.).

Температуры кристаллизации таких гранитов варьируют от 520 до 720 °C и давлениях 1.5–3.0 кбар при высокой восстановленности флюидов и значительной активности воды и щелочей. В условиях наибольшего стресса флюиды (H_2O , HCl) могут удаляться из участков гранитизации, а щёлочи могут играть роль плавней. Известно, что щёлочи снижают температуры плавления алюмосиликатных пород на сотни градусов. С гранитоидами S_1 – подтипа формирование оруденения не отмечено.

S_2 – подтип «стресс» – гранитов аллохтонных формировался в более окислительных условиях, чем S_1 – подтип. Температуры кристаллизации этих гранитов имеют широкий диапазон – от 660 до 850 °C при давлениях 1.3–2.2 кбар. В многофазных плутонах степень окисленности и кислотность расплавов увеличивались в заключительных фазах. Аксессуарный гранат в S_2 – подтипе гранитов варьирует по составу в аль-

мандин-спессартиновом изоморфном ряду. Рудогенерирующие гранитоиды S_2 – подтипа характеризуются более высокими парциальными давлениями и фугитивностями H_2O , CO_2 , HF во флюдах.

По первичным анализам построена дискриминационная диаграмма в координатах $\log(X_F/X_{OH}) - \log(X_{Mg}/X_{Fe})$ в биотитах, позволяющая чётко разграничивать два подтипа гранитоидов, а в составе S_2 подтипа выделить две группы: $S_2 S$ – собственно «стресс» – граниты и $S_2 D$ – «дуплекс» – граниты (рис. 1).

Поля гранитоидов: S_1 – двуслюдяных, биотитовых, редко – лейкогранитов автохтонных и параавтохтонных коллизионных обстановок, покровных зон, комплексов метаморфических ядер; S_2 – аллохтонных лейкогранитов сдвиговых зон позднеколлизионных обстановок: $S_2 S$ – собственно «стресс»-гранитов, $S_2 D$ – «дуплекс»-гранитов. Гранитоиды различных регионов: Горный Алтай: 1 – лейкосома мигматитов южно-чуйского комплекса; 2 – биотитовые граниты Кубадринского массива; Салаир: 3 – лейкосома мигматитов ангурепского метаморфического комплекса; Колывань-Томский выступ: 4 – лейкосома мигматитов томского комплекса; 5 – биотитовые граниты томского компоекса; Восточная Калба (Казахстан): 6 – лейкосома мигматитов извесково-глинозёмистого комплекса, 7 – гранат-биотитовый гранодиорит Калгутинского массива, 8 – двупироксеновые амфибол-биотитовые граниты Курчумского массива; Памир: 9 – двуслюдяные граниты Памирско-Шунгайского плутона; Забайкалье: 10 – биотиовые граниты борщёвочного комплекса, 11 – биотитовые граниты урулюнгаевского комплекса; Олёкминский Становик: 12 – биотитовые адамеллиты олёкминского комплекса, 13 – биотитовые граниты олёкминского комплекса, 14 – двуслюдяные граниты олёкминского комплекса; Алданский щит: 15 – лейкосома мигматитов; Большой Кавказ: 16 – лейкосома мигматитов (р. Тызыл), 17 – биотитовые граниты Тызыльского массива, 18 – лейкосома плагмомигматитов (Куртык), 19 – биотитовый лейкогранит Куртыкского массива, 20 – биотитовый гранит Уллукамского массива, 21 – двуслюдяные граниты Кти-Тебердинского массива (1 фаза), 22 – биотитовые лейкограниты Кти-Тебердинского массива (2 фаза); Высокие Гималаи: 23 – битоитовые граниты Манаслу; Англия: 24 – двуслюдяные граниты Корнубианского батолита; Франция:

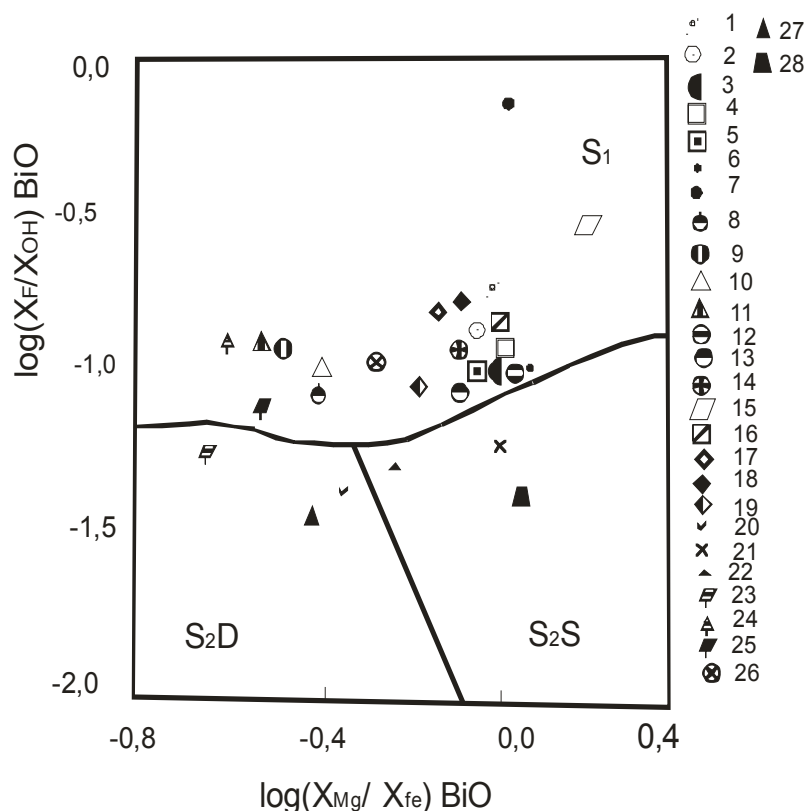


Рис. 1. Дискриминационная диаграмма $\log(X_F/X_{OH}) - \log(X_{Mg}/X_{Fe})$ в биотитах по [3] для гранитоидов коллизионных обстановок и комплексов метаморфических ядер

25 – двуслюдяные лейкограниты плутона Лимузен (Центральный Французский массив); Австралия: 26 – биотитовые граниты плутона Кума (Новый Южный Уэльс); Прибайкалье: 27 – лейкограниты пластообразных залежей шаранурского комплекса, 28 – лейкограниты даек шаранурского комплекса.

S_2S – «стресс»-граниты – это синсдвиговые («strike slip») граниты, преимущественно дайковой и жильной фации, локализующиеся в плоскостях вязких разломов и срывов, а также оперяющие жилы и дайки, контролируемые оперяющими разломами, ориентированными под углами 20–45 ° к плоскостям сдвигов.

«Дуплекс»-граниты S_2D формируют пластообразные залежи, локализованные вместе с супракрустальной инфраструктурой, нередко меланжированной в виде структур «пальмового дерева». Вмещающая Инфраструктура может быть представлена кристаллическими сланцами и гнейсами с пластами мраморов (Прибайкалье), или амфиболитов (Большой Кавказ). Образование этих структур обусловлено обстановкой транспрессии, возникающей при реализации сдвиговой деформации.

С анализируемыми гранитоидами (S_2D и S_2S) связаны различные типы оруденения. С «дуплекс»-гранитами связано молибденовое оруденение жильного типа (Уллукамское месторождение на Большом Кавказе, многочисленные месторождения Южного Китая, связанные с янь-шаньскими гранитоидами). Биотиты этих гранитов имеют более железистый состав.

Двуслюдяные лейкограниты уллукамского (р. Кыртык) и фаснальского (Ход, Фаснал) комплексов на Большом Кавказе локализовались в поле S_2 - типа (стресс-граниты) на диаграмме. В качестве акцессориев в них присутствуют ильменит и гранат и рассматриваются как восстановленные граниты. Эти гранитоиды размещены вблизи крупных разломов сдвиговой кинематики (Пшекиш-Тырныузской шовной зоны, Фаснальского разлома).

С гранитами «стресс» типа (S_2S) связано оруденение вольфрама, тантала, ниобия, бериллия. Биотиты этих гранитов имеют относительное обогащение магнием. С гранитоидами S_2S – типа связано крупное стратиформное шеелитовое месторождение Кти-Тебердинское на Большом Кавказе. Месторо-

рождение локализовано в экзоконтакте Кти-Тебердинского массива, развиваясь в метаморфических породах макерской серии. Основное прожилково-вкрапленное оруденение сосредоточено в полого падающих амфиболитах верхней толщи дуппукской свиты (PR). Мощности пластов варьируют от 2 до 32 м (в среднем 8-10 м) и протяжённости в впервые сотни метров. Основные запасы промышленного оруденения приурочены к участкам штокверкового прожилково-вкрапленного оруденения в гидротермально изменённых амфиболитах (в основном биотитизированных). В рудных телах выделяются 6 стадий позднепалеозойского возраста: биотит-актинолитовая, берилл-турмалиновая, грейзеновая, полевошпат-кварцевая, вольфрамит-шеелит-арсенопиритовая, пренит-шеелитовая, сульфидная. В киммерийский этап формировалась сульфидно-кальцитовая стадия. Рудные минералы представлены шеелитом, титанитом, апатитом, бериллом, касситеритом, вольфрамитом, анатазом, цирконом, ортитом, арсенопиритом, лёллингитом, пиритом, пирротинитом, халькопиритом, сфалеритом, пенталандитом, бравоитом, галенитом, самородным золотом, висмутином, самородным висмутом, блеклыми рудами, сульфосолями висмута и свинца, сульфосолями висмута и теллура. Жильные минералы в рудах: антигорит, актинолит, биотит, тальк, кварц нескольких генераций, альбит-олигоклаз, микроклин, турмалин, мусковит, хлорит, пренит, кальцит, эпидот, флюорит, анкерит. Основной рудный минерал – шеелит кристаллизовался во многих стадиях и даёт 3 основных генерации. Содержания триоксида вольфрама в рудах варьируют от 0,012 до 7,066 % (средние содержания 0,61-0,75 %). Запасы WO_3 на месторождении превышают 155 тыс. тонн.

Интерпретация результатов

Приведенные данные показывают, что по составу биотитов и геологическим данным S –тип гранитов в настоящее время подразделяется на 2 подтипа: S_1 – подтип,

автохтонные и параавтохтонные граниты и 2 – S_2 – подтип, палингенные «стресс»-граниты. Генерация гранитоидов S_1 и S_2 подгрупп отличаются по геологическим условиям залегания, составам биотитов и их флюидному режиму [2-5]. В составе последнего подтипа (S_2) выделяются 2 группы: $S_2 S$ – собственно «стресс» – граниты и $S_2 D$ – «дуплекс» – граниты. Обе группы гранитов относятся к рудогенерирующим и могут нести различные типы оруденения вольфрама, молибдена, тантала, ниобия, бериллия [2].

Заключение

S-тип гранитоидов по составу биотитов и геологическим условиям генерации подразделён на несколько подтипов и групп. Выделены 2 группы позднеколлизийных гранитоидов, различающиеся по условиям генерации и связанными с ними типами оруденения. Результаты исследования найдут применение для разделения громадных выходов S – типов гранитоидов в некоторых регионах, в которых подобные гранитоиды занимают площади тысячи км² (Большой Кавказ, Южный Китай и другие).

Список литературы

1. Гусев А.И. Типы гранитоидов Большого Кавказа и геодинамические обстановки их формирования // Бюллетень Московского Общества Испытателей Природы, отдел геол. – 1991. – Т.66. – Вып.2. – С.139.
2. Гусев А.И., Кузубов П.П. Петрогенетические типы и флюидный режим палеозойских гранитоидов Большого Кавказа // Отечественная геология. – 2001. – № 2. – С.42-48.
3. Гусев А.И. Петрология S-типов гранитов: материалы научной конференции «Проблемы геологии и геохимии юга Сибири». – Томск, 2000. – С.125-128.
4. Гусев А.И. Типизация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 4. – С.54-57.
5. Гусев А.И. Классификация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 4. – С.57-59.
6. Ляхович В.В. Состав минералов – индикатор происхождения пород // Минералогический журнал. – 1997. – Т. 9. – №1. – С. 16-24.
7. Barbarin B. A Review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments // Lithos. – 1999. – V. 46. – PP. 605-626.
8. Chappell B.W., White A.I.R. Two contrasting granite types // Pacific Geology. – 1974. – № 8. – P.173-174.

УДК 553.3/4:553.2

**ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ТАРДАНСКОГО РУДНОГО УЗЛА
ВОСТОЧНОЙ ТУВЫ****Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные по вещественному составу руд различных типов оруденения Тарданского рудного узла Восточной Тувы: комплексному золото-медно-скарновому с платиноидами, золото-сульфидно-кварцевому жильному, медно-золото-порфировому, жильно-прожилковому золото-сульфидно-штокверковому. В рудах Тарданского месторождения приведены данные по составу и элементам-примесям 3 генераций золота. Установлен унаследованный характер высокой восстановленности флюидов от магматогенного этап до продуктивного золото-сульфидного в скарнах Тарданского месторождения. Гидротермальный этап характеризовался высокой фугитивностью серы и низкой – кислорода.

Ключевые слова: геолого-промышленные типы оруденения, минеральный состав, генерации золота, флюидный режим, платина, палладий.

**GOLD ORE MINERALIZATION OF TARDANSKII ORE DISTRICT
OF EASTERN TUVA****Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data on material composition of ore different types of ore mineralization of Tardanskii ore district Eastern Tuva lead: complex gold-copper-skarn with platinum metals, gold-sulfide-quartz lode, copper-gold-porphyr, lode-stringer gold-sulfide stockwork. Data on composition and element-admixtures of 3 generation of gold lead. Inherited character of high reduction of fluid from magmatic stage to quick gold-sulfide stage in skarns of Tardanskoje deposit arranged. Hydrothermal stage characterized by high fugacity of sulfur and low- oxygen.

Keywords: geology-commercial types of ore mineralization, mineral composition, generation of gold, fluid regime, platinum, palladium.

Введение

Восточная Тува обладает различными полезными ископаемыми, из которых важное значение имеет эндогенное и россыпное оруденение золота. Последнее пространственно и парагенетически связано с магматизмом плагиигранитного ряда. Изучение рудных объектов в этом районе проводилось в 60-70 годы прошлого века и представления на перспективы этого рудного узла устарели. В настоящее время получены новые сведения о типах, вещественном составе и генетических особенностях оруденения золота Тарданского рудного узла. *Цель исследования* – обобщить и конкретизировать данные по типам и генетическим особенностям золотого оруденения Тарданского рудного узла.

Особенности и типы эндогенного оруденения золота рудного узла

Тарданский рудный узел приурочен к сочленению Тувинского устойчивого срединного массива с зоной Каахемского глубинного разлома и одноименной структурно-формационной зоной. Основное распространение золотого оруденения связано с Каахемским глубинным разломом и крае-

вой частью крупного Каахемского гранитного батолита по рекам Копто, Малый Копто, Бай-Сют. Основную рудогенерирующую роль играл глубинный магматический очаг, сформировавший раннепалеозойский Копто-Байсютский диорит-тоналит-плагиигранитный массив, серию даек диоритовых порфириров, спессартитов, метасоматиты и оруденение золота. Характерной особенностью гранитоидов Копто-Байсютского диорит-тоналит-плагиигранитного массива, в отличие от сходного Зубовского участка со значительно меньшей золотоносностью, являются аномальные параметры флюидного режима рудогенерирующих гранитоидов в сторону увеличения фугитивности воды и углекислоты, восстановленности магматогенных флюидов [4, 6, 7].

В пределах рудного узла развиты несколько геолого-промышленных типов оруденения: 1 – жильный золото-сульфидно-кварцевый, 2 – золото-медно-скарновый с магнетитом и гематитом, 3- золото-порфировый. Последний тип выделен нами впервые и представляет несомненный интерес в связи со своей масштабностью проявления в рудном узле и возможными крупными запасами золота.

Жильный золото-сульфидно-кварцевый тип оруденения формирует жилы и жильно-прожилковые зоны. Кварцевые жилы с карбонатами и сульфидами развиты преимущественно в гранитоидах, тяготея к эндоконтактовым частям интрузива, реже распространены во вмещающих вулканогенно-осадочных толщах кембрия (месторождения Проездное, Тардан – 2, Контактное и другие). Протяжённость жил 100-320 м, мощность от 0,1 до 1,6 м (в среднем 0,3-0,5 м). Простираение жил субмеридиональное, падение от вертикального до достаточно пологого (20-30°). Вмещающие породы слабо березитизированы, окварцованы, листвени-тизированы. Жилы сложены кварцем 2-х генераций. Кварц 1 генерации серовато-белый, массивный, крупнокристаллический или друзовидный. В нём присутствуют альбит, анкерит, кальцит, хлорит и пирит 1 генерации, образующий метакристаллы размерами от 0,5 до 2 мм. В зальбандах жил, реже в средней их части присутствует кварц 2 генерации, тесно ассоциирующий с пиритом, халькопиритом, марказитом, халькопиритом, блеклой рудой, галенитом, сфалеритом, редко – арсенопиритом и золотом. Такой кварц гетерогранобластовый, белый, иногда почти прозрачный. Сульфиды формируют гнёзда, линзы и прожилки. Содержание сульфидов варьирует от 5 до 12 %. Концентрации золота варьируют от 0.1 до 230 г/т. Золото образует чешуйки, зёрна неправильной формы размерами от 0.1 до 1 мм. Содержания серебра в рудах от следов до 40 г/т, висмута от 0,05 до 0,2 %.

Сульфидно-кварцевые жилы по простираению нередко переходят в линейные штокверки сближенных жил и прожилков на участках дробления гранитоидов в тектонических зонах. Мощность таких зон достигает 8-10 м. Состав рудных и жильных минералов аналогичен таковому в жилах.

Золото-порфировый тип оруденения приурочен к участкам сильной трещиноватости и дробления плагиогранит-порфиров и дайкам диоритовых порфиритов и спессартитов. Этот тип оруденения образует своеобразные штокверковые участки кварцевых прожилков и прожилково-вкрапленными выделениями кварца с пиритом, редко – арсенопиритом и свободным золотом. Золото-порфировый прожилково-вкрапленный тип оруденения формирует участки размерами от 40×120 м до 70×1000 м среди плагиогранит-порфиров.

Кварц ранней генерации образует среднезернистые агрегаты в более мощных прожилках и раздувах. Кварц 2 генерации появляется на участках скоплений сульфидов. Тонкие прожилки кварца мощностью 1-6 мм образуют своеобразную «сетку», в которой прожилки сопровождаются вкраплено-линзовидными и гнездовыми выделениями сульфидов. Пирит кристаллизовался в идее пентагон-додекаэдрических выделений размерами 0,1-0,3 мм. Дисульфид железа мышьяковистый, с повышенными концентрациями кобальта, висмута и серебра. Содержания золота в нём варьируют от 15 до 150 г/т. Содержания золота в рудах от 0,1 до 6 г/т. В местах появления арсенопирита концентрации золота увеличиваются до 10-20 г/т. Пробность золота колеблется от 910 до 955 %. Температура гомогенизации газожидких включений дорудного кварца 1 генерации – 320-300° С, а рудного кварца 2 генерации – 270-290° С.

Золото-медно-скарновый тип оруденения с магнетитом представлен несколькими месторождениями (Тарданским, Коптинским, Соруглугхемским) и рядом проявлений. Наиболее крупным и изученным является Тарданское месторождение [13, 14]. Оно приурочено к западной приконтактовой части Копто-Байсютского интрузива. Структура рудного поля относится к комбинированному типу, где сочетаются сближенные субпараллельные сбросо-сдвиговые зоны, рассекающие полого-погружающийся западный контакт Копто-Байсютского гранитоидного массива. На месторождении развиты магнезиальные и известковые скарны. Внутреннее строение скарнов-рудных залежей зональное: 1 – приконтактовые деформированные диориты, тоналиты, нередко амфиболизированные, хлоритизированные, карбонатизированные за счёт пироксен-плагиоклазовых околоскарновых пород; 2 – зона магнезиальных скарнов мощностью 1-5 м.; 3 – зона известковых скарнов с магнетитовыми рудами мощностью 3-70 м.; 4 – серпентинизированные форстеритовые кальцифиры и бруситовые (апопериклазовые) мраморы мощностью 100-200 м. Известковые скарны рассекают магнезиальные, местами замещают их, а сами, в свою очередь, замещаются после-скарновыми метасоматитами. Ассоциации флогопит-ксантофиллит-паргасит-мелилит-геленит-серпентиновых, магнетит-актинолит-хлорит-гематит-шабазитовых пород и

бруситовых кальцифиров отвечают преобразованным магнезиальным и известковым скарнам и могут рассматриваться как ретроградные скарновые изменения.

Исходные магнезиальные скарны магматического этапа сложены шпинелью, фассаитом, фассаит-форстеритовыми, доломит-фассаитовыми, форстеритовыми ассоциациями с примесью гистерогенных паргасита, флогопита, геленита, ксантофиллита, мелилита, серпентина. Известковые послемагматические скарны представлены диопсид-салитом, гроссуляр-андрадитом, скаполитом, волластонитом, везувианом с образованием пироксеновых, гранатовых, волластонитовых и пироксен-гранат-скаполитовых тел. Они содержат примеси наложенных послескарновых ретроградных минералов – актинолита-тремолита, магнетита, гематита, эпидота, хлорита, альбита, калиевого полевого шпата, пренита, талька, ломонтита, кварца нескольких генераций, кальцита, пирита, халькопирита и других более редких минералов.

Рудные тела в скарнах представлены зонами лиственитизации в магнезиальных и известковых скарнах с вкрапленно-прожилковыми, линзовидными, гнездовыми кварц-карбонатно-золото-сульфидными ассоциациями. Форма рудных тел контролируется тектонической трещиноватостью скарновых залежей и представлена линзовидной, гнездовой, столбообразной формой. Наиболее обогащёнными золото-сульфидной минерализацией оказались магнетитовые линзы и актинолит-хлоритовые апоскарновые метасоматиты, сформировавшиеся в зонах деформаций и замещения магнезиальных и известковых скарнов, являвшихся физико-химическими барьерами на пути движения гидротермальных растворов. Продуктивная минерализация размещена в скарнах крайне неравномерно. Количество сульфидов (пирит, пирротин, арсенопирит, молибденит, халькопирит, борнит, халькозин, тетраэдрит, сфалерит, висмутин, шапбахит, теллуrowисмутит, тетрадимит, алтаит) в скарново-рудных телах варьирует от 1 до 7 %.

Выделяются 3 генерации золота. Золото в рудах мелкое (0,07-0,3 мм). Первая генерация золота связана с наиболее высокотемпературными магнезиальными скарнами, где оно ассоциирует с мышьяковистым пиритом. Проба золота первой генерации 900-

920 ‰. В этом золоте примесями являются железо (0,5-1,5 %), медь (1-2 %). Пробность 2 генерации, ассоциирующей с арсенопиритом, борнитом, халькозином от 905 до 960 ‰. Элементы – примеси в золотилах 1 генерации представлены серебром (5-6%), медью (0,07-0,08 %), свинцом (0,002 %). Пробность более поздней 3 генерации 980-990 ‰. Золото третьей генерации ассоциирует с тетрадимитом, алтаитом. Примесями в нём являются: ртуть (1-3 %), теллур (0,5-1 %) и серебро (0,5-0,3 %).

В целом выделяется 3 этапа накопления золота и других металлов в процессе эволюции Тарданской магмо-рудно-метасоматической системы: 1 – высокотемпературный (800-650 °C) в магнезиальных скарнах магматического этапа; 2 – среднетемпературный (480-430 °C) в послескарновых ретроградных метасоматитах; 3 – средне-низкотемпературных наложенных на скарны метасоматитах, связанных с лиственитизацией и сульфидизацией, а также кварц-карбонатно-сульфидных прожилках и гнездах (320-120 °C).

По данным инверсионно-вольтамперометрического анализа в скарновых образованиях Тарданского месторождения обнаружены платина и палладий [12].

Магнезиальные и известковые скарны, не содержащие магнетит-сульфидной минерализации, характеризуются обычно фоновыми содержаниями платиноидов: 5-10 мг/т Pt и 4-15 мг/т Pd. Высокие концентрации этих элементов характерны для лиственитизированных и сульфидизированных скарнов: они содержат 8-22 г/т Au, 1-33 г/т Pt, 0,25 г/т Pd. Отношения Pt/Pd в минералах разных ассоциаций показали такие цифровые данные: 0,5-3,2 для магнетитовых руд и 39-943 для лиственитизированных и сульфидизированных скарнов. Это свидетельствует в пользу значительного накопления платины в минеральных ассоциациях позднескарновых и послескарновых образований по сравнению с палладием [12].

На диаграмме $fS_2 - fO_2$ чётко прослеживаются генетические особенности скарнового и гидротермального этапов месторождения, где отчётливо наблюдается высокая фугитивность серы и низкая – кислорода для Тарданского и Ульменского месторождений, содержащих ранние магнезиальные скарны, по сравнению с другими скарновыми объектами Алтая и Горной Шории (рис. 1).

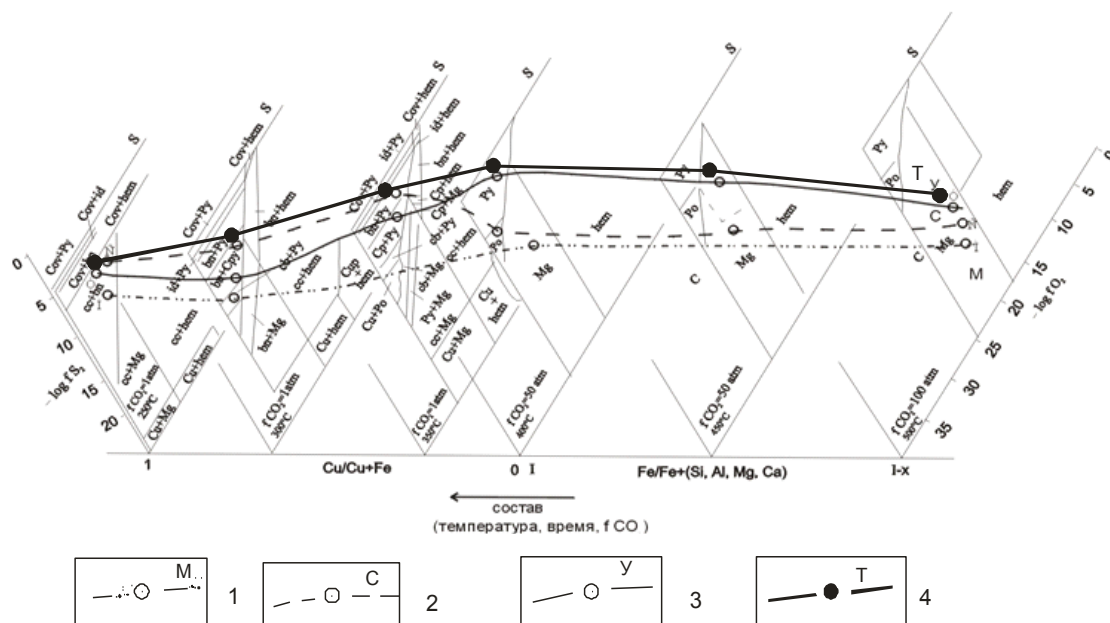


Рис. 1. Диаграмма fS_2 - fO_2 систем Fe-S-O и Cu-Fe-S по [15, 16] для золото-медно-скарновых и скарново-железорудных месторождений IOCG класса Алтае-Саянской складчатой области (составлена автором с использованием данных вышеперечисленных исследователей).

Месторождения Алтае-Саянской складчатой области: 1 – Майское (Горная Шория), 2 – Синюхинское (Горный Алтай), 3 – Ульменское (Горный Алтай), 4 – Тарданское (Тува).

На диаграмме $\log S_2 - T^\circ C$ установлено, что формирование оруденения на месторождении Тардан протекало в две стадии: раннюю кварц-пирит-пирротиновую с арсенопиритом и позднюю кварц-халькопирит-борнитовую с молибденитом и золотом. При этом гомогенизация газовой-жидких включений в кварце 1 генерации в ассоциации с гексагональным пирротинитом и арсенопиритом происходит в интервале от 285 до 320°C. Температура гомогенизации газовой-жидких включений кварца второй генерации в ассоциации с халькопиритом и борнитом гораздо ниже и составляет 240-260°C. При такой смене термодинамических условий формирования оруденения от ранней к поздней стадии происходит заметное увеличение активности серы гидротермальных растворов ($\log a_{S_2}$ от -14,3 – -13 до -9,2 – -8,3) (рис. 2).

Интерпретация результатов

Приведенные новые данные по золото-му оруденению Тарданского рудного узла показывают, что в нём проявлены типы оруденения, весьма близкие по морфологическим особенностям и геолого-промышле-

ным характеристикам к таковым Синюхинского рудного поля в Горном Алтае, где также основной золото-медно-скарновый тип оруденения сопровождается медно-золото-порфировым, жильным и жильно-штокверковым типами оруденения золота [1-3, 5]. Кроме, того Тарданское месторождение в связи со значительным количеством в рудах гематита и магнетита следует относить к железо-оксидному медно-золоторудному классу (IOCG) месторождений, который за рубежом привлекает пристальное внимание исследователей по причине комплексности руд [4]. По соотношению золота, меди и серебра в рудах месторождение Тардан следует относить к комплексным «би-продуктивным» объектам, как и Синюхинское месторождение Горного Алтая [6], с которым наблюдаются некоторые сходные черты. Помимо золота в рудах Тарданского месторождения промышленные содержания имеют платина и палладий, что также характерно и для Синюхинского месторождения в Горном Алтае [7].

Отличительной особенностью Тарданской магмо-рудно-метасоматической системы (МРМС) является унаследованный характер восстановленности от магматогенных флюидов к скарновому этапу становления МРМС и вплоть до гидротермального продуктивного «полиметалльного» (Au, Cu, Mo, Bi, Ag, Pt, Pd) этапа.

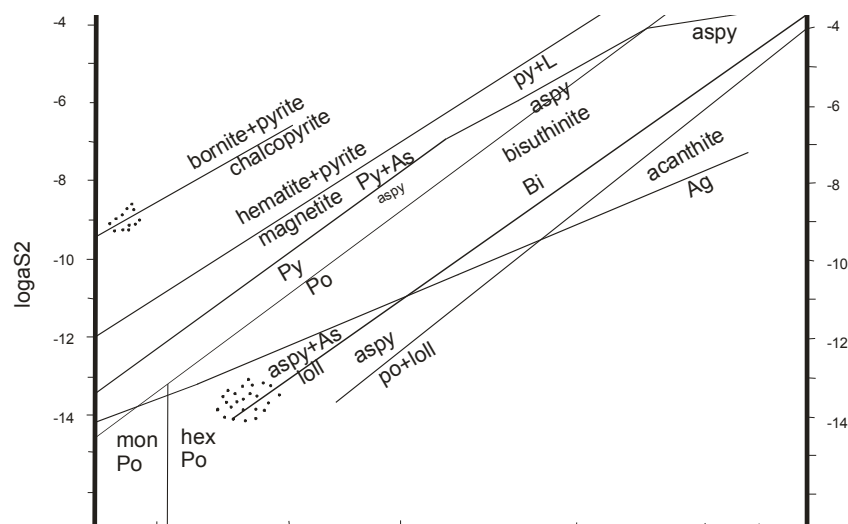


Рис. 2. Диаграмма a_{S_2} – температура для стадий Тарданского месторождения по [15]
 Py – пирит, po – пирротин, aspy – арсенопирит, loll – лёллингит, L – жидкость.
 Сгущением точек показаны поля соотношений активности серы и температур для разных стадий.

Из рассмотренных объектов Тараданская МРМС отличается самой высокой фугитивностью серы и низкой кислорода, что также свойственно сильно восстановленным золоторудным системам [8, 9]. Непосредственно в продуктивном гидротермальном этапе от ранней к поздней стадии происходит заметное увеличение активности серы гидротермальных растворов при формировании месторождения Тардан.

Заключение

Таким образом, в Тарданском рудном узле развиты 4 типа оруденения: жильное золото-сульфидно-кварцевое, медно-золото-порфировое, жильно-прожилковое штокерковое золото-сульфидное и медно-золото-скарновое с платиноидами. Тарданское месторождение относится к комплексному типу «би-продуктивных» объектов восстановленного типа с высокой фугитивностью серы во флюидах.

Список литературы

1. Гусев А.И. Интрузивный магматизм Синюхинского золоторудного узла // Геология и геофизика. – 1994. – №11. – С.28-40.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Золото-генерирующие рудно-магматические системы Горного Алтая // Руды и металлы. – 1998. – №2. – С.67-78.
3. Гусев А.И. Геология и золото-медно-скарновое оруденение Синюхинского рудного поля в Горном Алтае // Руды и металлы. – 1998. – №2. – С.79-90.
4. Гусев А.И., Гусев Е.А. Некоторые петрохимические особенности золотоносных гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области // Руды и металлы. – 2000. – №5. – С. 25-32.

5. Гусев А.И. Месторождения спекулярита Горного Алтая // Руды и металлы. – 2007. – № 2. – С.33-42.
6. Гусев А.И. Петрология золотогенерирующего магматизма. – М.: Изд-во РАЕ, 2012. – 160 с.
7. Гусев А.И. Металлогения золота: на примере Горного Алтая и Горной Шории. – Gamburgh: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 370 с.
8. Гусев А.И., Гусев Н.И. Флюидный режим и петрология шошонитовых гранитоидов супергигантского золоторудного месторождения Мурунтау // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6 (часть 1). – С. 13-18.
9. Гусев А.И., Гусев Н.И., Красова А.С. Восстановленная интрузивно-связанная Чойская магно-рудно-метасоматическая W-Au-Te система Горного Алтая // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 3. – С. 23-27.
10. Гусев А.И. Золото-порфировое оруденение Черёмуховой Сопки Синюхинского рудного поля (Горный Алтай) // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 1. – С.94-98.
11. Гусев А.И. Типизация золото-содержащих скарновых объектов Горного Алтая // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 11. – С. 108-113.
12. Коробейников А.Ф. Комплексные месторождения благородных и редких металлов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 327 с.
13. Коробейников А.Ф., Ананьев Ю.С., Гусев А.И. Мантйно-коровые рудообразующие системы, концентрирующие благородные металлы. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 262 с.
14. Коробейников А.Ф., Ананьев Ю.С., Гусев А.И. и др. Рудно-метасоматическая и геохимическая зональность золоторудных полей и месторождений складчатых поясов Сибири. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 458 с.
15. Barton P.B., Skinner B.J. Sulfide mineral stabilities // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – New York. – 1979. – P.278-403.
16. Holland H.D. Some applications of thermochemical data to problems of ore deposits. I. Stability relations between the oxides, sulfides, and carbonates of ore and gangue minerals // Economic Geology. – 1959. – V. 54. – P.184-233.

УДК 553.3/4.078:553.2:551.73

ПЕТРОЛОГИЯ КИРИЛЛОВСКОГО ШТОКА ГОРНОГО АЛТАЯ**Гусев А.И., Гусев Н.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукиина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены петро-геохимические данные по магматитам Кирилловского штока Горного Алтая. Выделены 5 фаз внедрения. Описаны габбро, субщелочные кварцевые диориты, плагиограниты, граниты и субщелочные двуполовошпатовые граниты. Породы отнесены к анорогенному A2 – типу, сформировавшемуся в процессе функционирования плюма. Рапславы сформировались за счёт плавления амфиболитов и граувакк. Выявлены два типа фракционирования РЗЭ – М- и W-типы.

Ключевые слова: анорогенные гранитоиды, плюмтектоника, плавление амфиболитов и граувакк, тетрадный эффект фракционирования М- и W-типов.

PETROLOGY OF KIRILLOVSKII STOCK OF MOUNTAIN ALTAI**Gusev A.I., Gusev N.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data of petro-geochemistry on magmatic rocks of Kirillovskii stock of Mountain Altai lead. 5 phases of intrusion detached. Gabbro, subalkalic quartz diorites, plagiogranites, granites and subalkalic two feldspar granites describe. Rocks carry to anorogenic A2-type that it form in process of function of plum. Melts formed for melting of amphibolites and greywacke. The two types tetrad effect fractionation of REE- M- and W.

Keywords: anorogenic granitoids, plume tectonic, melting of amphibolites and greywacke, tetrad effect fractionation of REE M- and W.

Введение

Петрологические особенности интрузивных образований имеют важное значение для понимания генезиса и потенциальной их рудоносности. По некоторым аспектам петрографического состава и химизма возможно выявление источников выплавления магм и эволюции глубинных очагов. Они дают важные сведения и о геодинамических обстановках формирования интрузий. *Цель исследования* – выявить петрологические особенности Кирилловского штока Горного Алтая и определить генетические аспекты его генерации.

Петрология Кирилловского штока

Кирилловский интрузивный шток располагается в правом борту р. Кумир (левый приток реки Чарыш) в Горном Алтае. Габбро-гранитоидные образования штока отнесены к майорскому комплексу среднего девона и включены в состав Владимирского ареала. В этом районе комплекс представлен Еловским, Владимирским, Тимофеевским и Кирилловским гипабиссальными массивами, ассоциирующими с девонскими вулканогенно-осадочными образованиями и приуроченными к зоне Еловского разлома. В составе интрузивных массивов ареала выделялись ранее 3 фазы внедрения.

Детальное обследование показало, что Кирилловский шток сложен 5 фазами вне-

дрения: первая фаза комплекса – авгит-гиперстен-амфиболовые габбро средне-крупнозернистые темно-зелёной окраски с габбровой и офитовой микроструктурами; вторая фаза представлена субщелочными биотит-амфиболовыми кварцевыми диоритами серой окраски с зеленоватым оттенком диоритовой микроструктуры. Плагиоклаз в габбро – лабрадор, а в диоритах – андезин-олигоклаз, пироксены – авгит и гиперстен, псевдоморфно замещаются обыкновенной роговой обманкой, которая, в свою очередь, замещается хлорит-актинолитовым агрегатом.

Третья фаза встречается редко; это биотит-роговообманковые гранодиориты, местами пересекающие кварцевые диориты и содержащие ксенолиты габброидов; они средне-мелкозернистые, зеленовато-серые, розовато-серые, с массивной и пятнистой текстурами, гипидиоморфнозернистой, пойкилитовой микроструктурами.

Четвёртая фаза: плагиограниты и граниты серые и розовые средне-мелкозернистые, реже средне- и крупнозернистые биотитовые амфиболсодержащие (рибекит) с гранитовой, гипидиоморфнозернистой, микрографической структурами. Для биотита характерна мечевидная форма выделений. Амфибол – рибекит, как и во всех породах комплекса, замещается актинолитом и хлоритом.

Пятая фаза представлена субщелочными двуполевошпатовыми рибекитовыми гранитами розовой окраски, мелкозернистыми, местами порфировидными с вкрапленниками альбит-олигоклаза.

Основные акцессории в породах: ильменит, сфен, циркон, пирит, пирротин. В целом по составу акцессориев они относятся к ильменитовой серии по [12].

Химический состав породных типов Кирилловского массива приведен в табл. 1.

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	47,42	49,75	50,48	52,81	57,3	59,36	62,9	68,1	71,59	72,31	68,84
TiO ₂	1,49	1,12	2,48	1,1	1,56	0,94	0,6	0,3	0,26	0,26	0,26
Al ₂ O ₃	15,56	20,34	19,01	17,02	16,9	18,4	16,16	13,81	14,2	14,33	14,55
Fe ₂ O ₃	4,68	2,89	2,41	4,22	2,8	5,03	3,35	1,41	2,04	1,25	1,2
FeO	7,58	6,48	6,31	3,39	3,01	3,22	3,03	2,1	1,44	1,58	2,35
MnO	0,15	0,13	0,1	0,08	0,03	0,04	0,03	0,04	0,12	0,12	0,04
MgO	7,85	3,25	3,54	4,05	3,14	1,42	0,77	0,2	0,3	0,25	0,29
CaO	10,27	8,16	7,46	6,74	7,28	2,84	2,85	2,96	1,42	1,76	1,72
Na ₂ O	2,48	3,94	4,44	5,92	6,39	7,54	8,41	6,11	4,82	6,2	6,65
K ₂ O	0,48	1,1	1,11	0,29	0,29	0,19	0,29	1,88	2,81	0,94	3,27
P ₂ O ₅	0,19	0,34	0,32	0,27	0,5	0,41	0,19	0,1	0,07	0,06	0,03
V	220	225	230	240	137	130	120	17	13,0	11,0	12
Cr	210	200	120	80	8,8	8,2	5,5	3,5	5,0	2,5	4,5
Co	50	49	46	44	14,8	14,1	9,4	7,4	3,0	3,8	2,5
Ni	92	85	61	40	8,3	8,1	5,1	4,8	2,5	2,4	2,3
Cu	51	45	35	20	7,2	7,5	7,3	7,7	5,1	2,7	4,6
Zn	85	84	93	102	14,3	14,1	12,5	10,3	12,5	8,5	13,5
Rb	18,5	18,2	16,7	15,1	6,2	7,0	10,0	65	87	70	75
Sr	325	310	290	275	243	245	210	120	150	123	145
Nb	4,5	6,1	7,2	9,3	11,7	12,0	11,8	14,1	13,2	13,5	13,1
Cs	1,2	1,4	1,7	1,9	0,21	0,3	0,4	3,8	4,0	3,5	3,9
Ba	120	125	124	130	95	100	98	85	130	93	125
Pb	8,5	6,3	5,8	5,3	1,9	2,2	2,5	3,5	4,2	3,8	4,0
Th	1,5	1,7	2,0	2,6	5,2	4,8	5,7	15	17,0	16,0	16,5
La	11,0	14,5	16,8	17,3	27,4	27,2	28,2	47,1	42,5	48,2	41,7
Ce	22,1	20,8	28,3	32,0	72,2	71,8	72,4	82,0	89,7	81,5	91,0
Pr	3,1	3,5	3,8	4,3	10,8	10,6	11,8	9,7	11,8	9,9	12,5
Nd	13,2	14,1	16,1	17,1	56	55	58,2	29,5	45,5	30,1	47,0
Sm	3,1	3,3	3,5	4,3	13,5	13,3	14,5	4,5	11,8	4,6	12,5
Eu	1,0	1,2	1,3	1,4	2,54	2,5	2,0	0,9	0,8	0,8	0,88
Gd	3,4	4,0	5,0	5,1	13,8	13,7	14,1	3,8	11,6	3,9	12,1
Tb	0,51	0,6	0,7	0,8	2,22	9,3	10,0	0,55	2,1	0,6	2,2
Dy	3,5	4,0	4,2	4,8	13,1	13,0	13,2	3,1	15,0	3,0	15,2
Ho	0,7	0,8	0,9	1,1	2,69	2,7	2,9	0,66	3,1	0,7	3,3
Er	1,8	1,9	2,1	2,4	7,9	8,0	7,5	1,82	10,5	1,85	10,7
Tm	0,25	0,3	0,4	0,5	0,98	0,96	0,8	0,33	1,5	0,34	1,8
Yb	1,7	2,2	2,8	3,5	5,95	5,9	4,5	1,9	2,2	2,0	2,5
Lu	0,27	0,3	0,33	0,4	0,77	0,72	0,6	0,32	0,36	0,31	0,35
Y	22	28	32	34	70,9	69,5	63,2	20,9	22,1	21,1	21,5
Ga	14,5	16,2	17,0	17,1	18,9	19,0	19,5	24,1	31,2	24,5	30,7
Zr	94	110	122	123	158	155	170	235	302	228	305
Sc	52	48	43	44	19,8	19,5	12,5	13	6,6	12,5	6,5
Hf	2,1	2,5	3,0	3,1	4,36	4,2	4,0	5,5	6,5	5,3	6,7
Ta	0,24	0,3	0,4	0,43	0,69	0,7	0,6	1,1	2,1	1,2	2,0
Mo	<0,6	<0,6	0,6	0,65	<0,6	0,6	0,6	1,4	1,3	1,5	1,1
Sb	0,3	0,3	0,35	0,4	0,37	0,4	0,5	0,8	1,0	1,0	0,9
Sn	1,1	1,0	1,5	1,8	4,8	4,5	5,1	2,5	3,5	3,0	3,5
Be	1,0	1,1	1,2	1,3	3,66	3,5	3,6	4,3	5,5	4,5	5,7
W	0,8	0,9	1,0	1,1	<0,5	0,5	0,6	0,7	1,1	0,9	1,0

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U	0,3	0,35	0,45	0,5	2,2	2,1	2,5	2,0	2,1	2,5	2,3
Li	4,7	4,3	4,0	3,8	3,3	3,5	3,8	4,4	4,9	4,5	5,0
Σ REE	87,63	99,5	118,2	129,0	300,7	304,2	303,9	208,1	270,5	208,9	275,2
U/Th	0,2	0,21	0,22	0,19	0,42	0,44	0,44	0,13	0,12	0,16	0,14
Nb/Ta	18,75	20,3	18,0	21,6	17,0	17,1	19,7	12,8	6,3	11,3	6,6
Eu/Eu*	0,95	1,02	0,96	0,92	0,57	0,56	0,43	0,66	0,21	0,57	0,22
La/Yb _N	4,27	4,35	3,96	3,26	3,04	3,04	4,14	16,4	12,75	15,92	11,0
La/Sm _N	2,17	2,69	2,94	2,46	1,24	1,25	1,19	6,41	2,2	6,42	2,04

Примечание. Силикатные анализы выполнены в Лаборатории СО РАН (г. Новосибирск). Анализы на малые элементы выполнены в Лаборатории ИМПГЭ (г. Москва) методами ICP-MS и ICP-AES. Значения РЗЭ нормированы по хондриту по Anders E., Greevesse N. [7]. Σ РЗЭ – сумма редкоземельных элементов. $Eu^* = (Sm_N + Gd_N)/2$. Породы Кирилловского штока: 1-4 – габбро; 5-7 – субщелочные кварцевые диориты; 8, 11 – плагиограниты; 9 – субщелочной двуполевошпатовый гранит; 10 – гранит.

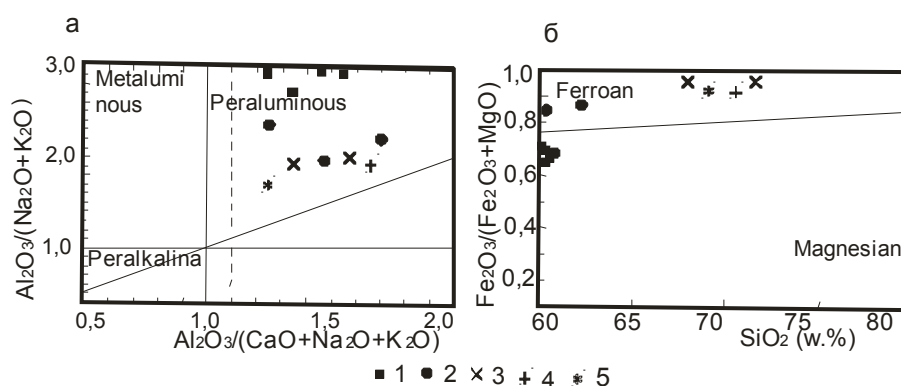


Рис. 1. а – диаграмма $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ по [13] и б – диаграмма $SiO_2 - Fe_2O_3/(Fe_2O_3+MgO)$ по [15] для пород Кирилловского штока
1 – Габбро, 2 – субщелочные кварцевые диориты, 3 – плагиограниты, 4 – граниты, 5 – субщелочные двуполевошпатовые граниты

В целом породы Кирилловского штока характеризуются повышенными концентрациями натрия, алюминия, галлия и пониженными – калия, рубидия, тантал. Во всех разностях отмечается преобладание натрия над калием. U/Th отношения в породах ниже 1 и свидетельствуют о незначительных наложенных изменениях пород. Нормированные отношения $(La/Yb)_N$ умеренные для ранних и высокие для заключительных фаз плагиогранитов, гранитов, умереннощелочных двуполевошпатовых гранитов, указывая на высокую дифференцированность распределения РЗЭ.

Соотношения главных компонентов в породах позволяют относить их к пералюминиевому типу, а соотношение кремнекислотности и железа к магнию позволяют рассматривать габброиды магнезиальными разностями, а все остальные породы – железистыми (рис. 1).

По соотношениям Y-Nb-Ga все породы Кирилловского штока относятся к A_2 – типу анорогенных гранитоидов (рис. 2). Они попадают в поле A_2 гранитов, геодинамическая обстановка которых близка к функционированию плюма.

На диаграммах соотношений компонентов, определённых для экспериментальных расплавов, большая часть ранних породных типов попадает в поля плавления амфиболитов и небольшая часть кислых дериватов – в поле плавления граувакк (рис. 3).

Кислые породы Кирилловского штока располагаются на максимуме степени известково-щелочного фракционирования ортоклаза и альбита. Экспериментально установлено, что этой ситуации могут отвечать: уменьшение щёлочности в процессе взаимодействия вода-породы или небольшая степень ассимиляции пелитов, которые и будут легко увеличивать показатель A/CNK ,

что и имеет место для конечных дифференциатов Кирилловского штока (рис. 3 д).

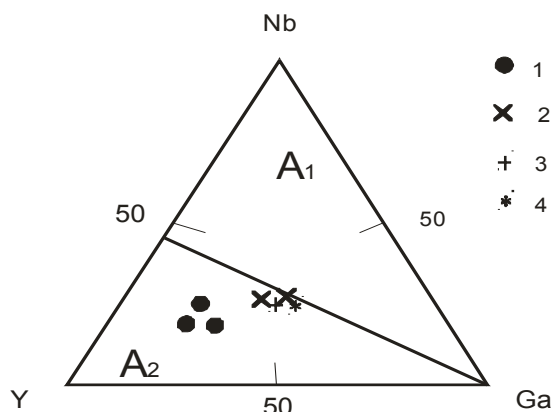


Рис. 2. Диаграмма Y-Nb-Ga по Дж. Эби [8] для гранитоидов Кирилловского штока

1 – Поля гранитоидов по Дж. Эби [8]:
 A_1 – анорогенные гранитоиды
 A_1 – типа постколлизии обстановок;
 A_2 – анорогенные гранитоиды
 A_2 – типа мантийных горячих точек и плюмов. Породы Кирилловского штока: 1 – субщелочные кварцевые диориты, 2 – плагиограниты, 3 – граниты, 4 – субщелочные двуполевошпатовые граниты

В породах Кирилловского штока проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ, варьирующий от 0,88 до 1,49 (табл. 2).

На диаграмме Y/No – $TE_{1,3}$ устанавливаются два противоположных тренда увеличения тетрадного эффекта (ТЭФ) М- типа и уменьшения ТЭФ W-типа (рис. 4).

Интерпретация результатов

Приведенные результаты показывают, что по присутствию в гранитоидах щелочной роговой обманки – рибекита, магматиты Кирилловского штока должны относиться к анорогенному типу. И по химизму анализируемые породы попадают в поле A_2 гранитов, как и все породы майорского комплекса в Абайском грабене [3], Майорском ареале [2], а также анорогенные гранитоиды елиновско-бутачихинского комплекса в Солонешенском рудном районе [4 – 6]. Магматиты Кирилловского штока произошли в результате преимущественного плавления амфиболитов и в меньшей степени – граувакков. Появление тетрадного эффекта фракционирования М- и W- типов свидетельствует о различной насыщенности магматогенных флюидов летучими компонентами – водой и HF, HCl, HBO_3 [1].

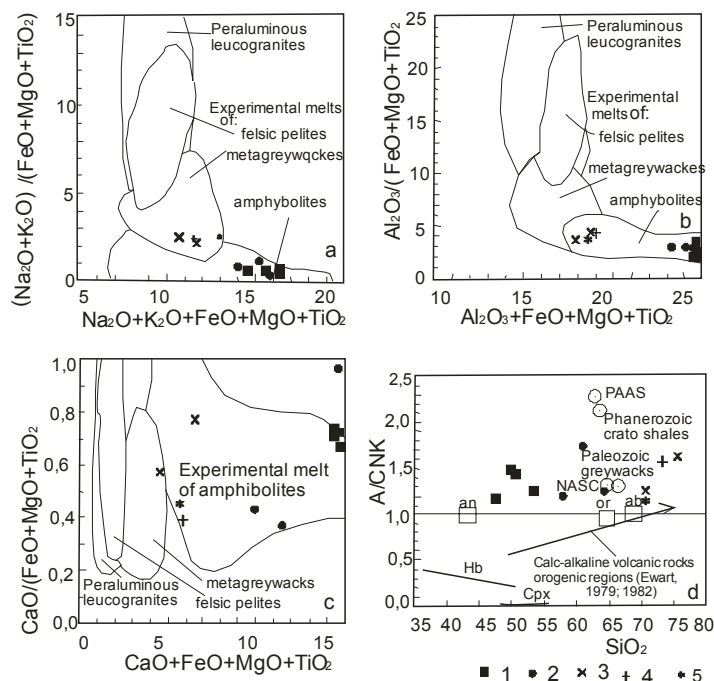


Рис. 3. (a), (b), (c) – диаграммы композиционных экспериментальных расплавы из плавления фельзитических пелитов (мусовитовых сланцев), метаграувак и амфиболитов по [14] для пород Кирилловского штока; (d) – диаграмма SiO_2 – A/CNK для пород Кирилловского штока. Тренд известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов по [9, 10]. A – Al_2O_3 , CNK – сумма CaO, Na_2O , K_2O . Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Таблица 2

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ

Отношения элементов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Отношения в хондритах
Y/Ho	31,4	35	35,6	30,9	26,4	25,7	21,8	31,7	6,5	7,1	30,1	29,0
Zr/Hf	44,7	44	40,7	39,7	36,2	36,9	42,5	42,7	45,5	46,5	43	36,0
La/Nb	2,4	2,4	2,3	1,9	2,4	2,3	2,4	3,3	3,2	3,2	3,6	30,75
La/Ta	45,8	48	42	40,2	39,7	38,9	47	42,8	21	20	40	17,57
Sr/Eu	325	258	223	196	96	98	105	133	165	187	154	100,5
Eu/Eu*	0,95	1,02	0,96	0,92	0,57	0,56	0,43	0,66	0,22	0,21	0,57	0,32
TE _{1,3}	0,96	0,89	0,88	0,93	0,96	1,48	1,49	0,98	1,0	1,03	0,97	-

Примечание. Породы Кирилловского штока: 1-4 – габбро; 5-7 – субщелочные кварцевые диориты; 8, 11 – плагиограниты; 9 – субщелочной двуполевошпатовый гранит; 10 – гранит. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ (среднее между первой и третьей тетрадами) по В. Ирбер [11].

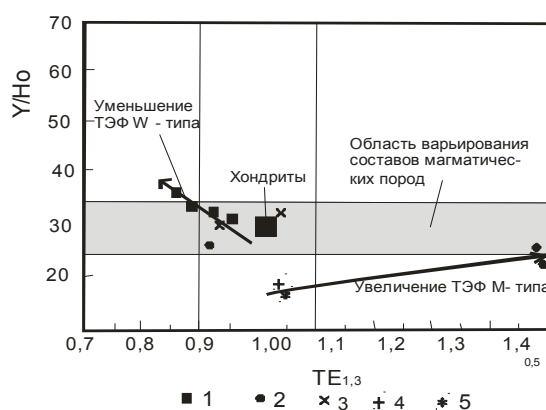


Рис. 4. Диаграмма Y/Ho – TE_{1,3} для магматитов Кирилловского штока

Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Заключение

Таким образом, магматиты Кирилловского штока относятся к анорогенному типу A₂, характерному для плюмовых обстановок. Для ранних фаз реконструируется плавление амфиболитов, а для более поздних – плавление и граувакк. Различная насыщенность и активность летучих компонентов в магматогенных флюидах подтверждается проявлением ТЭФ РЗЭ М- и W-типов.

Список литературы

1. Гусев А.И., Гусев А.А. Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов и его использование в решении проблем петрологии гранитоидов // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 5. – С. 45-49.
2. Гусев А.И. Анорогенные щелочные гранитоиды майорского комплекса Горного Алтая // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 8. – С. 63-67.
3. Гусев А.И., Гусев А.А. Анорогенные гранитоиды Абайского массива Горного Алтая: петрология и геохимия

// Успехи современного естествознания. – 2012. – № 9. – С. 58-63.

4. Гусев А.И., Гусев Н.И. Петрология и рудоносность анорогенных щелочных гранитоидов Елиновского массива Горного Алтая // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 2. – С. 64-68.

5. Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М., Дзгоева Е.А., Кукоева М.А. Петрология и рудоносность магмо-рудно-метасоматических систем Солонешенского рудного района Алтая. – Бийск: АГАО, 2013. – 204 с.

6. Гусев А.И. Постколлизийные и анорогенные гранитоиды Алтая. – М.: Изд-во РАЕ, 2013. – 140 с.

7. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – V. 53. – PP. 197-214.

8. Eby G.H. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications // Geology. 1992. – Vol. 20. – P. 641-644.

9. Ewart A. A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary – Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic rocks. – Trondjemites, Dacites and Related Rocks. – Amsterdam, 1979. – PP. 13-121.

10. Ewart A. The mineralogy and petrology of Tertiary – Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. – Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. – Chichester, 1982. – PP. 25-95.

11. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Cosmochim Acta. – 1999. – V. 63. – №3/4. – P. 489-508.

12. Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks // Min. Geol. – Tokyo. – 1977. – V. 27. – P. 293-305.

13. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // Geological Soc. America Bulletin. – 1989. – V. 101. – PP. 635-643.

14. Patiño Douce A.E. What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origins of granitic magmas? // Geol. Soc. London, Spec. Publ. – 1999. – V. 168. – PP. 55-75.

15. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts // Trans. of Royal Soc. of Edinburgh Earth Science. – 1998. – V. 89. – P. 113-119.

УДК 553.3/.4.078:553.2:551.73

**ПЕТРОЛОГИЯ ПЛАГИОГРАНИТОИДОВ
КОПТИНСКОГО КОМПЛЕКСА ТУВЫ****Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные по петро-геохимии диоритов, тоналитов, плагиогранитов коптинского комплекса Восточной Тувы. Они классифицируются адакитовыми гранитоидами. Породы характеризуются пераллюминиевой и железистой спецификой химизма. Генерация их происходила в процессе мантийно-корового взаимодействия за счёт плавления амфиболитов, а на заключительных стадиях – и метаграувакк. Выявлены два типа тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ: М- и W типов. С гранитоидами связаны различные типы оруденения золота, меди, железа.

Ключевые слова: гранитоиды, диориты, тоналиты, плагиограниты, адакитовые гранитоиды, тетрадный эффект фракционирования РЗЭ, изотопы Sr, Nd, мантийно-коровое взаимодействие.

PETROLOGY OF PLAGOGRANITES OF KOPTINSKII COMPLEX TUVA**Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data on petro-geochemistry diorites, tonalities, plagiogranites of Koptinskii complex of Eastern Tuva lead. They classified by adakitic granitoids. Rocks characterized by peraluminous and ferrous specific of chemistry. Generation of its originated in the process of mantle-crust interaction for melting of amphibolites and final stage methagreywacks. Two types tetrad effect of fractionation REE discovered: M-and W-types. Different types ore mineralization of gold, copper and iron connected with granitoids.

Keywords: granitoids, diorites, tonalities, plagiogranites, adakitic granitoids, tetrad effect fractionation REE, isotopes Sr, Nd, mantle-crust interaction.

Введение

Плагиограниты представляют своеобразные интрузивные образования, имеющие специфические особенности состава, генезиса и металлогении. В Таннуольской островной дуге Тувы проявлены многочисленные плагиогранитоиды раннепалеозойского возраста, в пространственной ассоциации с которыми отмечаются месторождения и проявления золота жильного золото-сульфидно-кварцевого и золото-сульфидно-скарнового типов. Этот факт и обуславливает *актуальность проведения* петрологических исследований плагиогранитоидов этого региона. *Цель настоящего исследования* – выяснение петрологии плагиогранитоидов коптинского комплекса для объективного понимания их происхождения и рудоносности.

**Петро-геохимия и петрология
плагиогранитоидов Коптинского
комплекса**

Коптинский комплекс выделяется в составе крупного Каахемского батолита площадью более 30000 км². Дериваты комплекса обнажаются по рр. Копто, Малая Копто, Бай-Сют. В составе комплекса выделяется 4 фазы: 1 – габброиды, 2 – диоритоиды, 3 – тоналиты, 4 – плагиограниты. Преобладают диоритоиды и гранитоиды.

Диориты и кварцевые диориты – средне-крупнокристаллические породы с варьирующим составом (масс. %): плагиоклаз № 40-50 – 40-60, обыкновенная роговая обманка – 20-30, пироксен (салит) – 0-10, биотит – 2-5, кварц – 3-10, калиевый полевой шпат – 0-3. Акцессории – магнетит, сфен, апатит, циркон, сульфиды.

Тоналиты ботит-роговообманковые, крупно-среднекристаллические нередко с меланократовыми шлирами диоритового состава. Минеральный состав (масс. %): плагиоклаз № 20-28 – 65-75, кварц – 12-20, роговая обманка – 10-15, биотит – 5-8, клинопироксен – 0-2, калиевый полевой шпат – 2-4. Акцессории представлены более широким спектром минералов, чем в диоритах: магнетитом, апатитом, сфеном, цирконом, рутилом, ортитом, пиритом.

Плагиограниты – средне-мелкокристаллические породы с варьирующим составом (масс. %): плагиоклаз № 14-19 – 55-60, кварц – 20-30, биотит – 5-10, роговая обманка – 0-5, калиевый полевой шпат – 0-3. Набор акцессориев такой же, как и в тоналитах: магнетит, апатит, сфен, циркон, рутил, пирит. Не встречен ортит, но иногда присутствует гранат.

Абсолютный возраст плагиогранитов составляет 563±4 млн. лет, а Sr-Nd изотоп-

ные исследования демонстрируют значения $\varepsilon_{\text{Nd}}(\text{T})=6,5$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0=0,7041-0,7046$ [8]. Химический состав пород сведен в табл. 1.

В целом породы коптинского комплекса характеризуются низкими концентрациями TiO_2 , Nb, Ta, Rb, Y, Yb, Ga, суммы щелочей (3,7-6,6 %), преобладанием Na над K, повышенными количествами Cr, V, Ni, Co (табл. 1). Они характеризуются высокими отношениями Sr/Y, варьирующими от 13,2 до 93,3 с тенденцией увеличения к поздним фазам.

Высокие отношения $(\text{La}/\text{Yb})_N$ указывают на сильно дифференцированный тип распределения РЗЭ.

На диаграмме $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ фигуративные точки составов пород попадают в поле пералюминиевых разностей (рис. 1, а), а по соотношениям $\text{SiO}_2-\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO})$ все породные типы, кроме ранних диоритов, классифицируются железистыми разностями, а диориты – магнезиальными (рис. 1,б).

Таблица 1

Химический состав пород коптинского комплекса
(оксиды – масс. %, элементы – г/т)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	55,9	65,95	66,05	69,1	70,7	72,4	72,7
TiO_2	0,8	0,50	0,48	0,43	0,42	0,17	0,2
Al_2O_3	16,3	16,75	16,72	13,8	14,76	15,11	16,1
Fe_2O_3	3,15	2,4	2,42	1,82	1,37	1,42	1,4
FeO	4,85	4,0	3,8	4,12	3,15	0,75	0,8
MnO	0,15	0,22	0,21	0,14	0,11	0,06	0,1
MgO	4,6	1,2	1,15	1,36	0,95	0,3	0,3
CaO	7,65	4,95	4,92	4,7	4,1	2,3	2,2
Na_2O	3,7	4,25	4,3	3,42	3,41	4,6	5,2
K_2O	1,2	1,08	0,95	0,38	0,6	1,1	1,4
P_2O_5	0,21	0,2	0,18	0,15	0,08	0,06	0,07
Cr	95	42	40	28	25	15	35
V	83	52	51	35	33	28	40
Ni	20	27	25	23	22	18	21
Co	12	11	10	8	9	7,5	7,0
Zn	75	26	25	28	30	23	21
Pb	8,0	4,5	5,0	6,0	6,5	6,8	7,0
Sn	2,4	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,2
Mo	1,4	0,2	0,25	0,3	0,3	0,25	0,3
Be	0,8	0,3	0,4	0,5	0,6	0,45	0,5
Zr	95	50	48	60	52	50,5	55
Nb	3,5	4,8	4,7	5,0	4,9	4,7	5,1
Sr	120	420	410	380	395	405	420
Ba	195	300	290	270	278	310	315
Ga	10,5	5,5	6,7	7,5	8,0	8,5	9,0
Ge	0,9	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	0,5
Li	1,1	0,5	0,8	1,0	1,1	1,0	0,9
Sc	13,3	2,0	2,7	3,0	3,2	3,1	2,9
Rb	4,8	4,5	5,2	5,1	6,0	6,2	5,8
La	13,5	20,5	21,0	12,2	12,0	24,1	9,1
Ce	22,1	42,3	43,5	21,7	21,0	50,5	21,2
Pr	1,2	7,0	7,2	1,1	1,0	22,2	1,1
Nd	7,8	13,2	13,8	7,2	7,1	20,1	5,2
Sm	2,2	2,4	2,2	2,1	2,0	7,2	3,1
Eu	0,5	0,31	0,3	0,5	0,45	1,5	0,5
Gd	3,9	4,4	4,3	3,8	3,7	4,8	5,5
Tb	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7
Dy	2,8	1,5	1,6	2,6	2,5	3,0	3,5
Ho	0,6	0,6	0,65	0,5	0,5	0,8	1,2
Er	1,8	1,9	1,92	1,8	1,7	3,4	2,7
Tm	1,1	0,2	0,3	1,1	1,0	0,3	1,8
Yb	1,2	0,82	0,9	1,1	0,8	0,7	0,6
Y	9,1	8,7	8,8	9,0	7,9	11,5	4,5
Hf	0,75	0,8	0,7	0,75	0,7	0,85	0,7
Ta	0,43	0,3	0,25	0,25	0,26	0,23	0,22
(La/Yb) _N	7,43	16,51	15,44	7,31	9,89	20,96	10,03
Sr/Y	13,2	48,3	46,6	42,2	50,0	35,2	93,3

Примечание. 1 – диорит, 2, 3 – тоналиты, 4-7 – плагиограниты.

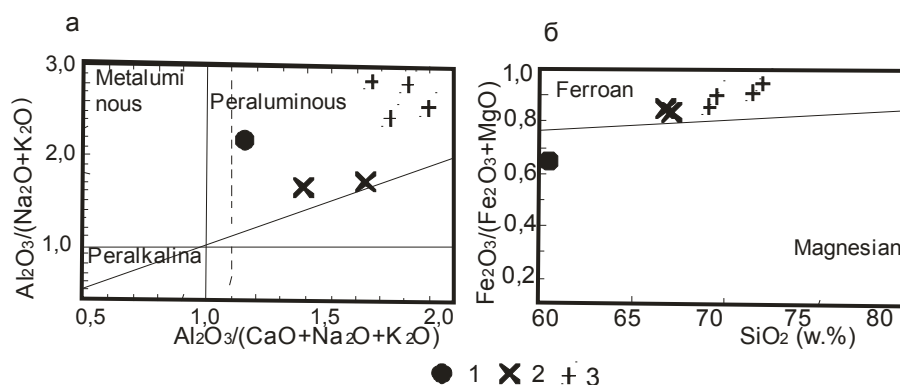


Рис. 1. а – диаграмма $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ по [14] и б – диаграмма $SiO_2 - Fe_2O_3/(Fe_2O_3+MgO)$ по [15] для пород коптинского комплекса. 1 – диориты, 2 – тоналиты, 3 – плагиограниты.

На диаграммах по экспериментальному плавлению различных источников положение составов пород коптинского комплекса указывает на их происхождение за счёт плавления амфиболитов и частично метаграувак (рис. 2). Ультракислые породы коптинского комплекса располагаются на максимуме степени известково-щелочного фракционирования ортоклаза и альбита (рис. 2, d). Экспериментально установлено, что этой ситуации могут отвечать следующие условия: уменьшение щёлочности в процессе взаимодействия вода-породы или небольшая степень ассимиляции пелитов, которые и будут легко увеличивать показатель A/CNK. Вероятно, именно ассимиляция пелитов и некоторое снижение общей щёлочности пород (Na_2O+K_2O для некоторых плагиогранитов снижается до 3,4 и 4,01 мас. %) и имели место в процессе генерации конечных дифференциатов коптинского комплекса – низкощелочных плагиогранитов. Плагиограниты на этой диаграмме близки к составам палеозойских кратонных сланцев (рис. 2, d).

В координатах Sr/Y – Y все породные типы коптинского комплекса попадают в поле адакитов (рис. 3), широко распространённых в пределах Центрально-Азиатского складчатого пояса [2].

В распределении редкоземельных элементов (РЗЭ) выявлены 2 типа тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ): М (значение $TE_{1,3}$ превышает 1,1) и W (значение $TE_{1,3}$ менее 0,9) (табл. 2). Ранее нами установлено, что проявление обоих типов тетрадного эффекта в одних и тех же геологических образованиях обусловлено весьма активной ролью различных летучих компонентов в магматогенных флюидах (H_2O , F, Cl, P_2O_5 , CO_2 и других) и образованием комплексных соединений, существенно влияющих на перераспределение РЗЭ [3-7].

Поля на диаграмме по [10]: Adakitic – Адакиты, Typical ARC rocks – породы типичных андезитов, риолитов, дацитов вулканических дуг. Остальные условные те же, что на рис. 1.

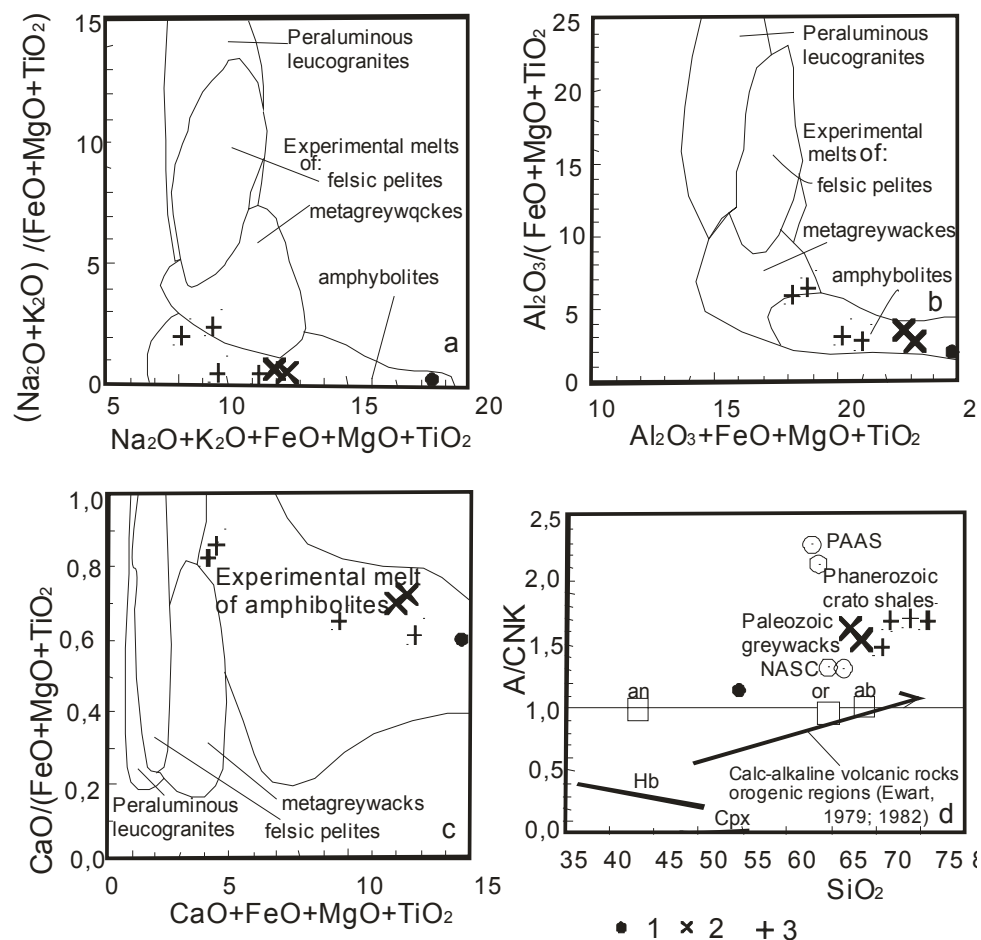


Рис. 2. Экспериментальные диаграммы: (a), (b), (c) – диаграммы композиционных экспериментальных расплавов из плавления фельзических пелитов (мусовитовых сланцев), метаграувак и амфиболитов для пород коптинского комплекса; (d) – диаграмма $\text{SiO}_2 - \text{A/CNK}$ для пород коптинского комплекса. Тренд известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов, по [11, 12]. A – Al_2O_3 , CNK – Сумма CaO , Na_2O , K_2O . Остальные условные те же, что на рис. 1.

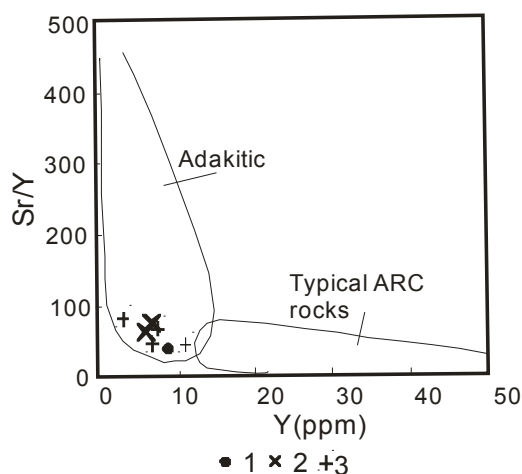


Рис. 3. Диаграмма $\text{Sr/Y} - \text{Y}$ по [10] для пород коптинского комплекса Тувы

Соотношения пар элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ весьма изменчивы. Значения приведенных отношений выше хондритовых значений, а отношения Eu/Eu^* – ниже (табл. 2).

На диаграмме соотношений $\text{Y}/\text{Ho} - \text{TE}_{1,3}$ можно наметить два тренда, противоположно направленных от хондритовых значений и от области варьирования составов магматических пород (увеличения ТЭФ М – типа и уменьшение W – типа) (рис. 4).

Интерпретация результатов

Диориты, тоналиты и плагиограниты коптинского комплекса по сумме признаков следует отнести к адакитовым гранитоидам, формировавшимся в процессе плавления амфиболитов, а для заключительных фаз – возможно и граувак.

Таблица 2

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ в породах коптинского комплекса

Отношения компонентов	1	2	3	4	5	6	7	Хондрит
Zr/Hf	128,0	166,7	171,4	240,0	74,3	59,4	78,6	36,0
La/Nb	3,9	4,3	4,5	2,4	2,5	5,1	1,8	17,2
La/Ta	31,4	68,3	75,0	49	46,1	104,8	41,4	16,8
Y/Ho	15,2	14,5	13,5	18,0	15,8	14,4	3,4	29,0
Sr/Eu	240	1354	1367	760	878	270	840	100,5
Eu/Eu*	0,53	0,29	0,3	0,54	0,51	0,74	0,37	1,0
TE _{1,3}	0,81	1,03	1,02	0,8	0,84	1,41	0,8	-

Примечание. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ как среднее между первой и третьей тетрадами по [13]. Eu* = (Sm_N + Gd_N)/2.

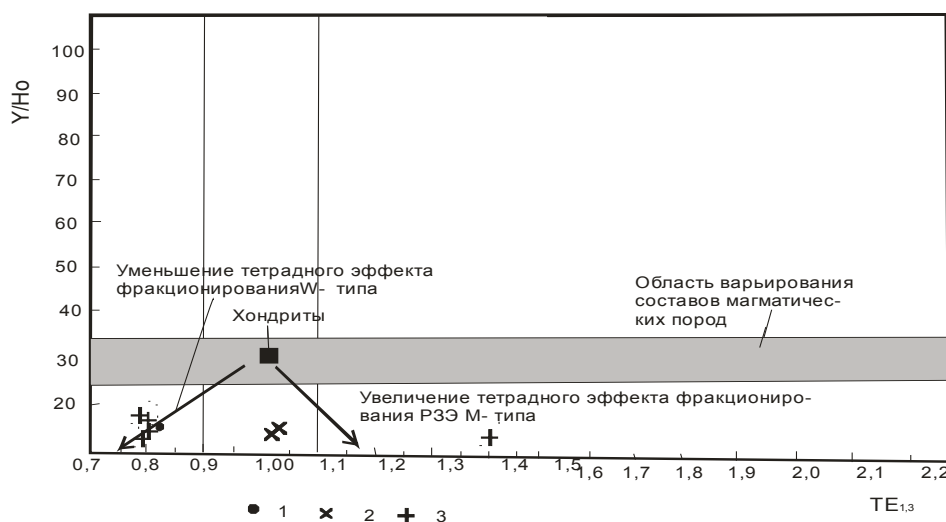


Рис. 4. Диаграмма соотношений Y/Ho – TE_{1,3} по [13] для пород коптинского комплекса

Генерация адакитовых гранитоидов происходила в процессе мантийно-корового взаимодействия [1], так как значения $\epsilon_{Nd}(T)=6,5$, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0,7041-0,7046$ близки к мантийным меткам не контаминированных базальтоидов. Формирование адакитовых гранитоидов сопровождалось различной насыщенностью магматогенных флюидов и активностью летучими компонентами и проявлением ТЭФ М- и W- типов.

Закключение

Плагиигранитоиды коптинского комплекса Тувы относятся к адакитовым гранитоидам, генерация которых происходила в результате мантийно-корового взаимодействия в условиях насыщенности летучими компонентами магматогенных флюидов,

указывающих на потенциальную перспективность глубинного очага на эндогенное оруденение различных металлов, и в первую очередь, золота.

Список литературы

1. Гусев А.И., Коробейников А.Ф. Мантийно-коровое взаимодействие в генерации различных типов оруденения: геофизический и петрологический аспекты // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 1. – С. 18-25.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Возрастные группы и петрология адакитовых гранитоидов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – № 9. – С. 75-80.
3. Гусев А.И., Гусев А.А. Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов и его использование в решении проблем петрологии гранитоидов // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 5. – С. 45-49.
4. Гусев А.А., Гусев А.И., Гусев Н.И., Гусев Е.А. Два типа тетрадного эффекта фракционирования редкоземель-

ных элементов в шшонитовых гранитоидах Кавказских Минеральных вод // Современные наукоёмкие технологии. – 2011. – № 4. – С. 17-22.

5. Гусев А.И. Постколлизийные гранитоиды: петрология, геохимия, флюидный режим и оруденение. – Gamburgh: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 217 с.

6. Гусев А.И. Постколлизийные и анорогенные гранитоиды Алтая. – М.: Изд-во РАЕ, 2013. – 140 с.

7. Гусев А.И., Гусев Н.И. Гиперсольвусные и транс-сольвусные гранитоиды Солонешенского рудного района Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии. – 2013. – № 5. – С. 105-110.

8. Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и озёрной зоны Западной Монголии: автореферат на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. – Новосибирск, 2010. – 35 с.

9. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – V.53. – PP. 197-214.

10. Defant M.J., Drummond M.S. Mount St. Helens: potential example of the partial melting of the subducted

lithosphere in a volcanic arc // Geology. – 1993. – V. 21. – PP. 547-550.

11. Ewart A. A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary – Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic rocks. – Trondjemites, Dacites and Related Rocks. – Amsterdam, 1979. – PP. 13-121.

12. Ewart A. The mineralogy and petrology of Tertiary – Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. – Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. – Chichester. – 1982. – PP. 25-95.

13. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Cosmochim Acta. – 1999. – V.63. – №3/4. – PP. 489-508.

14. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // Geological Soc. America Bulletin. – 1989. – V.101. – PP. 635-643.

15. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts // Trans. of Royal Soc. of Edinburg Earth Science. – 1998. – V.89. – P. 113-119.

УДК 553.3/4:553.2:550.4

ТИПИЗАЦИЯ ПЕГМАТИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ АЛТАЯ**Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные о составе и строении различных пегматитов Алтая. Пегматиты датируются ранним триасом и ранней юрой. Как правило, это дифференцированные разности с зональным строением. По составу среди них выделяются 4 типа: бериллиевый, редкоземельный, тантал-ниобиевый, комплексный бериллий-тантал-ниобий-уран-редкоземельный. Они состоят из кварца, полевых шпатов, слюды. Пегматиты включают также берилл, турмалин, флюорит, гранат, танталит, колумбит, пектолит, ортит, ксенотим, сиклерит, танталит-колумбит, циртолит, уранинит, висмутин, эвлитин, бисмутит, фергусонит, гатчетолит, халькопирит, борнит. В целом пегматиты региона являются редкометалльно-редкоземельными. В бериллиевом типе имеются ювелирные камни: аквамарин, горный хрусталь, раухтопаз.

Ключевые слова: дифференцированные пегматиты, типы, берилловые, ортитовые, тантал-ниобиевые, комплексные, циртолит, уранинит, пектолит, сиклерит, висмутин, эвлитин, фергусонит, гатчетолит, аквамарин.

TYPEZATION OF PEGMATITE MINERALIZATION OF ALTAI**Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data about composition and fabric different pegmatites of Altai lead. The pegmatites date Early Triassic and Early Jurassic. There are differentiation varieties with zone fabric. 4 types detached on composition: beryllium, rare earth elements, tantalum-niobium, complex beryllium-tantalum-niobium-uranium-rare earth elements. They consist from quartz, feldspars, mica. Pegmatites include beryl, tourmaline, fluorite, garnet, tantalite, kolumbite, pectolite, orthite, xenotime, sicklerite, tantalite-kolumbite, cyrtolite, uraninite, bismuthinite, bismutite, evlinit, fergusonite, hatchetonite, chalcopryrite, bornite so. Pegmatites of region appear rare metals-rare earth elements in whole. The jeweler stone has in beryl type: aquamarine, quartz crystal, rauchtopaz.

Keywords: differentiation pegmatites, types, beryllic, orthites, tantal-nyobium, complexic, cyrtolite, uraninite, bismuthinite, bismutite, evlinit, fergusonite, hatchetonite, chalcopryrite, bornite, tantalite, kolumbite, pectolite, orthite, xenotime, sicklerite.

Введение

Пегматиты имеют большое практическое значение, являясь источником разнообразных полезных ископаемых: керамического сырья (полевой шпат, кварц), электротехнического сырья (слюда), драгоценных и цветных камней (берилла, аквамарина, циркона и т.д.), рудных месторождений (бериллия, тантала, ниобия, редких земель) [12]. На Алтае гранитные пегматиты весьма разнообразны по составу и содержат все выше перечисленные типы минерализации [2-6, 11]. Они связаны с гранитоидами Белокурихинского комплекса [1], а также с редкометалльными пегматитами Прителечья [2].

**Типы редкометалльных пегматитов
Алтая**

Пегматиты Белокурихинского рудного района пространственно и парагенетически связаны с одноименным интрузивным массивом. Пегматиты в пределах Белокурихинского плутона размещены на севере и на юге, образуя 2 полосы, к которым приурочены редкометалльные месторождения. В северной полосе пегматиты образуют проявления и месторождения тантала, ниобия

(руч. Крутенький, ключ Слепой), редко – бериллия (Теплуха). В южной полосе к пегматитам приурочены месторождения и проявления бериллия (Курановское месторождение, Фёдоровское проявление). Пегматиты в первом случае локализуются среди меланогранитов первой фазы, двуслюдяных гранитов второй и лейкогранитов третьей фаз и тесно ассоциируют с дайками аплитов, лейкогранит-порфиров. В южной части плутона пегматиты локализуются в пределах лейкократовых гранитов третьей фазы (Курановский, Осокинский) и нередко тесно ассоциируют с редкометалльными грейзенами. Редкометалльные пегматиты Белокурихинского плутона характеризуются разнообразием минералов, обнаруженных в них. Главными породообразующими минералами являются кварц и полевые шпаты. В некоторых из них присутствуют мусковит, турмалин, топаз, апатит, циркон, гранат, берилл, тантало-ниобаты.

Проявление бериллия ручья Крутенький находится в верховьях ручья Крутенького, правого притока р. Черновой в 1,5 км к юго-востоку от южной окраины с. Черновое. Жила пегматита с кристаллами берилла

впервые здесь была найдена Белокурихинской партией в 1940 г. Участок сложен порфировидными биотитовыми гранитами в различной степени мусковитизированными и турмалинизированными. Среди гранитов отмечается большое количество аплитовых и пегматитовых тел. Пегматитовые тела имеют жилообразную, реже линзовидную форму. Зональность выражена слабо. Структура большинства тел мелкозернистая, со слабым развитием зоны блокового полевого шпата и кварца. Пегматиты и вмещающие их граниты иногда пересекаются трещинками взбросового типа с амплитудой перемещения на несколько сантиметров. Простирание трещин близко к широтному. Вдоль некоторых трещин наблюдается пиритизация и флюоритизация в виде зерен желтовато-фиолетового флюорита размером 1-2 мм. На участке выявлено 4 жильных тела пегматитов с бериллием. Тело № 1 находится в верховьях ручья Крутенького. Оно приурочено к дайке аплитовидных гранитов. Дайка прослежена горными выработками на 240 м. Северо-восточный конец дайки, где ее мощность достигает 6 м, перекрыт рыхлыми отложениями, а юго-западный выклинивается. Мощность дайки колеблется от 0,5 до 6 м. Среднее простирание дайки 50°, падение на северо-запад 80-85°. Мусковитовые аплитовидные граниты содержат непрерывно распределенные выкаты пегматитов, линзообразной и неправильной формы, длиной до 40 м и мощностью до 5 м. Иногда в пегматитовых выкатах присутствуют кристаллы зеленовато-голубого берилла размером от долей миллиметра до 3 см. Наиболее крупное жилообразное тело пегматитов, с бериллом, согласно залегает в средней части дайки. Оно имеет длину 16 м, среднюю мощность 0,12 м. Сложено среднезернистой пегматоидной породой, состоящей из розового микроклина, дымчатого кварца, зеленоватого мусковита. Берилл присутствует в виде радиально-лучистых сростков и одиночных кристаллов зеленовато-голубого цвета. Длина кристаллов берилла колеблется от долей миллиметра до 10 см и толщиной до 3 см в поперечнике. Преобладают кристаллы длиной 4-5 см. Здесь же часто встречается пирит. В искусственном шлихе установлены следующие минералы, в единичных зернах: магнетит, ильменит, гранат, биотит, мартит, лимонит, эпидот, турмалин, монацит и циркон. Рудное тело №2 находится в 150 м к северу-западу от тела № 1.

Оно прослежено канавой на 28 м. Пегматит крупнокристаллический мусковитовый, с оторочкой аплита мощностью до 0,1 м. Местами пегматит имеет полосчатую текстуру, обусловленную параллельными тонкими прожилками стекловидного кварца и полевого шпата. Берилл встречается как в полосчатых пегматитах, так и в оторочках аплита, в виде веерообразных скоплений до 5 см в длину. Среднее содержание по данным 14 бороздовых проб BeO – 0,02%. Анализы рудоразборного берилла не проведены. В протоловках бороздовых проб определены: бисмутит от единичных зерен до 912 зерен, монацит от единичных зерен до 87 зерен, в некоторых пробах отмечаются единичные зерна тантало-ниобиевых минералов и молибденита. Аналогичное строение и содержание полезных ископаемых установлено и в двух других наиболее крупных пегматитовых телах участка. Кроме того, здесь же вскрыты еще менее мощные жилообразные тела пегматитов без видимых кристаллов берилла. Прослеживание их не проводилось. На участке наиболее вероятно нахождение новых бериллоносных тел на продолжении жилы № 1 в обоих направлениях.

Проявление тантало-ниобатов ручья Слепого находится в верховье ручья Слепого, левого притока реки Черновой. Тела пегматитов на этом участке известны с дореволюционных времен, когда разрабатывались с целью добычи кварца для стекольного завода. Дмитриевской партией были вскрыты шесть полого залегающих тел дифференцированных пегматитов видимой мощностью от 2 до 1 м и имеющих СЗ простирание. Пегматиты состоят из крупных обособлений кварца и полевого шпата с неравномерной вкрапленностью гематита, турмалина, граната, охр висмута и тантало-ниобиевых минералов, которые представлены кристаллами плоско-призматической формы до 2 см в поперечнике и 1,5-2 м толщиной. В шлихах из протоловки пегматитов установлено содержание тантало-ниобиевых минералов до 552 зерен, а также единичные зерна монацита, малахита, азурита, молибденита, лейкоксена, сфена, циркона, флюорита.

Курановское месторождение находится в верховьях ручья Куранова, левого притока р. Черновой в 700 м от его устья. Впервые бериллиевое оруденение на участке было установлено геологами Дмитриевской партии в 1952-53 гг. Площадь месторождения сложена лейкократовыми слабо грейзе-

низированными гранитами третьей фазы Белокурихинского комплекса, который в виде штока размером 150x200x300 м размещаются среди основной массы биотитовых порфиroidных гранитов массива. Бериллиевое оруденение на участке расположено в пределах штока лейкократовых гранитов и сосредоточено в пегматитовых телах различной мощности и формы, в штокверке кварцевых прожилков и в интенсивно грейзенизированных гранитах. По результатам поисково-оценочных работ выделено четыре рудных тела, три из которых расположены в южной части штока (участок №1) в пределах штокверковой зоны. Штокверк представляет собой густую сеть субширотных и субмеридиональных кварцевых жил и линзочек (до 50 штук на 1 погонный метр). Концентрация берилла приурочена преимущественно к местам их пересечения. Кроме берилла прожилки содержат флюорит, молибденит, танталит. По результатам опробования рудные тела характеризуются следующими параметрами: I – длина – 149 м; мощность – 4,6 м; среднее содержание окиси бериллия – 0,055 %; II – 75 м; 3,8 м; 0,07 %; III – 70 м; 3,8 м; 0,057 %. Общие запасы окиси бериллия по ним составляют по категории C1 – 49,8 т, C2 – 49,8 т. Жильные пегматитовые тела имеют мощность от 0,01 до 2 м, по простиранию прослеживаются на 20-30 м и расположены кулисообразно. Простирание субширотное, падение пологое (10-38°), они сложены стекловидным кварцем с включениями полевого шпата. Берилл присутствует в виде неравномерной вкрапленности кристаллов зеленовато-голубого цвета, длиной от долей миллиметра до 5 см. Четвертое рудное тело расположено в C3 части штока (участок №2) и приурочено к наиболее крупной линзе пегматита. Берилл тяготеет к границе кварцевого ядра. Мощность рудного тела составляет 1,5 м, по простиранию оно прослежено на 50 м и по падению на 11 м. По результатам опробования среднее содержание оксида бериллия – 0,088%. Ориентировочно геологические запасы на 1 м углубки составляют 3 т. При ГС-200 [11] подсчитаны прогнозные ресурсы категории P₁ четырех разведанных рудных тел до глубины 300 м, составившие 650 т оксида бериллия, в том числе 99,6 т категории C₁ + C₂.

Даниловское проявление расположено в истоках ручья Спирина, правого притока р. Даниловки, вблизи высотной отметки

683,8 м. Приурочено к экзоконтактовой части Осокинского массива, где отмечаются жильобразные тела альбит-микроклин-кварцевых пегматитов и аплит-пегматитов с вкрапленностью и гнездами монацита, ортита, тортвейтита. Установлены содержания пятиокси тантала до 0,238 %, трехокси ниобия – до 2 %, урана – 0,1266 %, тория – 0,639 %, циркония – 3,0 %, церия – 0,15 %, лантана – 0,4 %, скандия – 2,0 %.

В Рудном Алтае известно **Ортитовое проявление** в пегматитах, обнаруженное П.П.Пилипенко среди гранитов Саввушинского массива. В 1911 г. им из одного гнезда извлечено 15 кг ортита, а также найден кристалл длиной около 30 см и массой 3 кг. Известная часть тела Ортитовая сопка промышленного значения не имеет. Однако не исключено, что более глубокие горизонты массива могут представлять практический интерес на редкоземельное оруденение. Последнее представлено сверху розовым и частично белым кварцем, ниже – горизонтом (0,5 м) черного кварца с кристаллами полевого шпата и турмалина, в основании – грубозернистым письменным пегматитом (1,5 м) с мусковитом (до 12x6 см), жильбертитом, турмалином (шерл), флюоритом. Строение этого тела аналогично строению тела Тигирекского месторождения [8].

В верховьях ручья Харьковка, по сообщению Б.С. Митропольского, в рукописи «Редкие металлы Западной и Средней Сибири» (1935), найден берилл. На южном склоне Тигирекского массива в верховьях р. Татарка (сейчас это территория Казахстана) Н.Д. Довгалем в 1934 г. были обнаружены свалы среднезернистых гранитов с аплитами и пегматитами кварца с вольфрамитом, шеелитом, молибденитом и повышенными концентрациями редких земель.

В Прителечье известен Челюш-Тузуктинский редкометалльный рудный узел, приуроченный к области развития интрузий габбро-диорит-гранодиоритового каракудюрского (D₂) и гранодиорит-гранитового кубадринского (D₂) комплексов, прорывающих метаморфические породы курайского комплекса. В составе гранитоидов кубадринского комплекса совместно с дайками гранит-порфиров, микрогранитов, аплитов встречаются многочисленные тела редкометалльных пегматитов. В последних присутствует оруденение олова, бериллия, тантала, ниобия. Наиболее концентрированное оруденение редких металлов локализовано

в двух прогнозируемых рудных полях: Тузуктинском и Челюшском. Компактные рои пегматитов имеют меридиональную ориентировку и приурочены к разлому, который сопровождается появлением гнейсоватости в гранитоидах и обильными дайками кислого состава, имеющими щелочной и умеренно-щелочной состав. Пегматиты явно наложены на девонские гранитоиды и имеют, вероятно, нижнеюрский возраст. Пегматиты слабо изучены.

Тузуктинское проявление. Редкометалльные пегматиты образуют более 100 жил на участках Тузукта и Дырях. Мощность пегматитов от 0,2 до 60 м. Вкрапленность берилла, сиклерита, танталит-колумбита, циртолита, уранинита, висмутита, эвлитина, бисмутита, халькопирита, борнита. Содержание тантала 0,01-0,03%, бериллия – 0,002-1%.

Челюшское проявление представлено редкометалльными пегматитами мощностью от 0,2 до 2 м и протяженностью от 100 до 250 м, в пегматитах наблюдается вкрапленность берилла, тантало-ниобатов, фергюсонита, гатчетолита. Содержание бериллия от 0,001 до 1%, ниобия от 0,01 до 0,1%.

Дырях-Кокшинское проявление. Обнаружено около 60 пегматитовых тел мощностью от 1 до 40 м и протяженностью от 100 до 400 м. Содержание (%): бериллия до 0,0018; олова до 0,001; цинка, свинца от 0,001 до 0,1.

Кроме указанных проявлений в рудном поле известны: *проявление Шалтанское* со свалами пегматитов среди метаморфических пород терехтинского комплекса с диаметром глыб до 2 м с призмами чёрного турмалина; содержания (%): BeO – 0,003, Sn – 0,001-0,03, Cu – 0,001-0,3; *проявление Конуй-Кот-Агачское* с 50 пегматитовыми телами мощностью от 1 до 40 м и протяжённостью до 300 м, среди метаморфических пород терехтинского метаморфического комплекса; содержания (%): BeO – 0,001, Sn – 0,001, Cu, Pb – 0,001-0,01.

Некоторые пегматитовые тела в пределах гранитоидов Белокурихинского комплекса содержат ювелирные аквамарины. **Месторождение аквамарина Тигирекское** находится в водораздельной части одноименного хребта и локализуется в районе горы Иркутки или Разработанной. Месторождение приурочено к пегматитам. Всего на участке выявлено 15 пегматитовых тел разной величины, из которых 3 наиболее крупных находятся вблизи вершины горы Разра-

ботной, а остальные – на её восточном склоне. На месторождении проявлены пегматиты полно дифференцированные, крупноблоковые, образующие 3 жилы. Наибольший интерес представляет самое крупное тело пегматита – тело №1. На поверхности оно имеет штокообразную форму, вытянутую в северо-западном направлении. Длина выхода имеет 15 м. Месторождение не доизучено. Штольня пройденная в 1933 году по телу пегматита до 18,3 м, не вышла из него. Мощность тела колеблется от 4 до 9 м. Строение пегматита симметрично-зональное с обособлением 5 зон.

1 – ядерная часть пегматита сложена трещиноватым полупрозрачным розовым кварцем с неравномерной интенсивностью окраски от почти бесцветного до ярко розового, образуя неправильные участки и гнёзда размером до 1-2 м. 2 – следующая зона сложена серовато-белым и белым кварцем, иногда полупрозрачным. 3 – третья зона состоит из крупно- и гигантозернистого микроклин-пертита с крупными пластинками мусковита, редко биотита, дымчатого кварца (раухтопаза), горного хрусталя и берилла. Кристаллы берилла грязно-зелёного, изредка чистого голубовато-зелёного прозрачного аквамарина, правильной «карандашной» огранки, но трещиноватые, размерами в первые сантиметры. Мощность зоны до 1,5 м. В этой зоне обнаруживались кристаллы аквамарина до 1 м длиной и 15 см шириной. 4 – четвёртая зона представлена средне- и крупнозернистым пегматитом с монацитом, аквамарином и редким ксенотимом. Мощность зоны до 50 см. 5 – внешняя, пятая зона мощностью от 5 до 15 см сложена красноватым среднезернистым мусковит-плагиоклазовым лейкогранитом и имеет постепенные переходы к вмещающим светло-серым и розоватым среднезернистым гранитам Тигирекского массива.

Основной объём берилла приурочен к границе 2 и 3 зон. В составе пегматитов отмечено 28 минералов, из которых основные – микроклин, кварц, берилл, мусковит. Акцессорные минералы: монацит, ильменорутит, флюорит, апатит, турмалин, танталит, колумбит, ксенотим.

Аквамарин локализуется в пегматитах в виде гнёзд в переходной части от кварцевого ядра к альбитовой зоне. Размеры гнёзд до 20-30 см в поперечнике. П.И. Кокориным отмечаются единичные кристаллы аквамарина длиной до 1 м и 15 см. толщиной. От-

дельные кристаллы прозрачного аквамарина небесно-голубого и голубого цвета достигают 8-6 см в длину. Ассоциирует со слюдой зелёного цвета, иногда монацитом, ксенотимом, танталитом и колумбитом. Запасы берилла по категории Б составляют 5,18 т при среднем содержании по телу пегматита 0,28 % и по отвалу – до 0,045% (запасы в отвалах – 35 кг берилла). Аквамарин Тигирекского месторождения хорошего качества.

Проявление аквамарина Сопки Чайной находится в пограничной части с Казахстаном на Тигирекском хребте к юго-востоку от Тигирекского месторождения и является продолжением единой полосы роя тел пегматитов Тигирекского месторождения. Находки берилла и аквамарина на проявлении отмечены давно. Делювиальные шлейфы свалов аквамарина наблюдаются на Российской и Казахстанской территориях. Сопка Чайная представляет собой выступ лейкогранитов умеренно-щелочных, относящихся к заключительной фазе становления Тигирекского гранитоидного массива. Здесь создались благоприятные условия для формирования полно дифференцированных пегматитов и оптимальные условия флюидного режима, способствовавшего генерации микроролловых пустот и погребков, минерализованных бериллом, аквамарином, зелёной слюдой, турмалином, апатитом, монацитом, ксенотимом, танталитом, пектолитом, рухтопазом. Сrostки и отдельные кристаллы аквамарина достигают 5-7 см в длину. Отдельные кристаллы отличаются совершенной прозрачностью и небесно-голубым цветом [9].

Интерпретация результатов

Приведенные материалы показывают, что пегматитовые проявления региона могут быть отнесены к 4 типам: 1- бериллиевым (Курановское месторождение), 2- тантал-ниобиевым (ручья Слепого), 3- редкоземельным (Орбитовое проявление), 4- комплексным бериллий-тантал-ниобий-уран-редкоземельным (Даниловское, Тузуктинское). Кроме того, некоторые бериллиевые

пегматиты содержат ювелирный аквамарин (Тигирекское, Сопки Чайной).

В целом петро-геохимические особенности пегматитов Белокурихинского плутона могут быть отнесены к редкометалльной пегматитовой формации, петалитовой подформации, бериллиевому геохимическому эволюционному ряду, формирование которых происходило при начальном давлении 2-3,5 кбар [10]. Пегматиты Саввушинского массива относятся к редкоземельному типу.

Заключение

Пегматиты региона относятся к 4 редкометалльным типам: бериллиевому, редкоземельному, тантал-ниобиевому, комплексному бериллий-тантал-ниобий-уран-редкоземельному. В бериллиевом типе имеются аквамарин, горный хрусталь, рухтопаз.

Список литературы

1. Гусев А.И., Дзагоева Е.А., Табакаева Е.М. Петрология и рудоносность Белокурихинского плутона Горного Алтая // Отечественная геология. – 2008. – №4. – С. 25-33.
2. Гусев А.И. Минералогия и полезные ископаемые Республики Алтай. – Бийск: Изд-во АГАО, 2010. – 385 с.
3. Гусев А.И. Минералогия и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.
4. Гусев А.И., Гусев Н.И. Минерально-сырьевая база редких земель юга Сибири // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – №8. – С. 16-19.
5. Гусев А.И., Гусев Н.И., Васильченко Т.А. Магматизм и оруденение Рудного Алтая. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 270 с.
6. Гусев А.И. Типы эндогенной редкоземельной минерализации Горного и Рудного Алтая // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 12. – С. 92-96.
7. Гусев А.И. Самоцветы Алтая. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2012. – 250 с.
8. Гусев А.И. Типы бериллиевых оруденений Алтая // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 2. – С. 31-35.
9. Гусев А.И. Петрология, геохимия и рудоносность Синюшинского массива Горного Алтая // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №12. – С. 117-123.
10. Загорский В.Е., Макагон В.М., Шмакин Б.М. Гранитные пегматиты. Т. 2. Редкометалльные пегматиты. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1997. – 285 с.
11. Кривчиков В.А., Селин П.Ф., Русанов Г.Г. Геологическая карта масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Алтайская. Лист М-45-1 (Слонешное). Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 183 с.
12. Ферсман А.Е. Пегматиты. Т.1 – Т.6. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 742 с.

УДК 553.3/4.078:553.2:551.73

**ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ПЛАГИОГРАНИТОВ
САПШИЛАНСКОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ****Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные по петрологии и геохимии гиперстеновых плагиогранитов сапшиланского комплекса Западного Прибайкалья. Они относятся к пералюминиевым и магнезиальным разностям. Плагиограниты имеют близость к адакитовым гранитам. Они отличаются весьма низкими суммарными содержаниями редких земель, концентрациями Y, Yb и высокими Sr, Ba. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования W- типа. Их формирование связано с частичным плавлением двупироксеновых гнейсов низов Земной коры.

Ключевые слова: гиперстеновые плагиограниты, адакитовые граниты, тетрадный эффект фракционирования PЗЭ W- типа, Y, Yb, Sr, Ba.

**PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF PLAGIOGRANITES
OF SAPSHILANSKII COMPLEX OF WESTERN PRIBAIKALIA****Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data of petrology and geochemistry of gypersthenic plagiogranites of sapshilanskii complex of Western Pribaikalia lead. Rocks refer to peraluminous and magnesium differences. Plagiogranites has nearness to adakitic granites. Rocks distinguish low summary contents of rare earth elements, concentrations Y, Yb and high – Sr, Ba. Tetrad effect fractionation of REE W- type display in rocks. Forming of rocks related with partial melting of two pyroxene gneiss of low Earth crust.

Keywords: gypersthenic plagiogranites, adakitic granites, tetrad effect fractionation of REE W- type, Y, Yb, Sr, Ba.

Введение

Петрология и геохимия магматических образований, сформировавшихся на глубинных уровнях земной коры являются одними из актуальных проблем, затрагивающих глубинные процессы, происходившие при становлении нижних частей земной коры. Такими образованиями являются плагиогранитоиды сапшиланского комплекса Западного Прибайкалья, локализуемыми в области развития двупироксеновых гнейсов гранулитовой фации метаморфизма. Генерация гранитоидов в таких обстановках протекает в специфических условиях высоких давлений и температур. *Цель исследований* – выяснение некоторых сторон петрологии и геохимии плагиогранитов сапшиланского комплекса Западного Прибайкалья.

**Геохимия и петрология плагиогранитов
сапшиланского комплекса**

Плагиограниты сапшиланского комплекса распространены локально в пределах Чернорудской гранулитовой зоны Ольхонского региона Прибайкалья. К ним относятся Сапшиланский массив размерами 0,5×1 км, а также многочисленные дайки и жилы мощностью 0,3–0,6 м., секущие мета-

морфические породы зоны и габбро-пироксенитовые массивы чернорудского комплекса предположительно раннепалеозойского возраста. Плагиограниты представлены серыми, среднекристаллическими лейкократовыми разностями, преобладающими минералами которых являются кварц и плагиоклаз (An₃₃₋₃₇). Темноцветный минерал – гиперстен, по объёму составляющий 0,5–2,5 об. %. Идиоморфные зёрна ромбического пироксена образуют крупные интрателлурические вкрапленники размерами от 0,5 до 1 см. Местами зёрна его резорбированы и корродируются замещающим куммингтонитом. Значения U – Pb конкордантного возраста (по цирконам на ионном микрозонде SHRIMP – II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ) составляет 496±3 млн. лет. Эта оценка совпадает с возрастом гранулитового метаморфизма Чернорудской зоны, вмещающей сапшиланские гранитоиды (500–495 млн. лет) [8].

Химические составы плагиогранитов сведены в табл. 1.

Гиперстеновые лейкоплагиограниты характеризуются повышенными концентрациями кремнезёма, V, Cr, Co, Ni, преобладанием натрия над калием, пониженными содержаниями титана, Y, Yb, Nb, Ta.

Таблица 1

Представительные химические составы плагиогранитов сапшиланского комплекса
(оксиды в масс. %, элементы в г/т)

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO ₂	76,9	77,1	76,8	75,5	76,2
TiO ₂	0,06	0,05	0,05	0,08	0,06
Al ₂ O ₃	14,03	13,85	13,95	14,11	14,02
Fe ₂ O ₃ t	0,46	0,45	0,45	0,48	0,49
MnO	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05
MgO	0,26	0,30	0,25	0,33	0,34
CaO	3,5	3,55	3,35	3,6	3,58
Na ₂ O	3,85	3,65	3,7	3,9	4,01
K ₂ O	0,75	0,72	0,73	0,74	0,72
P ₂ O ₅	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04
V	24	21	25	31	23
Cr	22	20	21	24	20
Sc	28	26	26	29	22
Co	15	16	17	20	20
Ni	8	7	9	12	10
Pb	13	14	15	18	11
Rb	2,5	3,0	2,3	3,0	3,1
Sr	465	470	455	460	462
Ba	200	185	210	195	205
Zn	23	22	24	22	25
Y	3,0	3,5	3,0	3,1	3,2
Zr	25	27	28	26	27
Nb	0,11	0,10	0,11	0,12	0,12
La	5,8	6,0	5,6	5,7	5,65
Ce	7,6	8,5	6,9	6,8	6,75
Pr	0,31	0,3	0,3	0,29	0,3
Nd	2,8	3,7	2,4	2,3	2,5
Sm	0,5	0,8	0,4	0,6	0,5
Eu	0,5	0,7	0,4	0,7	0,75
Gd	0,4	0,45	0,32	0,38	0,39
Tb	0,08	0,07	0,05	0,09	0,1
Dy	0,03	0,04	0,035	0,05	0,06
Ho	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Er	0,03	0,04	0,02	0,05	0,05
Tm	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Yb	0,2	0,25	0,16	0,3	0,31
Lu	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05
Hf	0,55	0,65	0,5	0,52	0,53
Ta	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Th	0,37	0,45	0,32	0,42	0,41
U	0,03	0,04	0,02	0,035	0,04
ΣTR	21,3	24,4	19,6	20,4	20,6
Sr/Y	155	134	152	148	144
(La/Yb) _N	19,2	15,9	23,1	12,6	12,04
(La/Sm) _N	7,1	4,6	8,6	5,8	6,9
U/Th	0,081	0,089	0,051	0,083	0,09
Eu/Eu*	3,35	3,29	3,36	4,25	5,08

Примечание. Силикатные анализы выполнены в Западно-Сибирском Испытательном Центре (г. Новокузнецк). ΣTR – сумма редкоземельных элементов. N – элементы нормированы по [9]. Eu* = (Sm_N + Gd_N)/2. 1-5 – гиперстеновые лейкоплагиограниты сапшиланского комплекса.

Анализируемые породы имеют весьма низкие суммарные концентрации редких земель (от 19,6 до 24,4). Они характеризуются повышенными отношениями лёгких РЗЭ к тяжёлым $(La/Yb)_N$ и лёгких РЗЭ к средним $(La/Sm)_N$, что указывает на дифференцированный тип распределения РЗЭ. Весьма

низкие отношения U/Th свидетельствуют об отсутствии наложенных гидротермальных изменений в породах.

По соотношениям некоторых главных компонентов составы пород классифицируются как высоко пералюминиевыми разностями и магнезиальными (рис. 1).

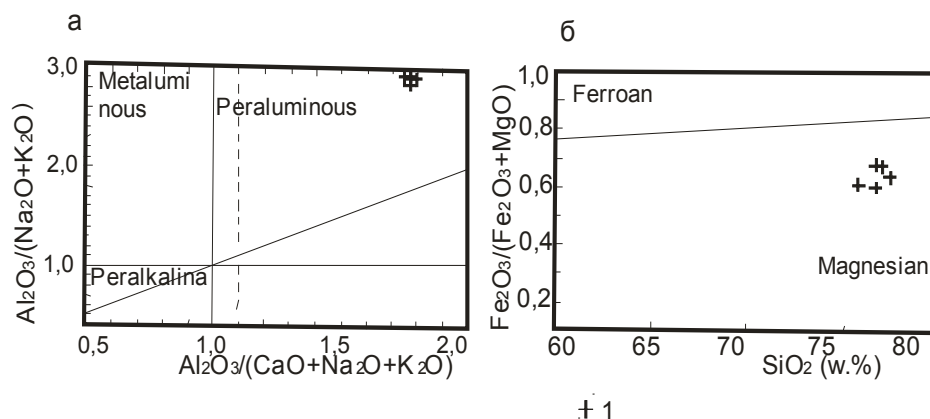


Рис. 1. а – диаграмма $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ по [12] и б – диаграмма $SiO_2 - Fe_2O_3/(Fe_2O_3+MgO)$ по [13] для пород сапишланского комплекса
1 – гиперстеновые лейкоплагиограниты сапишланского комплекса

Низкие концентрации Y (менее 18 г/т), Yb (менее 1,8 г/т), высокие отношения Sr/Y в плагиогранитах указывают на близость их составов к адакитам. Это же подтверждается и положением составов пород на диаграмме $Sr/Y - Y$ (рис. 2).

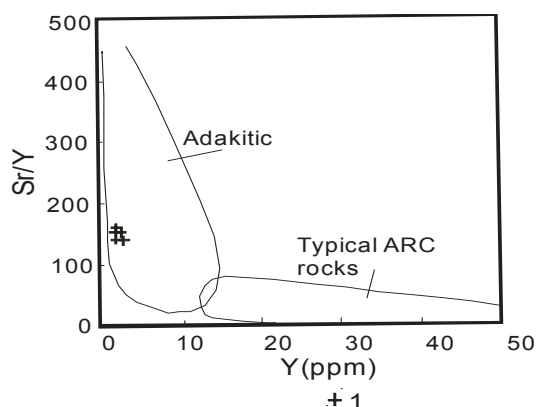


Рис. 2. Диаграмма $Sr/Y - Y$ по [10] для пород сапишланского комплекса

Поля на диаграмме по [10]: Adakitic – Адакиты, Typical ARC rocks – породы типичных андезитов, риолитов, дацитов вулканических дуг. Остальные условные те же, что на рис. 1.

В связи с сильно дифференцированным типом распределения РЗЭ в породах проведена проверка на возможное проявление значимого тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ) РЗЭ. Значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ и отношения некоторых элементов приведены в табл. 2.

Значения (ТЭФ) РЗЭ для гиперстеновых лейкоплагиогранитов варьируют от 0,53 до 0,74, во всех случаях имеют меньшие величины, чем 0,9 и относятся к редко проявляемому в гранитоидах W – типу. Отношения элементов по всем показателям превышают аналогичные отношения в хондритах (табл. 2).

На диаграмме $Y/No - TE_{1,3}$ чётко прослеживается тренд уменьшения величины ТЭФ РЗЭ, где видно, что значение ТЭФ W- типа уменьшается в связи уменьшением отношения Y/No (рис. 3.).

На диаграммах $La/Nb - TE_{1,3}$ и La/Ta тренды уменьшения значений $TE_{1,3}$ W-типа имеют противоположную направленность – уменьшение значений ТЭФ РЗЭ W-типа уменьшается в связи с увеличением отношений La/Nb (рис. 4) и уменьшение значений ТЭФ РЗЭ W – типа с увеличением отношений La/Ta (рис. 5).

Таблица 2

Значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ
и отношения некоторых элементов в гиперстеновых плагиогранитах
сапишланского комплекса

Значения тетрадного эффекта и отношения элементов	1	2	3	4	5	Хондриты
$TE_{1,3}$	0,69	0,53	0,68	0,68	0,74	-
Y/Ho	300	175	300	155	160	29,0
Zr/Hf	45,4	41,5	56	50	50,9	36,0
La/Nb	52,7	60	50,9	47,5	47,1	17,2
La/Ta	193	150	140	142,5	141,2	16,8
Eu/Eu*	3,35	3,29	3,36	4,25	5,08	1,0
Sr/Eu	930	671	1137	657	616	100,5
La/Lu	193,3	150,0	186,7	114,0	113,0	0,975

Примечание. $TE_{1,3}$ – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ как среднее между первой и третьей тетрадами по [11].

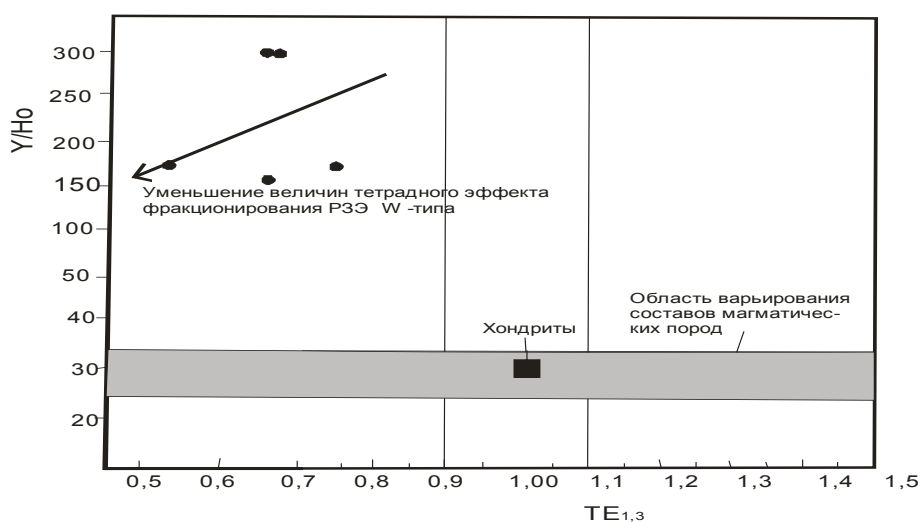


Рис. 3. Диаграмма Y/Ho – $TE_{1,3}$ для гиперстеновых лейкоплагиогранитов сапишланского комплекса

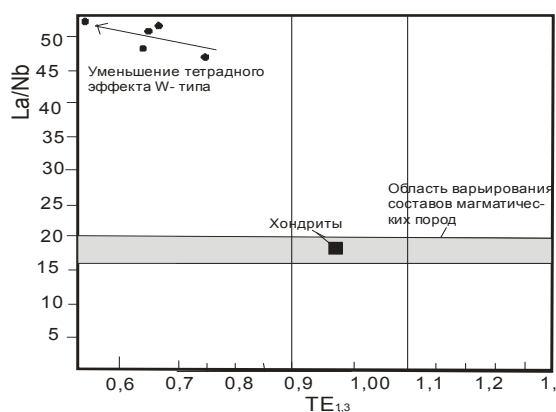


Рис. 4. Диаграмма La/Nb – TE_1 для пород сапишланского комплекса

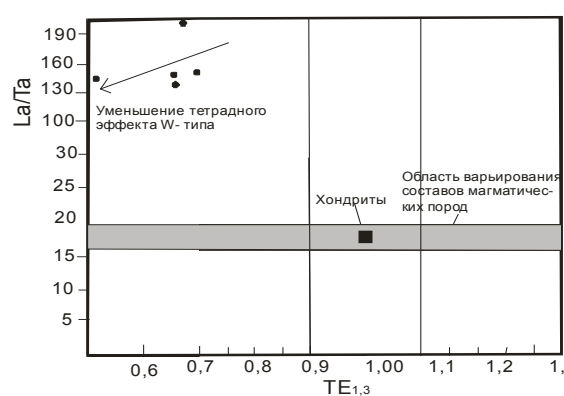


Рис. 5. Диаграмма La/Ta – TE_1 для пород сапишланского комплекса

Противоположные тренды уменьшений отношений объясняются тем, что они относятся к ионно-замещающим элементам (Nb и Ta в породообразующих и акцессорных минералах) в кристаллических решётках минералов.

Интерпретация результатов

Приведенные данные показывают, что гранитообразование в глубинных зонах Земной коры протекало весьма специфически. В отличие от менее глубинных условий генерации гранитоидов в пределах амфиболитовой фации метаморфизма, где образуются в коллизионной обстановке «синметаморфические» S- типы биотитовых гранитов [1-3], в изученной области гранулитового метаморфизма формировались гиперстеновые плагиограниты, обнаруживающие близость к адакитовым гранитоидам. В них аномально низкие концентрации суммы редкоземельных элементов, сильно дифференцированный тип распределения РЗЭ. В гиперстеновых лейкоплагиогранитах сапшиланского комплекса проявлен тетрадный эффект распределения РЗЭ W – типа, что является редкостью для гранитоидов [4-6]. В отличие от адакитовых гранитоидов ерудинского комплекса Енисейского кряжа, формировавшихся также в условиях гранулитовой фации метаморфизма, в которых проявлен M- тип ТЭФ РЗЭ, обусловленный подтоком трансмагматических высоко восстановленных флюидов мантийного генезиса [4-6]. Проявление ТЭФ РЗЭ в гипестеновых лейкоплагиогранитах, вероятно, связано с высокой степенью частичного плавления двупироксеновых гнейсов при высоких температурах и давлениях.

Заключение

Таким образом, плагиогранитоиды сапшиланского комплекса следует отнести к адакитовым гранитоидам. Гранитообразование в глубинных частях Земной коры протекало в специфических условиях высоких температур и давлений с образованием гиперстеновых лейкоплагиогранитов, в кото-

рых проявлен W – тип ТЭФ РЗЭ, обусловленный, вероятно, высокой степенью частичного плавления плавившегося субстрата и трансформацией соотношений РЗЭ в тетрадах.

Список литературы

1. Гусев А.И. Петрология S-типов гранитов: материалы научной конференции «Проблемы геологии и геохимии юга Сибири». – Томск, 2000. – С.125-128.
2. Гусев А.И., Гусев Е.А. Некоторые петрохимические особенности золотоносных гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области // Руды и металлы. – 2000. – №5. – С. 25-32.
3. Гусев А.И., Кузубов П.П. Петрогенетические типы и флюидный режим палеозойских гранитоидов Большого Кавказа // Отечественная геология. – 2001. – №2. – С.42-48.
4. Гусев А.И., Гусев А.А. Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов и его использование в решении проблем петрологии гранитоидов // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 5. – С.45-49.
5. Гусев А.А., Гусев А.И., Гусев Н.И., Гусев Е.А. Два типа тетрадного эффекта фракционирования редкоземельных элементов в шошонитовых гранитоидах Кавказских Минеральных Вод // Современные наукоёмкие технологии. – 2011. – № 4. – С. 17-22.
6. Гусев А.И., Гусев А.А. Лантанидный тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов в породах карбонатитового комплекса эдельвейс Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии. – 2013. – № 8 (Ч.2). – С.347-352.
7. Гусев А.И. Лантанидный тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов в адакитовых гранитоидах ерудинского комплекса Енисейского кряжа // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 12. – С.41-46.
8. Хромых С.В. Петрология магматических комплексов глубинных уровней коллизионных систем (на примере ранних каледонид Ольхонского региона Западного Прибайкалья): автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. – Новосибирск, 2006. – 16 с.
9. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – V.53. – PP. 197-214.
10. Defant M.J., Drummond M.S. Mount St. Helens: potential example of the partial melting of the subducted lithosphere in a volcanic arc // Geology. – 1993. – V. 21. – PP. 547-550.
11. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Cosmochim Acta. – 1999. – V.63. – №3/4. – PP. 489-508.
12. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // Geol. Soc. Amer. Bull. – 1989. – V. 101. – PP. 635-643.
13. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts // Trans. of Royal Soc. of Edinburgh Earth Science. – 1998. – V.89. – PP. 113-119.

УДК 552.11:553.078(571.151)

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ОРУДЕНЕНИЮ
КОЛЫВАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛТАЯ****Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены новые данные по типам оруденения и составу руд Колыванского месторождения на Алтае. В пределах месторождения совмещены разновозрастные типы оруденения: медно-молибден-порфировое, грейзеновое медно-молибден-вольфрамовое, пегматитовое бериллий-молибден-вольфрамовое с танталом и ниобием. В грейзеновом типе руд помимо основных компонентов присутствуют в промышленных количествах индий, висмут, селен. Температуры формирования грейзеновых руд составляли для ранней стадии 380-415, а для поздней – 280-310°C. В процессе становления оруденения отмечается высокая активность серы во флюидах. Приведены данные о увеличении перспектив месторождения за счёт доизучения Южного участка месторождения и медно-молибден-порфирового оруденения.

Ключевые слова: порфировое оруденение, грейзены, пегматиты, медь, молибден, вольфрам, висмут, ниобий, тантал, селен, активность серы, запасы, прогнозные ресурсы.

**A NEW DATA ON ORE MINERALIZATION
OF KOLYVANSKOE DEPOSIT OF ALTAI****Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data on types ore mineralization and composition of ore Kolyvanskoe deposit of Altai lead. The different age of type ore mineralization reconciled in deposit: copper-molybdenium-porphyre, greisens copper-molybdenium-tungsten, pegmatite beryllium-molybdenium-tungsten with tantalum and niobium. Indium, selenium, bismuth present in greisen type of ore besides basic components. Temperatures of forming greisens ores composition for early stage are 380-415, but for last stage – 280-310 °C. High activity of sulfur noted in fluid in process becoming ore mineralization. Data about increasing of perspective deposit for account researching of South section of deposit and copper-molybdenium-porphyre ore mineralization lead.

Keywords: porphyre ore mineralization, greisens, pegmatites, copper, molibdenium, tungsten, bismuth, niobium, tantalum, selenium, activity of sulfur, assay value, extension ores.

Введение

Колыванское месторождение со времени его открытия (1723 г) считалось вначале медным. В 1723 г. рудоискательной партией А. Демидова месторождение рассматривалось как медное и почти 100 лет разведывалось с перерывами в 10 лет и более. Палиас и Рекованц (1792 г.) описывали его как медное, но у последнего впервые упоминается о “черном шерле”. Позднее в процессе его изучения были открыты кварцево-грейзеновые зоны с вольфрамитом и молибденитом, которые особенно были востребованы во время Великой отечественной войны (1941-1945 г.г.), когда требовались металлы для получения танковой брони. Последующая история разведки и эксплуатации месторождения связаны с жильным кварцево-грейзеновым вольфрамит-молибденитовым типом оруденения, а медные руды не изучались. В связи с небольшими запасами вольфрама и молибдена в рудах к месторождению был потерян интерес.

В процессе проведения поисковых работ в рамках ГДП-200 (2005-2008 г.г.) получены новые данные по геологическому

строению района, интрузивному магматизму и оруденению Колыванского месторождения, а также соседних районов. К северо-западу от Колыванского месторождения выявлен новый тип оруденения железо-оксид-медно-золоторудный Локтевского рудного узла, сопоставляемый с типом Клонкарри в Австралии [2, 3].

**Геологические особенности
месторождения**

Колыванское месторождение образовалось в зоне влияния долгоживущей Северо-Восточной зоны смятия, которая не только разграничивает Рудно-Алтайские и Горно-Алтайские структуры, но и контролировала размещение интрузивных массивов Колыванского (верхнедевонский усть-беловский комплекс) и Синюшинского (поздней перми – нижнего триаса) [7, 8]. Месторождение локализуется в области влияния обоих массивов. Такая его позиция и определяла весь ход формирования месторождения.

Установлено, что массивы усть-беловского комплекса формировались в разных тектонических блоках Горного Алтая (Чарыш-

ском, Талицком, Бийско-Катунском) и с ними связаны различные типы оруденения, в том числе и медно-порфировое. Как правило, это многофазные интрузивы, в составе которых рассматривается 5 фаз: 1 – габбро, габбро-долериты; 2 – диориты, кварцевые диориты; 3 – гранодиориты; 4 – граниты и меланограниты; 5 – лейкограниты. В составе Колыванского массива нами выявлены все породные типы вышеуказанных фаз. Характерной особенностью пород Колыванского массива, это развитие порфировых разностей гранодиорит-порфиров, гранит-порфиров 4 и 5 фаз внедрения, которые особенно широко распространены в юго-западной части массива, вблизи вольфрам-молибденового кварцево-грейзенового Колыванского месторождения.

Типы оруденения Колыванского месторождения

В пределах месторождения выделяются три геолого-промышленных типа оруденения: медно-молибден-порфировый, связанный с гранитоидами усть-беловского комплекса (массив Колыванский) (D_3), и кварцево-грейзеновый молибден-вольфрамовый и пегматоидный молибден-вольфрам-бериллиевый, связанные с гранитоидами Синюшинского массива (T_1), который представляет собой типичную редкометаллную рудно-магматическую систему [1]. По составу биотита они относятся к шошонитовому типу [1].

Медно-молибден-порфировый тип оруденения. Этот тип оруденения по нашим данным локализуется в южной оконечности Колыванского массива и сосредоточен среди биотитовых гранит-порфиров заключительной фазы этого массива на площади 600×700 м по обе стороны от секущей дайки лейкогранитов синюшинского комплекса. Биотитовые граниты повсеместно претерпели пропилитизацию, а местами березитизацию. В гранит-порфирах медно-молибден-порфировое оруденение образует прожилково-вкрапленные выделения кварца с сульфидами.

Вкрапленность пирита и халькопирита размерами от 0,5 мм до 2-5 мм также сопровождается оторочками кварца, редко биотита и гидробиотита. Местами помимо сульфидов присутствует вкрапленность магнетита неправильной формы размерами от 1 до 4 мм. Магнетит сопровождается каёмками кварца с серицитом и хлоритом. Отмечено,

что вблизи контакта с поздней дайкой лейкогранитов магнетит и пирит приобретают кристаллическое строение в результате перекристаллизации. Пирит в таких участках даёт комбинированные формы октаэдра и куба, а магнетит кристаллизуется в виде правильных кубических кристаллов и сростков кристаллов. В таких приконтактовых участках с поздней дайкой лейкогранитов синюшинского комплекса среди гнёзд хлорита наблюдаются зёрна граната размерами от 1 до 3 мм.

На участках березитизации гранит-порфиров Колыванского массива проявлено прожилковое оруденение в виде гетерогранобластового кварца 1 генерации мощностью от 3 до 15 мм и секущих их прожилков кварца 2 генерации мощностью от 2 до 5 мм, сопровождающихся мусковитом и аллотриоморфными выделениями молибденита и халькопирита, редко пирита, пирротина, сфалерита и шеелита размерами от 1 до 3 мм. При этом кварц 1 генерации характеризуется резко волнистым угасанием, указывающим на значительные деформации. Местами березиты содержат от 30 до 50 % мусковита. Среди таких мусковитовых участков наблюдаются редкие гнёзда и прожилки сульфидов – халькопирита, пирита, редко молибденита, борнита и халькозина.

В прожилково-вкрапленных порфировых рудах по результатам штучного опробования концентрации компонентов варьируют (%): меди от 0,3 до 1,5, молибдена от 0,05 до 0,2, висмута от 0,05 до 0,2, цинка от 0,1 до 0,5, золота от 0,5 до 2 г/т.

Порфировое оруденение требует доизучения, так как масштабы его не ограничиваются той площадью, которая указана выше.

Кварцево-грейзеновый молибден-вольфрамовый тип оруденения. Разработка месторождения велась с поверхности и подземными горными выработками до глубины 200-240 м. Добыто около 650 тыс.т. руды (2,5 тыс.т вольфрамового концентрата). Параллельно с эксплуатацией проводился разведочные работы.

Общая длина рудной площади, разделенной на три участка – Северный, Центральный и Южный, около 2 км. Месторождение приурочено к дайкообразному телу, сложенному аплитовидными биотитовыми гранитами, гранит-порфирами и аплитами синюшинского комплекса. Представлено серией кварцевых жил субмеридионального простирания. Известно около 26 про-

мышленных жил. На Северном и Центральном участках кварцевые жилы относительно выдержаны и сопровождаются грейзенизацией по зальбандам. На Южном участке кварц образует уже преимущественно линзы и гнезда внутри широко развитых грейзенизированных пород. Кварцевые жилы месторождения нередко кулисообразно заходят одна за другую как по простиранию, так и по падению.

На месторождении имели место пострудные нарушения. Наиболее ясно выражен "Большой взбросо-сдвиг", по которому рудные тела Северного участка перемещены относительно Центрального к северо-западу. Горизонтальное смещение также значительное. Известны нарушения с амплитудой смещения порядка 0,5-6,0 м.

Кварцевые жилы месторождения имеют небольшую мощность (0,15-1,0 м, средняя 0,35 м). Рудные жилы мощностью 0,2-0,7 м имеют протяженность 50-450 м. По своему строению они неоднородны. В некоторых центральная часть сложена кварцем, сменяющимся к периферии кварцево-сланцевой породой. Окварцевание, постепенно затухая, переходит через грейзенизированную породу в неизмененный микроаплит.

По характеру минерализации месторождение может быть отнесено к медно-висмут-вольфрамовому при решительно преобладающей роли вольфрама. Минералогический состав руд (в порядке выделения минералов): кварц, магнетит, вольфрамит, пирит (I), арсенопирит, молибденит, шеелит, айкинит, виттехенит, висмут, пирит (II), халькопирит, куприт, азурит, малахит. Кроме того, в рудах встречались слюда, турмалин, флюорит, полевой шпат, гранат (данные Ю.А.Спейта, А.М.Новоселова). Вольфрамит, молибденит, висмутовые минералы и арсенопирит имеют мелко гнездовый характер распределения. Вольфрамит обычно встречается в виде мелких зерен от 1 до 10 мм, создавая агрегативные скопления размером до 15-20 см в диаметре. Размер отдельных кристаллов не превышает 5-7 см. По составу вольфрамит нормальный и марганцовистый (гюбнерит). При этом гюбнерит ассоциирует с флюоритом.

На Южном участке нами отмечены, кроме грейзенов, фельдшпатолитовые метасоматиты. Это от крупно- до гигантско-зернистых метасоматитов с гипидиоморфнозернистыми выделениями микроклин-пертита

(1-20 мм) и более редкими скоплениями идиоморфного альбит-олигоклаза (0,6-1 мм). Такие участки фельдшпатолитов имеют размеры от 1 до 2,5 м в поперечнике. Местами среди фельдшпатолитов отмечены гнезда турмалина шерл-дравитового ряда и вкрапленность шеелита, пирита, арсенопирита.

Грейзены на месторождении имеют, преимущественно, кварц-альбит-микроклин-мусковитовый состав с пиритом в виде вкрапленности и гнезд аллотриоморфных выделений и призматических кристаллов вольфрамитов, вкрапленников арсенопирита размерами от 1 до 6 мм.

Отмечаются также грейзены с турмалином, пиритом, вольфрамитом. В таких грейзенах наблюдаются системы разновозрастных прожилков. Ранние из них представлены кварцем 1 генерации «льдиного» серого цвета мощностью от 2 до 7 см (с вольфрамитом, арсенопиритом, пирротинном, висмутином). Поздние прожилки кварца 2 генерации белого, местами прозрачного с турмалином, пиритом 2 генерации, вольфрамитом, халькопиритом, редко – борнитом.

Кварцевые жилы мощностью от 5 до 15 см, залегающие среди грейзенов, как правило, зональные. В центре таких жил локализуется серый, темно-серый «льдиный» кварц 1 генерации крупнокристаллический с редкой вкрапленностью пирита, арсенопирита, висмутитина, самородного висмута, пирротина, вольфрамитов, молибденитов.

В зальбандах отмечается кварц 2 генерации более мелкокристаллический с вкрапленностью и гнездами пирита, халькопирита, редко – борнита.

Неясное положение занимают прожилки кварца белого, почти прозрачного с вкрапленностью и гнездами флюорита и гюбнерита. Взаимоотношений с кварцем, содержащим вольфрамит, нами не обнаружено. Составы элементов – примесей вольфрамитов и гюбнеритов представлены в табл. 1.

Сравнение составов элементов-примесей в вольфрамитовых и гюбнеритовых показало, что в вольфрамитовых наблюдаются более высокие концентрации таких элементов как хром, кобальт, медь, ниобий, уран и меньше – кадмий, титан. При этом в вольфрамитовых в сравнении с гюбнеритами ощутимо преобладают средние и тяжелые редкоземельные элементы: иттрий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций (табл. 1).

Таблица 1

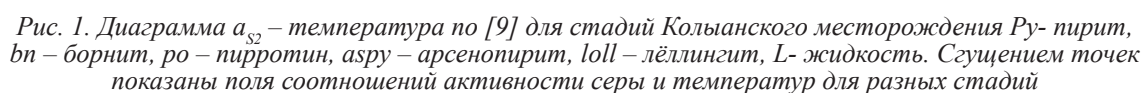
Содержания элементов-примесей в вольфрамитовых и гюбнеритовых (г/т)

Элементы	Номера проб вольфрамитов		Номера проб гюбнеритов	
	3559-5	3478-4	3486-7	3486-9
Be	8,11	1,2	2,26	2,1
Ti	216	156	295	304
V	36,0	32,3	37,2	36,9
Cr	44,3	38,4	24,2	21,2
Mn	98351	86538	150345	165206
Fe	126313	127507	57895	56798
Co	3,69	3,27	6,93	7,08
Ni	149	0,002	14,0	14,1
Cu	1632	1022	34,7	33,9
Zn	168	162	156	158
Ga	11,3	7,17	11,1	10,2
Rb	16,7	6,15	9,51	8,93
Sr	49,4	100,0	45,0	45,8
Y	119	212	6,3	6,1
Zr	15,7	24,6	20,2	21,3
Nb	166,7	166,0	71,3	70,3
Mo	22,8	26,3	27,7	25,9
Cd	0,062	0,032	0,081	0,092
Cs	13,3	3,73	5,02	5,2
Ba	88,2	89,4	88,9	88,7
La	5,65	1,61	3,78	3,65
Ce	16,9	3,73	7,22	6,34
Pr	1,56	0,429	0,711	0,87
Nd	5,54	1,91	2,53	2,45
Sm	2,14	1,74	0,731	0,654
Eu	0,401	0,349	0,299	0,207
Gd	5,04	9,07	1,03	1,02
Tb	1,96	4,0	0,389	0,354
Dy	22,0	47,1	4,07	4,12
Ho	6,82	14,6	0,981	0,945
Er	29,4	59,0	4,39	3,45
Tm	6,97	12,5	1,47	1,34
Yb	60,1	97,3	16,5	15,9
Lu	10,5	15,9	3,03	2,98
Hf	0,854	0,929	0,904	0,901
Ta	2,25	3,5	2,07	2,12
Pb	1017	1860	902	897
Th	6,98	2,76	3,72	3,68
U	119	13,6	10,8	10,3
U/Th	17,0	4,9	2,9	2,8

Примечание. Анализы выполнены методом ICP-MS в Лаборатории ИМГРЭ (г. Москва).

Вольфрамиты характеризуются и более высокими отношениями урана к торью. Температуры гомогенизации кварца льдистого ранней стадии с пиритом 1, арсенопиритом, вольфрамитом, висмутином варьи-

руют от 380 до 415 ° С. Температуры гомогенизации кварца 2 генерации второй стадии с халькопиритом, пиритом 2 генерации и борнитом значительно ниже – 280-310 ° С (рис. 1).



Среднее содержание полезных компонентов в рудах по месторождению составляет: триоксида вольфрама – 0,66%; висмута – 0,13% и меди – 1,54%. В вольфрамовом концентрате содержатся: меди – 4,25%, свинца – 0,27%, цинка – 0,33%, молибдена

В пределах Колыванского месторождения совмещены разновозрастные типы оруденения медно-молибден-порфировое и комплексное грейзеновое медно-молибден-вольфрамовое с висмутом, а также пегматитовое вольфрам-молибден-бериллиевое с танталом и ниобием. Помимо главных компонентов руд в грейзенах на месторождении определенный интерес представляют также висмут, индий, теллур, селен, ниобий, тантал, т.е. по минеральному и химическому составу руды являются комплексными. Прирост запасов по меди может быть осуществлён за счёт изучения южной периферии Колыванского гранитного мас-

сива и оценки медно-молибден-порфирового оруденения.

Заключение

Таким образом, на Колыванском месторождении распространены разновозрастные интрузивные комплексы: позднедевонский усть-беловский и раннетриасовый Синюшинский массив, относящийся к белокурихинскому комплексу шошонитовых гранитоидов [4, 6].

По генезису и составу месторождение относится к комплексным объектам. В нём выделяется: 1 – более раннее медно-молибден-порфировое оруденение, связанное с гранитоидами Колыванского массива усть-беловского комплекса; 2 – пневматолито-гидротермальное высокотемпературное медно-вольфрам-молибденовое с висмутом и 3 – пегматитовое вольфрам-молибден-бериллиевое, а также тантал-ниобиевое, связанные с Синюшинской интрузией гранитов белокурихинского комплекса.

Список литературы

1. Гусев А.И. Петрология редкометалльных магмо-рудно-метасоматических систем Горного Алтая // Известия Томского политехнического университета. – Томск. 2005. – № 4. – Том 307. – С. 43-47.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Железо-оксид-медно-золоторудный класс месторождений западной части Алтае-Саянской области и прилегающих территорий // Природа и экономика Кузбасса. Региональный сборник научных статей. Вып. 11. Т. 1. – Новокузнецк, 2007. – С.10-14.
3. Гусев А.И. Месторождения спекулярита Горного Алтая // Руды и металлы. – 2007. – № 2. – С.33-42.
4. Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М. Петрология и рудоносность белокурихинского комплекса Алтая. – Бийск: БПГУ, 2008. – 193 с.
5. Гусев А.И. Типизация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 4. – С.54-57.
6. Гусев А.И., Гусев А.А. Шошонитовые гранитоиды: петрология, геохимия, флюидный режим и оруденение. – Москва: Изд-во РАЕ, 2011. – 125 с.
7. Гусев А.И. Минералогия и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.
8. Чекалин В.М. Колыванское месторождение висмут-медно-вольфрамовых руд в Горном Алтае // Руды и металлы. – 1999. – № 4. – С. 22-30.
9. Barton P.B., Skinner B.J. Sulfide mineral stabilities // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – New York. – 1979. – P.278-403.

УДК 552.11:553.078(571.151)

**ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ
ТОШАНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ГОРНОГО АЛТАЯ****Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные по составу жильного основного золото-сульфидно-кварцевого оруденения Тошанского рудного поля Горного Алтая. Оруденение тесно пространственно и парагенетически связано с дайками долерит-лампрофирового терехтинского комплекса поздней перми - раннего триаса. Оруденение формировалось в 4 стадии. Продуктивный агрегат кварца 3, арсенопирита 2 тонкоигльчатого, халькопирита, золота кристаллизовался при температурах 240-250 °С и самой высокой активности серы во флюидах. $\delta^{34}\text{S}$ в пиритах разных генераций варьируют от 0,5 до 0,9 ‰, указывающие на мантийный не контаминированный источник серы. В рудном поле описаны новые типы оруденения: золото-ртутное в карбонатных породах и приведены данные о возможности нахождения и золото-черносланцевое оруденения в высокоуглеродистых толщах ташантинской свиты среднего девона.

Ключевые слова: жилы, руды, золото, арсенопирит, пирит, халькопирит, галенит, температура кристаллизации, пробыность золота, изотопы серы, свинца, золото-ртутный тип, золото-черносланцевый тип.

**GOLD-SULFIDE-QUARTZ ORE MINERALIZATION
OF TOSHANSKOJE DISTRICT OF MOUNTAIN ALTAI****Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data on composition of lode basic gold-sulfide-quartz ore mineralization of Toshanskoje district of Mountain Altai lead. Ore mineralization related narrow and paragenetic with dikes of dolerite-lamprophyre Terekhinslii complex Lower Permian-Early Trias. Ore mineralization formed in 4 stages. Productive aggregate of quartz 3, arsenopyrite slim aciculate, chalcopyrite, native gold crystallized at temperature 240-250 °C and more high activity sulfur in the fluids. $\delta^{34}\text{S}$ in pyrites all generation vary from 0,5 to 0,9 ‰, showing on mantle marks of not contamination of spring sulfur. New types ore mineralization: gold-mercury in carbonate rocks and data about possible finding gold-black shale in high carbonic measures Tashantinskaja formation Middle Devonian lead.

Keywords: lodes, ores, gold, arsenopyrite, pyrite, chalcopyrite, galenite, temperature of crystallization, fineness of gold, isotopes of sulfur, lead, gold-mercury type, gold-black shale type.

Введение

Жильный золото-сульфидно-кварцевый тип оруденения имеет большую практическую значимость и может давать крупные золоторудные объекты: Колар в Индии, Калгурли в Австралии [8], Зун-Холбинское (Саяны) [1] и другие. Жильный тип золото-сульфидно-кварцевого оруденения распространён в Горном Алтае в пределах Бирюлинского рудного поля, Атуркольского и Башелакского рудного узлов [2-4], возраст которых принят девонским. Золотое оруденение Тошанского рудного поля изучено слабо, хотя тесная связь долерит-лампрофировых даек терехтинского комплекса и жильных золоторудных объектов указывает на значительно более молодой триасовый возраст оруденения и возможность выявления и новых других типов оруденения, кроме известного жильного.

Результаты исследований

Тошанское серебро-золоторудное поле приурочено к южному блоку крупного Курайского разлома. Рудовмещающие породы

– карбонатно-терригенные образования ташантинской свиты (D_2), смятые в асимметричные складки северо-западного направления и прорванные роями даек долерит-лампрофирового терехтинского комплекса (P_2-T_1). Длина даек колеблется от 100 до 500 м. при мощности от 0,4 до 20 м. В пределах рудного поля известны: мелкое Тошанское месторождение (Западный и Восточный участки), а также проявления Тожом, Сарыюк, Южное.

Соотношения изотопов свинца в дайке спессартитов месторождения Тошан составляют: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 18,02$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 15,43$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 37,84$.

На диаграмме соотношений изотопов свинца $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ в спессартитах Тошанского месторождения фигуративная точка тяготеет к границе мантийного источника (рис. 1).

Проявления рудного поля располагаются в пределах Узоноюкской синклинали, южное крыло которой характеризуется пологими (5-30°), а северное более крутыми (40-60°) углами падения. В Тошанском руд-

ном поле выявлено две крупные рудоносные зоны - Южная и Северная. Южная зона, приуроченная к горизонту песчаников и прослеженная с помощью канав на 4 км по простиранию, вмещает Тошанское месторождение и Тожомское проявление.

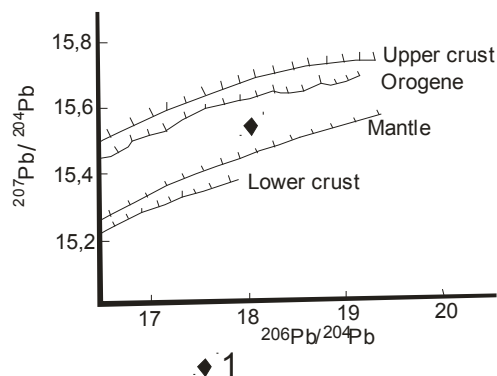


Рис. 1. Свинцовая изотопная эволюция для нижней и верхней коры, мантии и орогена для отношений $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ в спессартитах Тошанского месторождения. Границы источников: Upper crust – верхней коры, Lower crust – нижней коры, Orogene – орогена, Mantle – мантии по [10]. 1 – спессартиты Тошанского месторождения

По аномальному магнитному полю на глубине 400 м предполагается интрузивный массив. В пользу этого предположения могут свидетельствовать площадные изменения пород: окварцевание, альбитизация и серицитизация, которые можно рассматривать как слабое ороговикование. Изменения пород подчеркиваются изометричными и вытянутыми в широтном направлении первичными геохимическими ореолами молибдена, вольфрама, золота, сурьмы, серебра, мышьяка, свинца и цинка.

На участках Западный и Восточный Тошан вскрыто 23 жильных золотосодержащих тела кварц-арсенопирит-скородитового состава, имеющие северо-западное простирание и крутое (60-80°) северо-восточное, реже юго-западное падение. Большая часть жил локализована в верхней части горизонта «рудоносных» песчаников, где отмечается экранирование их черными слоистыми глинисто-углеродистыми алевролитами. Протяженность рудных жил колеблется от 50 до 206 м, мощность от 0,1 до 2,25 м, в среднем составляет 0,84 м. Морфология жил сложная, они извилистые по простиранию с раздувами, пережимами и апофизмами, короткие, быстро выклинивающиеся по падению. Жилы выполняют систему тре-

щин отрыва в пачке песчаников и пространственно ассоциируют с дайками долеритов терехтинского комплекса.

Жилы выполняют трещины отрыва и скола в песчаниках, изредка пересекающие и дайки. Жилы выполнены, преимущественно, кварцем 1 генерации, гетерогранобластовым с редкой вкрапленностью пирита 1. В залбандах жил отмечается сидерит, альбит, серицит и хлорит. Иногда в контактах прожилков кварца 1 отмечаются гнёзда мусковита. Основная масса рудных минералов – скородита, арсенопирита 1 генерации крупнокристаллического, пирита 2 генерации, марказита, пирротина, магнетита, ассоциирует с кварцем 2 генерации стебельчатой и мозаичной микроструктуры. Кварц 3 генерации образует тонкие прожилки и линзочки тонкозернистой микроструктуры и с ним связаны арсенопирит тонкоигльчатый 2 генерации в ассоциации с аргентитом, галенитом, халькопиритом, реже – сфалеритом, борнитом, золотом и самородным серебром. Кварц 4 имеет колломорфно-зональное строение. Местами в ассоциации с последним отмечаются барит, анкерит и самородное серебро.

Арсенопирит крупнокристаллический 1 генерации встречается самостоятельно, а также отмечен в скородите в виде реликтовых зёрен. Золото находится в парагенезисе с аргентитом и самородным серебром, ассоциирующим с кварцем 3 генерации. Это и есть основной продуктивный на золото агрегат на месторождении Тошан. Размеры золотинок 0,008-0,05 мм. Оно также присутствует в арсенопирите крупнокристаллическом (от 10 до 80 г/т) и тонкоигльчатом (120-180 г/т). Пробность золотинок варьирует от 910 до 967 %. Основные элементы примеси в золоте – серебро, медь, железо, теллур.

Температура гомогенизации газожидких включений в кварце 2 составляет 295-305 °С, а кварца 3 генерации продуктивного парагенезиса – 240-250 °С.

На диаграмме $T - \log a_{\text{S}_2}$ отчётливо видно, что в процессе формирования оруденения от стадии 2 с арсенопиритом крупнокристаллическим, пиритом, пирротинном, магнетитом активность серы была значительно ниже, чем при кристаллизации продуктивного парагенезиса игльчатого арсенопирита, золота, висмутита (рис. 2). Более высокая активность серы во флюидах сопровождалась кристаллизацией сульфидов, насыщенных серой и отложением основной массы золота в рудах.

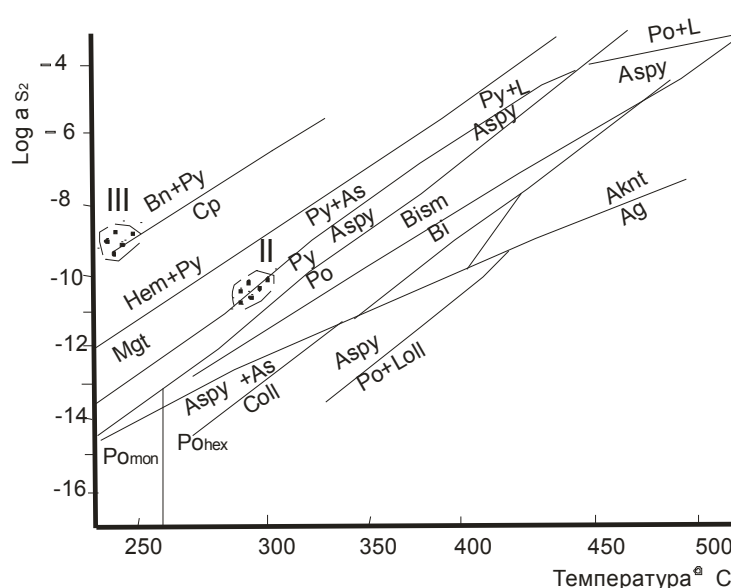


Рис. 2. Диаграмма a_{S_2} – температура по [7] для стадий Тошанского месторождения

Py – пирит, Bn – борнит, Po – пирротин, Aspy – арсенопирит, Loll – лёллингит, Mgt – магнетит, Bism – висмутит, Hem – гематит, Po_{мон} – пирротин моноклинный, Po_{hex} – пирротин гексагональный, L – жидкость. Сгущением точек показаны поля соотношений активности серы и температур для разных стадий: II – кварц 2, арсенопирит 1 (крупнокристаллический), пирротин, пирит 2; III – кварц 3 генерации пирит 3, галенит, халькопирит, борнит, арсенопирит 2 (тонкоизмельчатый), золото.

Изотопные отношения серы в пиритах разных генераций руд месторождения дают узкий интервал значений ($\delta^{34}S$ от 0,5 до 0,9 ‰), указывающий на мантийный не контактированный источник серы [9].

Руды Тошанского месторождения сложены арсенопирит – скородитовым агрегатом в виде вкрапленности и гнезд. Содержания основного рудообразующего элемента, золота, варьируют (г/т) от 0,001 до 16,8 (среднее 2,45). Сопутствующий компонент, мышьяк, содержится в количествах (%) от 0,1 до 30,0 (среднее 10,0). В целом руды имеют халькофильную геохимическую специализацию. Пострудный агрегат представлен прожилками халцедона мощностью 0,5–1 см. и хлорита (1–3 мм).

Прогнозные ресурсы золота категории P₁ для месторождения Тошан составляют 766 кг.

Рудные жилы сопровождаются кварц-серицитовыми березитами с тонкой вкрапленностью пирита, а на удалении от жил сменяются аргиллизитами альбит-серицитовыми с сидеритом. В составе первичных ореолов на месторождении присутствуют Au, As, Bi, Sb, Cu, Ba, F.

Следует указать, что Тошанское рудное поле перспективно не только на жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение, но

и на золото-сульфидное в углеродисто-терригенных толщах, перспективы которого предстоит оценить. Углеродисто-терригенные разрезы с подобными зонами минерализации распространены южнее Тошанского проявления.

Кроме того, западные части Тошанского рудного поля весьма перспективны на обнаружение золотого оруденения полихронного типа. Западные выклинки наложенного девонского прогиба могли выступать в качестве экрана для флюдов мезозойского возраста, формировавших жильный тип Тошанского эталона золота. А в случае наложения мезозойского золотого оруденения на золото-черносланцевые образования, локализованные в тыдтуярыкской свите, могли формироваться объекты полигенные и полихронные. Тектонические рудоподводящие структуры мезозойского этапа рассекают западные выклинки девонского прогиба и прослеживаются на восточном фланге Сокпанды-Чичкитерекского рудного узла.

Проявление Сарьююк расположено в верховьях одноименного ручья в 1300 м на северо-запад от проявления Западный Тошан.

Здесь среди гидротермально-измененных пород канавами вскрыта жильная зона субширотного простиранения. Мощность

жильной зоны не менее 50 м, протяженность, установленная по элювиальным развалам, составляет не менее 150 м. В зоне залегает восемь кварцевых жил мощностью от 0.1 до 2.35 м, субширотного простирания и крутого (40-80°) юго-западного, реже северо-восточного падения.

Большая часть жил несет слабую скородитовую минерализацию, более интенсивную в зальбандовых частях жил. В элювиальных развалах встречаются фрагменты жил, обогащенных густой вкрапленностью, а иногда синими зернистыми массами арсенипирита. Спектральным анализом бороздовых проб из жил установлено содержание мышьяка – 0.07 %, свинца – 0.0005%, бария – 0.002%, меди – 0.004 %.

Содержание золота в жилах по результатам пробирного анализа достигает 2.1 г/т (одна проба), в большинстве проб составляет “следы” мышьяка – 0.02-0.58%, до 7.65 %. Максимальное содержание в жилах составляет 21.6 г/т, серебра – 6 г/т.

Проявление Южное расположено в среднем течении р. Тожом в тектоническом блоке мраморизованных известняков тыд-туярыкской свиты, ограниченном тектоническими нарушениями широтной и северо-западной ориентировки. Известняки прорваны дайкой долеритов северо-западного (300°) простирания, северо-восточного падения (45-50°) мощностью 1.2 м протяженностью 32 м.

В лежачем боку дайки канавой 59 вскрыт прожилок полуокисленного арсенипирита мощностью 0.15 м, содержащий золота – 2.7 г/т, мышьяка 1.53 %.

В окварцованных известняках, превращённых в джаспероиды, нами обнаружены участки с вкрапленностью пирита, марказита, арсенипирита, киновари, антимонита и редко-золота с содержаниями золота от 0,2 до 3,4 г/т, ртути – от 0,1 до 0,6 %. Пробность золотин в руде варьирует от 867 до 980 ‰. В золоте основную примесь составляют ртуть и серебро. Иногда содержания ртути достигают 1 %. Эти данные указывают на то, что проявление Южное следует относить к золото-ртутному типу.

В омарганцованных лимонитизированных известняках в зонах дробления содержания золота не превышают 0.3 г/т, мышьяка 0.2 %.

В Тошанском рудном поле прогнозируется жильный золото-сульфидно-кварцевый тип оруденения, связанный с разломами сдвиговой кинематики. Площадь рудно-

го поля 50 км². При удельной продуктивности золота 2т/км² для жильного оруденения таксонов рудных полей и коэффициенте геологического подобия 0,6 прогнозные ресурсы золота категории P₂ составят: $QR_2 = 50 \times 2 \times 0,6 = 60$ т.

Для Тошанского серебро-золоторудного узла за пределами Тошанского рудного поля прогнозируется жильный золото-сульфидно-кварцевый тип оруденения. Площадь рудного узла 600 км². Удельная продуктивность для жильного типа 0,5 т/км². При коэффициенте геологического подобия 0,6 прогнозные ресурсы золота категории P₃ составят: $QR_3 = 600 \times 0,5 \times 0,6 = 180$ т.

Интерпретация результатов

Таким образом, к настоящему времени в пределах Тошанского рудного поля выявлена группа золоторудных объектов жильного золото-сульфидно-кварцевого типа, каждый из которых не представляет промышленного значения. Однако, проведенные работы показывают, что признаки золото-рудной минерализации и сопровождающие её геохимические ореолы, распространены на гораздо большей площади, включающей западное обрамление Юстыдской структурно-формационной зоны.

Тошанское рудное поле относится к типу месторождений, залегающих в мощных терригенных толщах. Рудное поле характеризуется специфическими особенностями терригенных пород, выражающимися в высокой углеродистости отложений ташантинской свиты, двухритмовом строении пачек, фациальной латеральной изменчивости. Здесь развиты системы протяженных рудовмещающих зон трещиноватости, дайковый пояс долеритов, долеритовых порфиров и лампрофиров теректинского комплекса, поля гидротермальных кварцевых жил. По соотношениям изотопов свинца в спессартитах Тошанского месторождения чётко устанавливается мантийная природа рудогенерирующего магматизма. Источник серы в пиритах месторождения также имеет мантийную природу.

Как известно, рудные поля в терригенных толщах характеризуются однотипной зональностью оруденения и одинаковой последовательностью формирования главных минеральных комплексов: допродуктивный - метасоматический кварц и железистый карбонат, ранний продуктивный - сульфидный (арсенипирит, пирит) с тонкозерни-

стым золотом; поздний продуктивный - со свободным золотом в сростании с кварцем и сульфидами свинца цинка, меди и других элементов. Допроductивный комплекс располагается на нижних уровнях гидротермальной колонны, а размещение последующих комплексов отвечает прямой зональности оруденения. Продуктивный интервал гидротермальной колонны может достигать нескольких километров. В Тошанском рудном поле присутствует большинство названных поисковых критериев и имеются признаки присутствия золоторудных кварцевых жил, с поисками которых связываются перспективы площади. Рекомендуется проведение специализированных на золото поисковых работ с целью выявления выходящих на поверхность и, главным образом, слепых кварцево-жильных рудных тел и выявления золото-черносланцевого оруденения. Проявление Южное, локализованное в известняках, имеет черты золото-ртутного типа [6].

Заклучение

Таким образом, в Тошанском рудном поле основную роль играют жильные месторождения и проявления золото-сульфидно-кварцевого типа, контролируемые сбросо-сдвигами и имеющими парагенетическую связь с дайками долерит-лампрофирового теректинского комплекса. Формирование оруденения протекало в несколько стадий. Основной продуктивный агрегат на золото формировался при температурах 240-250 °С при значительно более высокой активности серы. Рудогенерирующий магматизм и источник серы сульфидов

месторождения Тошан имеет мантийный источник.

В южной части рудного поля прогнозируется площадь, перспективная на обнаружение золото-черносланцевого типа, более перспективного на выявление крупных объектов. Кроме того, на проявлении Южном обнаружено оруденение, сходное с золото-ртутным типом, развитым широко в Алтайском регионе [5, 6].

Список литературы

1. Гусев А.И., Гусев Е.А. Некоторые петрохимические особенности золотоносных гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области // Руды и металлы. – 2000. – №5. – С. 25-32.
2. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск: Изд-во STT, 2003. – 350 с.
3. Гусев А.И. Минералогия и полезные ископаемые Республики Алтай. – Бийск: Изд-во АГАО, 2010. – 385 с.
4. Гусев А.И. Минералогия и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.
5. Гусев А.И., Белозерцев Н.В. Золото-ртутный тип оруденения в Сибирячихинском грабене (Горный Алтай) // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 2. – С. 7-10.
6. Гусев А.И. Типизация золото-ртутного оруденения Горного Алтая // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 12. – С. 87-91.
7. Barton P.B., Skinner B.J. Sulfide mineral stabilities // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – New York. – 1979. – P.278-403.
8. Hodgson C.J. Mesothermal lode-gold deposits. – In: Kirkham R.V. (ed). // Mineral Deposit Modeling. – Ontario. – 1995. – P.635-678.
9. Ohmoto H., Rye R.O. Isotopes of sulfur and carbon // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – John Wiley, Sons. – New York. – 1979. – P.509-567.
10. Zartman R.E., Haines S.M. The plumbotectonic model for Pb isotopic systematics among major terrestrial reservoirs – a case for bidirectional transport // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1988. – V. 52. – PP. 1327-1339.

УДК 55:550.3

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕСТОРОЖДЕНИЙ САПРОПЕЛЯ ВОДНО-ЭРОЗИОННЫХ ОЗЕР МЕТОДОМ ЗВУКОВОЙ ГЕОЛОКАЦИИ

Макаренко Г.Л.*ГОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», Тверь,
e-mail: mgl777@mail.ru*

Рассмотрены особенности образования и накопления сапропеля в озерах. Выявлены палеорусла и особенности строения озер. Определены порядки озер и дана их характеристика.

Ключевые слова: озеро, сапропель, месторождение, палеорусло, палеорусло, порядок впадины, прогноз, звуковая геолокация.

FORWARD-LOOKING ASSESSMENT OF QUALITY OF CHARACTERISTICS OF SAPROPEL DEPOSITS OF LAKES WATER EROSION BY METHOD SOUND GEOLOCATION

Makarenko G.L.*«Tver State Technical University», Tver; e-mail: mgl777@mail.ru*

The features of of formation and accumulation of sapropel in lakes. Paleorusla were revealed structural features of the and lakes. The orders of are defined lakes and their characteristics are given.

Keywords: lake sapropel deposit paleoruslo, order hollows forecast, sound geolocation.

Введение

Метод звуковой геолокации является одним из разделов геоакустики, предназначенный изучать природные явления и закономерности геологических сред при распространении в них упругих механических волн [1, 2]. Определение расстояний основано на измерении времени распространения звукового сигнала от звуколокатора до объекта (например до дна водоема) и обратно (рис. 1). Генератор возбуждает излучатель блока вибраторов (3) и одновременно дает сигнал на индикатор синхронизации, отмечающий момент досылки звукового импульса излучателем (2). Звуковой импульс отраженный от объекта локации, воспринимается приемником (1) блока вибраторов и подается через приемный усилитель на самописец (4), фиксирующий момент возвращения импульса. Усилитель с приемником составляет приемный тракт звукового геолокатора.

Измеренное расстояние выразится следующим выражением:

$$l_0 = (l_1 + l_2)/2 = (t_1 + t_0)/2 \cdot C,$$

где l_1 и l_2 – фактические пути прохождения звука в среде;

t_1 и t_0 – моменты приема и излучения сигнала;

C – скорость распространения звука в среде.

При прохождении звукового сигнала через несколько сред с различным акустическим сопротивлением происходит его преломление и отражение от границы раздела и другое время прихода в приемный усилитель.

Звуколокационная аппаратура

Для непрерывного промера глубин воды, определения мощности и картирования сапропеля и других отложений в мелководных пресноводных водоемах применяется звуковой геолокатор. В походном положении он транспортируется на прицепе автомобиля УАЗ, а в рабочем состоянии размещается и закрепляется на лодке типа «Казанка» водоизмещением 400 кг, оснащенной подвесным лодочным мотором. В состав комплекта звукового геолокатора входят следующие блоки: центральный прибор 1, в который входят приемный резонансный усилитель и генератор электрических импульсов высокого напряжения (1500 в). Самописец 2 осуществляет управление посылкой и приемом акустических сигналов и запись результатов работы на электротермическую бумагу ЭТБ-2. Блок вибраторов 3 преобразует электрическую энергию в акустическую (вибратор-излучатель) и наоборот (вибратор-приемник). Источник питания бензоэлектрический агрегат 4. Вес комплекта с источником питания до 110 кг (см. рис. 1).

Характер изображения озерных осадков на эхограммах обнаруживает связь с их петрофизическими параметрами и акустическими свойствами (рис. 2).

Работы в условиях акваторий мелководных пресноводных водоемов при картировании сапропелевых отложений основаны на получении наглядной информации о мощностных параметрах сапропеля по геолого-геофизическому профилю (эхограмме), исходя из конкретных природных условий, с учетом специфических особенностей сапропелевой залежи. Поскольку каждая из геологических сред имеет свою скорость распространения упругих волн и определенную величину акустического сопротивления, то требуется проведение та-

рирования записи по определению глубины воды и мощности картируемых отложений (рис. 3). В пунктах тарирования аппаратурой промеряют глубину воды и мощность отложений на эхограмму в записи на ленту самописца. Лотом осуществляют истинное измерение глубины воды, а пробоотборником мощность отложений (ПБ1 и ПБ2). Затем, используя запись на ленте, проводят сопоставление с истинными показателями измерений и строят тарировочный график (а) и масштаб определения глубины воды (б) и установления мощности отложений (в), позволяющий достоверно дешифровать получаемую запись в процессе выполнения звуколокационной съемки (см. рис. 3).

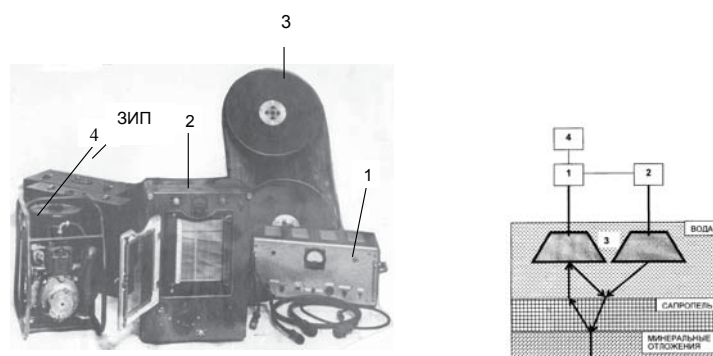


Рис. 1. Принципиальная схема распространения сигнала от звуколокатора до объекта и обратно. Внешний вид звуколокационной аппаратуры.

Состав аппаратуры: 1 – центральный прибор, 2 – самописец, 3 – блок вибраторов, 4 – источник питания (бензоэлектрический агрегат АБ 0,5/220)

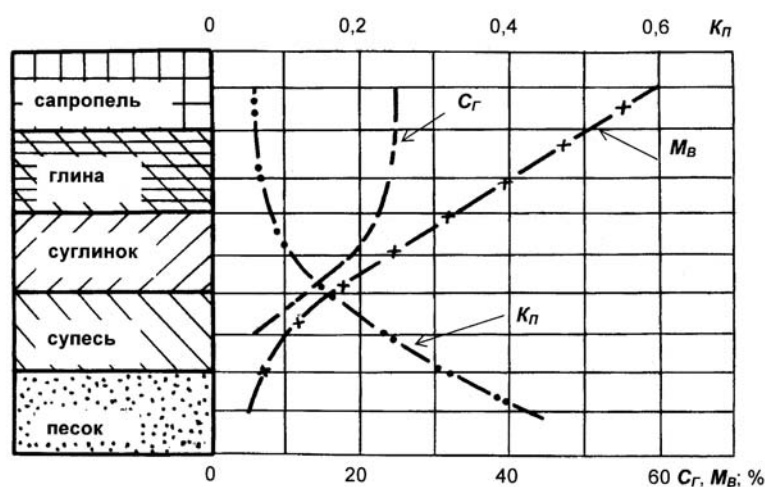


Рис. 2. Распределение акустических свойств и петрофизических параметров по основным видам озерных осадков. $K_{\text{п}}$ – коэффициент отражения, $C_{\text{г}}$ – содержание глинистых частиц, $M_{\text{в}}$ – максимальная молекулярная влагоемкость

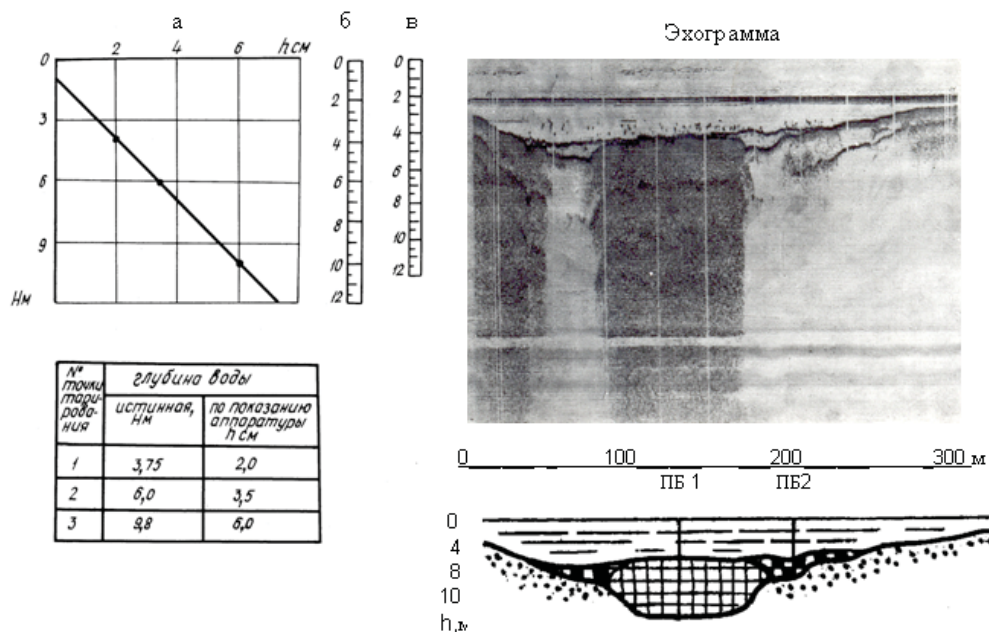


Рис. 3. Пример интерпретации эхограммы по картированию месторождений сапропеля мелководных пресноводных водоемов. Результаты тарирования звуколокационной аппаратуры: а – тарировочный график, б – масштаб определения глубины воды, в – масштаб определения мощности сапропеля

Палеоструктурный анализ озерных впадин по материалам звуковой геолокации

Звуколокационная съемка озер водно-эрозийного генезиса (гидрогенных) на тер-

ритории *Европейской части РФ*, где господствующее положение в рельефе занимают долины, позволила вскрыть русловые формы, погребенные под сапропелевыми отложениями и установить их определенное положение в плане (рис. 4).

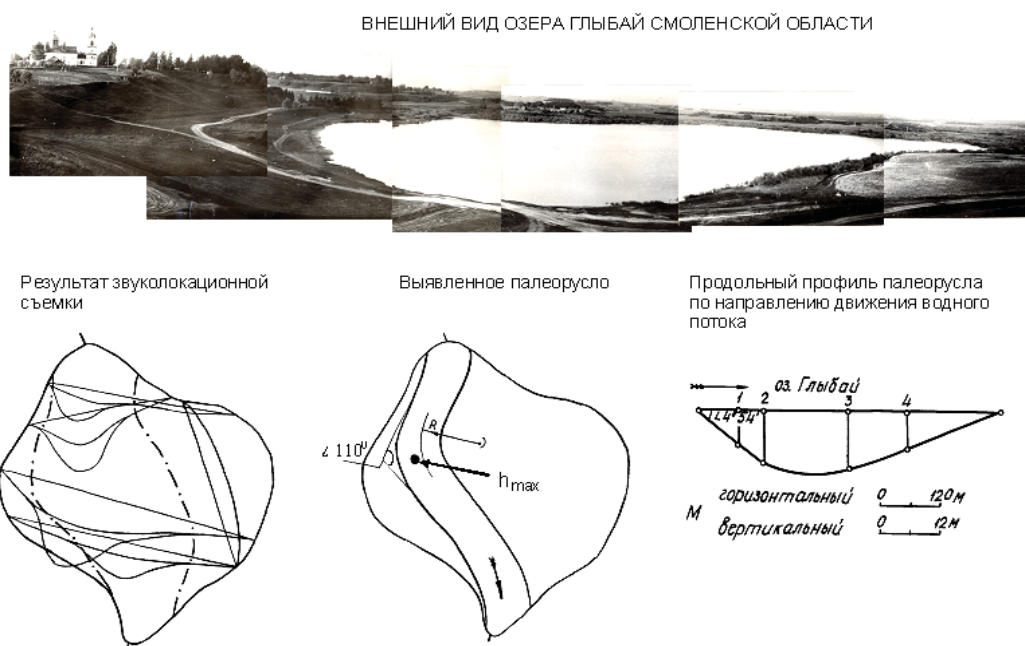


Рис. 4. Пример дешифрирования эхограмм по результатам звуколокационной съемки с целью выявления основных характеристик палеорусла и условий естественного залегания сапропелевых отложений в пределах озерной впадины

Озерные впадины, обязанные своим происхождением водно-эрозионным процессам талых ледниковых вод в послеледниковое время и приурочены к долинам. Они образовались на изгибе русловой формы вынужденного типа, где их максимальная глубина ($h_{\max}$) приходится на начало изгиба (см. рис. 4). Погребенные русловые формы являются основными местами локализации озерных месторождений сапропеля.

По ширине палеоруслу устанавливается его порядок, который меняется в интервале IX – XIII. Порядок впадины отражает стадию развития озера (рис. 5).

Впадины высоких порядков обладают повышенным значением коэффициента удлиненности ($K_y = L/B$), малой величиной коэффициента емкости ($K_v = h_{\text{ср.вп.}}/h_{\text{макс.вп.}}$) и, соответственно, по степени заполнения сапропелевыми отложениями ($C = h_{\text{сапр.}}/h_{\text{макс.вп.}}$) находятся в политрофной стадии развития. Каждому порядку впадины отвечает вполне конкретный диапазон и средние значения

морфометрических показателей впадины и общетехнических свойств сапропелевых отложений в них (табл.)



Рис. 5. Зависимость степени заполнения озерных впадин от максимальной глубины воды
Порядок впадины: 1 – IX; 2 – X; 3 – XI; 4 – XII

Таблица

Осредненная характеристика морфометрических показателей и общетехнических свойств сапропелей для разнопорядковых впадин

Порядок впадин	Средняя ширина палеорусла, м	Коэффициент максимальной глубины	Степень заполнения	Общетехнические свойства, %		
				Зольность	Общий азот	Оксид кальция
IX	70	0,033	0,37	60,5	1,40	23,10
X	125	0,017	0,48	50,4	2,15	13,10
XI	225	0,005	0,50	49,9	1,98	10,41
XII	300	0,003	0,66	48,8	2,44	10,40
XIII	465	0,003	0,56	36,7	2,93	3,44

Установленная зависимость запасов сапропелевых отложений от площади под сапропелем позволяет использовать номограмму для определения запасов в зависимости от числа озер и интервала площади под сапропелем. Палеоструктурный анализ озерных впадин водно-эрозионного генезиса позволяет выявлять условия естественного залегания сапропелевых отложений на дне водоема, оценивать состав и структуру, мощность сапропелевой залежи и природ-

ные свойства сапропелей в зависимости от порядка впадины.

Список литературы

1. Макаренко Г.Л., Макаренко Р.Г. Палеоструктурный анализ озерных впадин водно-эрозионного генезиса на основе метода звуковой геолокации: материалы ежегодной Всероссийской научно-методической конференции: «География: проблемы науки и образования. LXII Герценовские чтения». – СПб.: Астерион, 2009. Том I. – С.116-122.
2. Макаренко Г.Л. Методы исследования природных объектов: учебное пособие. – Тверь: ТГТУ, 2009. – 132 с.

УДК 551.7.03

СОБЫТИЙНО-ВРЕМЕННОЙ КОНТИНУУМ И ОБЩАЯ ШКАЛА ЭТАПОВ ГЕОАСТРОНОМИЧЕСКОЙ ХРОНОЛОГИИ

Ожгибесов В.П.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,
e-mail: ozhgibesov@psu.ru*

Использование геометрической интерпретации континуума на порядковой стратиграфической (геохронологической) шкале в геологии приводит к возможности построения «геоконтинуума». Предложена интерпретация принципа Стенона на континууме «события-и-время», а не только на континууме «стратон-и-время». Событийно-временное понимание континуума позволяет не связывать шкалу хронологии Земли только с геохронологией земной коры и общей стратиграфической шкалой. Это даёт возможность рассмотреть архейско-кайнозойский этап геологического развития земной коры как атрибут и составную часть более значительного интервала времени от образования Вселенной ($13,72 \pm 0,12$ млрд лет в прошлом — до «современности»). В этом случае общая геохронологическая шкала становится частью «общей шкалы этапов геоастрономической хронологии». Геоастрономическая шкала позволяет упорядочить и описать хронологию событий от Большого Взрыва до современности. Построена «Общая шкала этапов геоастрономической хронологии». Длительность «событий» не является критерием рангов для «этапов» шкалы геоастрономической хронологии.

Ключевые слова: принцип Стенона, континуум, геоконтинуум, геоастрономический континуум, общая геоастрономическая шкала, общая стратиграфическая шкала.

EVENTS-AND-TIME CONTINUUM AND A COMMON SCALE FOR STAGES OF GEOASTRONOMICAL CHRONOLOGY

Ozhgibesov V.P.

The Perm State National Research University, Perm, e-mail: ozhgibesov@psu.ru

Use of geometrical interpretation of a continuum on the Common Stratigraphical (Geochronological) Scale in geology leads to an opportunity of construction of «geocontinuum». Is offered interpretation of principle of Stenon like «event-and-time» principle and not only «straton-and-time» principle for representations of a «geocontinuum». Use of geometrical interpretation of a continuum on stratigraphical (geochronological) scale in geology leads to an opportunity of construction of «geocontinuum». The opportunity of «event-and-time» understanding of a continuum allows to not connect only for a scale of chronology of the Earth only with geochronology of an earth's crust and the Common Stratigraphical Scale. Is offered on this basis a «Common Scale of Stages for Geoastronomical Chronology» from the Big Bang and formation of the Universe ($13,72 \pm 0,12$ billion years in the past — up to the Present Time. Duration of the «events» is not criterion of ranks for the «stages» of the scale of geoastronomical chronology.

Keywords: principle of Stenon, continuum, geocontinuum, geoastronomical continuum, common geoastronomical scale, common stratigraphic scale.

Целью настоящей работы является разработка и обоснование Общей шкалы хронологии формирования и развития Земли, Солнечной системы, галактики Млечный Путь и Вселенной от момента их образования до «современности».

Актуальность выполненной работы обусловлена тем, что общая стратиграфическая шкала и соответствующая ей геохронологическая шкала необходимы, но недостаточны для изложения истории происхождения и развития нашей планеты, например, в курсе исторической геологии для студентов геологического факультета или в экспозициях музеев.

В основу работы положены новейшие данные космологии [2, 10], представления о «континууме» [8], адаптированные для интерпретации общей стратиграфической (геохронометрической) шкалы [7, 9], а также авторская концепция использования «континуума»

для решения задач построения «Общей шкалы этапов геоастрономической хронологии» с целью описания качественно специфичных этапов развития Нашей Вселенной, Нашей Галактики, Солнечной системы, Земли.

Представление о «континууме» используют в математике и физике [8].

«... При геометрической интерпретации действительных чисел континуум может быть представлен с помощью точек числовой прямой или оси абсцисс; ... множество всех точек ... отрезка такой прямой эквивалентно множеству всех действительных чисел...» [8, с. 275].

Использование геометрической интерпретации континуума на порядковой стратиграфической (геохронологической) шкале в геологии тоже целесообразно [5].

Принцип Стенона [6] и общая стратиграфическая шкала могут служить иллюстрацией пространственно-временного (ге-

ологического) континуума. Геоконтинуум иллюстрирует время напластования, очерённость и пространственное соотношение слоёв в геологическом разрезе. Геометрической моделью *пространственно-временного геоконтинуума* является порядковая общая стратиграфическая (геохронологическая) шкала с упорядоченными точками глобальных стратотипов границ (рис. 1).

Если использовать представление о пространственно-временном геоконтинууме и использовать представление о «событиях», о времени и порядке чередования «событий», то можно построить модель «событийно-временного» геоконтинуума (рис. 2).

При этом «событие» не обязательно связывать с *накоплением* «слоя». В качестве *события* на событийно-временном континууме может выступать и накопление слоя, и перерыв в осадконакоплении, аккреция Протоземли, этапы образования и развития Вселенной – любое событие с признаками упорядоченности и ограниченной протяженности во времени [2, 3].

Поскольку содержание событийно-временного континуума не ограничено стратиграфией и толщей горных пород от подошвы архея до кровли квартера, то шкалу геологических событий можно продолжить в догеологическое прошлое (рис. 3).

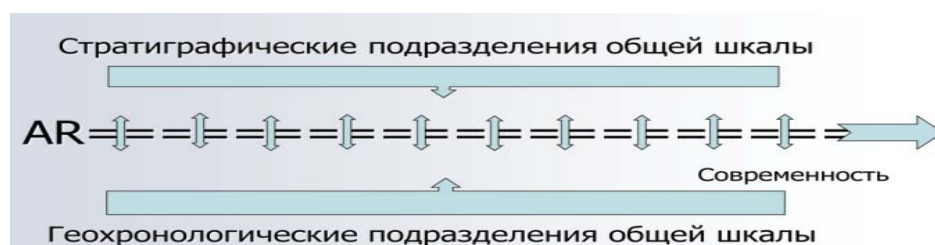


Рис. 1. Модель пространственно-временного геоконтинуума стратонов и хронов от подошвы архея до кровли квартера на порядковой общей стратиграфической (геохронологической) шкале



Рис. 2. Модель событийно-временного геоконтинуума на порядковой шкале событий от начала архейского акрона до современности



Рис. 3. Модель событийно-временного геоастрономического континуума на порядковой шкале событий от Большого Взрыва до современности – теоретическая основа «Общей шкалы этапов геоастрономической хронологии»

Таблица

Общая шкала этапов геоастрономической хронологии

Этапы	Галагод (РГГ)	Гелион	Акрон	Эон	Эра	Период	Начало
23	ретроспективный галактический год №1: альпийский РГГ	GEOZ геозойский	NZ неозойский	PH фанерозойский	KZ кайнозой	Q _{cont}	(0) современность
						Q	≈0,018
						N	≈0,023
						E	≈0,065
22	РГГ №2: мезозойский				MZ мезозой	K	≈0,15
						J	≈0,20
						T	≈0,25
						P	≈0,30
21	3: герцинский РГГ				PZ палеозой	C	≈0,35
						D	≈0,40
						S	≈0,45
						O	≈0,50
20	4: каледонский РГГ					Є	≈0,54
						ED	≈0,63
19	5: вендский РГГ		PR протерозойский	PR ₂ (BKL) байкальский	V вендская	CRG	≈0,85
						TON	≈1,00
						KRT (RF ₁)	≈1,20
18	6 - 7: байкальские РГГ				PR ₁ (KRL)	YUR (RF ₂)	≈1,40
17	8-9: байкальские РГГ					BRZ (RF ₁)	≈1,60
16	10-11: байкальские РГГ					KRL ₂	≈1,90
15	12-13: позднекарельские					KRL ₁	≈2,50
14	14-17: раннекарельские		AR архей	AR ₂ (BLM)	раннерифтогенная (зеленокаменная) ст.		≈3,15
13	18-21: беломорские РГГ				AR ₁ (SMS)		≈4,2
12	22-27: саамские РГГ		PRS присойский	RGL реголития	лунная, реголитовая стадия, начало образования первичной земной коры		≈4,3 млрд лет
11	28-29 РГГ				ACC аккреция		≈4,5 млрд лет
10	30-31 РГГ	GELZ гелиозойский	PPL-GL протопланетарно-галактический	PSN прото-солнечный	образование Протоземли		≈5,6 млрд лет
9	32-36 РГГ				PGL прото-галактический		≈7,2 млрд лет
8	37-43: РГГ				начало эпохи расширения Нашей Вселенной «по сценарию де Ситтера», образование галактик, звезд, Протосолнечной системы		≈12,7 млрд лет
7	Эпоха образования первых звезд, квазаров, галактик, скоплений галактик, образование атомов C, O, N, Fe.				от 150 млн лет до 1 млрд лет		≈13,55 млрд лет
6	Эпоха образование первых атомов. Вселенная заполнена H и He, реликтовым излучением атомарного H на волне 21 см. Звёзды и квазары отсутствуют.				от 380000 лет до 150 млн лет		13,7 млрд лет
5	Эпоха нуклеосинтеза гелия, дейтерия, лития-7 (20 мин.). Вселенная становится прозрачной для фотонов реликтового теплового излучения (380 000 лет).				10 ⁻³⁴ с – 3 мин		13,7 млрд лет
4	Эпоха Фридмана. Эпоха расширения Вселенной «по сценарию Фридмана», образование протонов и нейтронов.				10 ⁻⁴³ с – 10 ⁻³⁴ с		13,7 млрд лет
3	Эпоха начала быстрого расширения Нашей Вселенной. Разрушение Великого объединения четырёх взаимодействий: гравитация отделяется от трёх остальных взаимодействий, наступает быстрое расширение Вселенной.				от 0 до 10 ⁻⁴³ с		13,7 млрд лет
2	Эпоха Планка. Первые мгновения образования Нашей Вселенной, рождение первых элементарных частиц.				0 (начало истории Нашей Вселенной)		(13,72±0,12) млрд лет
1	Эпоха сингулярности: «Большой взрыв» (13,72±0,12) млрд лет в прошлом.						

Здесь *событийно-временной континуум* представляет события и соответствующие этим событиям отрезки времени на порядковой шкале от момента образования Вселенной до современности. Попытки построения галактического календаря доархейского времени с ретроспективой около 5 млрд. лет предпринимались ранее [3, 4, 1].

Событийно-временное понимание континуума позволяет рассмотреть архейско-кайнозойский этап геологического развития земной коры как атрибут и составную часть более значительного интервала времени от момента образования Вселенной ($13,72 \pm 0,12$) млрд лет в прошлом – до «современности». В этом случае общая геохронологическая шкала становится частью «общей шкалы этапов геоастрономической хронологии». Геоастрономическая шкала позволяет упорядочить и описать хронологию событий от Большого Взрыва до современности (таблица).

Длительность событий не является критерием для крупности рангов событий на шкале «этапов» геоастрономической хронологии (например, такого события, как образование нейтронов и протонов Вселенной в течение *трёх минут* в эпоху Фридмана или такого события, как накопление толщи горных пород пермской системы на Земле в течение 50 млн лет). Разделение шкалы на этапы определяется лишь *качественной* спецификой событий, а не их длительностью.

Примечание. Ранние этапы развития Вселенной от 13,7 млрд лет до 7,2 млрд лет описаны с привлечением публикаций профессора Нью-Йоркского университета Мичио Каку [2] и уникальных результатов, полученных по космической программе США коллективом авторов [10]. В интерпретации событий докембрия использованы термины «аккреций» и «реголитий» с привлечением исследований, выполненных В.В. Куликовой и В.С. Куликовым [3, 4]. Авторская раз-

работка представлений о событийно-временном геоастрономическом континууме позволила впервые на единой теоретической основе сформировать порядковую шкалу очерёдности событий от Большого Взрыва до современности. Эту шкалу предполагается использовать в лекциях для студентов, в музейных и общеобразовательных программах, поэтому здесь использованы также термины и понятия, широко известные из университетских курсов исторической и общей геологии [6, 7, 8, 9].

Список литературы

1. Заклдаев Ю.А. Галактический год и глобальные геологические циклы // Записки СПб горного института. – 1992. – Т.34. – С. 70–76.
2. Каку Мичио. Параллельные миры: Об устройстве мироздания, высших измерениях и будущем Космоса / пер. с англ. М. Кузнецовой. – М.: ООО Изд-во «София», 2008. – 416 с.
3. Куликова В.В., Куликов В.С. Галактический календарь истории Земли. – Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2000. – 14 с.
4. Куликова В.В., Куликов В.С. Универсальная галактическая хронометрическая шкала (опыт сравнения мировых и региональных шкал докембрия, анализ цикличности и периодичности событий). – Петрозаводск, 1997. – 93 с.
5. Ожигбесов В.П. Событийно-временной континуум и геоастрономическая хронология в аспекте исторической геологии: сб. материалов Всеросс. науч.-практ. конф., посв. 100-летию проф. П.А. Софроницкого. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – С. 70–73.
6. Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). – Л.: Недра, 1979. – 423 с.
7. Стратиграфический кодекс России. – Изд. 3-е. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.
8. Философский энциклопедический словарь. – М.: Изд-во Сов. энцикл., 1983. – 839 с.
9. A Geologic Time Scale 2004 by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith et. al. Cambridge University Press, 2004.
10. Hinshaw G., Weiland J.L., Hill R.S., Odegard N., Larson D., Bennett C.L., Dunkley J., Gold B., Greason M.R., Jarosik N., Komatsu E., Nolte M.R., Page L., Spergel D.N., Wollack E., Halpern M., Kogut A., Limon M., Meyer S.S., Tucker G.S. and Wright E.L. Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe Observations: Data Processing, Sky Maps, and Basic Results / The Astrophysical Journal Supplement Series. – 2009. – Vol. 180. – №. 2. – URL: http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/map/dr3/pub_papers/fiveyear/basic_results/wmap5basic.pdf (accessed 22 November 2013).

УДК 519.711.3

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ВЕЙВЛЕТ И ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Амосов О.С., Муллер Н.В.*ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»,
Комсомольск-на-Амуре, e-mail: only_nina@mail.ru*

Рассматривается математическое и численное моделирование временных рядов с помощью вейвлет и фрактального анализа. Предложенный подход рассматривается как один из альтернативных для существующих методов оценки и управления процессами.

Ключевые слова: математическое и численное моделирование, временные ряды, вейвлет и фрактальный анализ, прогнозная оценка.

THE USING METHODS OF WAVELET AND FRACTAL ANALYSIS FOR MATHEMATICAL AND NUMERICAL MODELING OF TIME SERIES

Amosov O.S., Muller N.V.*Komsomolsk-na-Amure State Technical University, Komsomolsk-na-Amure,
e-mail: only_nina@mail.ru*

This paper is concerned with the mathematical and numerical modeling of the time series by using wavelet and fractal analysis. The proposed approach is seen as one of alternative to existing methods for estimate and control processes.

Keywords: mathematical and numerical modeling, time series, wavelet and fractal analysis, prediction estimate.

Введение

Существует множество традиционных методов анализа временных рядов. Каждый из них имеет определенные преимущества и недостатки. Одним из основных методов обработки нестационарных временных рядов является спектральный анализ (Фурье-анализ), который позволяет охарактеризовать частотный состав исследуемого сигнала. Недостаток преобразования Фурье заключается в том, что частотные компоненты не могут быть локализованы во времени, что накладывает ограничения на применимость данного метода к ряду задач. Поэтому для решения задачи исследования нестационарных процессов необходимы более современные методы анализа сигналов, изначально предназначенных для нелинейных и нестационарных временных рядов. В работе рассматривается моделирование временных рядов с применением математического аппарата вейвлет и фрактального анализа (ВФА).

Преимущества вейвлет- и фрактального анализа

Вейвлет-базисы могут быть хорошо локализованными, как по частоте, так и по времени. При выделении в сигналах хорошо локализованных разномасштабных про-

цессов можно рассматривать только те масштабные уровни разложения, которые представляют интерес.

Вейвлет-анализ применяется для анализа нестационарных данных и вейвлет-преобразование представляется перспективным математическим аппаратом не только для задач, связанных с анализом сигналов различной природы, но и для решения уравнений, описывающих сложные нелинейные процессы в широких диапазонах масштабов. Он позволяет выявить пространственно-временные свойства изучаемого объекта, определить наличие перемежаемости, получить локальную высокочастотную и глобальную крупномасштабную информацию об объекте достаточно точно и без избыточности и позволяют судить о том, в какой момент времени появились те или иные компоненты сигнала.

Вейвлет-преобразования обладают практически всеми достоинствами преобразований Фурье, но в отличие от него, имеют достаточно много разнообразных базовых функций, свойства которых ориентированы на решение различных задач[2].

Особенность фрактального анализа временных рядов в том, что он учитывает поведение системы не только в период измерений, но и его предысторию. Фрактальная

размерность, является показателем сложности кривой. Анализируя чередование участков с различной фрактальной размерностью и тем, как на систему воздействуют внешние и внутренние факторы, можно научиться предсказывать поведение системы, и что самое главное, диагностировать и предсказывать нестабильные состояния.

Целью настоящего исследования является математическое и численное моделирование временных рядов методами вейвлет и фрактального анализа.

Объектом исследования являются временные ряды, **предметом исследования** – вейвлет и фрактальный анализ. Методологической основой исследования являются: виды численного анализа, фрактальный, вейвлет-, статистический анализ.

Постановка задачи

С помощью предложенных методов вейвлет- и фрактального анализа применительно к временному ряду, представленному числовыми значениями, необходимо получить количественные и качественные оценки, характеризующие нестационарность или хаотичность исследуемого процесса.

Этапы решения задачи

Основной алгоритм обработки строится при условии существования временного ряда, то есть собранного в разные моменты времени статистического материала о значении каких-либо параметров исследуемого процесса, где учитывается взаимосвязь измерений со временем.

Первый этап – это обработка временного ряда методом вейвлет- и фрактального анализа. Комплексное применение этих двух анализов позволит получить более полную информацию об исследуемом процессе, описанного временными рядами.

В работе вейвлет-преобразование осуществляется с помощью прямого WT (Wavelet transformation)[3]:

$$WT_s(a, x) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} \psi^* \left(\frac{t-x}{a} \right) s(t) dt;$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0; \quad \int_{-\infty}^{+\infty} t^m \psi(t) dt = 0, \quad 0 \leq m \leq n$$

где a – масштабный параметр; x – перенос (сдвиг) материнского вейвлета; $s(t)$ – исходный сигнал; $\Psi(t)$ – вейвлет-функция

Расчет фрактальной размерности в данном исследовании производится поточечным методом. Алгоритм расчета поточечной размерности на сегодняшний момент общезвестен и является классическим (рис. 1).

Полученные величины фрактальных размерностей исследуемых временных рядов применяются в качестве критерия устойчивости исследуемого процесса. По величине фрактальной размерности можно получить количественную оценку хаотичности исследуемого процесса, а также многофакторность и «насыщенность» предпосылок, вызвавших нестационарности процесса) [1]:

Вторым и заключительным этапом алгоритма модели является построение прогнозной оценки на основе выделения показателей, стремящихся к нестабильному состоянию и предопределяющих неудовлетворительное состояние процесса. Результаты могут быть визуализированы и представлены в виде построенных вейвлет-скалограмм, которые дают наглядную картину наиболее резко меняющихся компонент сигнала. Тем самым появляется возможность выделить наиболее нестационарные области и по выделенным областям более детально провести анализ причин возникновения данных нестационарных событий в сигнале применительно к различным прикладным областям.

Выводы

- Данный алгоритм может быть применен для исследования и прогнозирования, в том числе стохастических социальных процессов, зависящих от большого количества факторов и описанных временными рядами.

- Распределение вейвлет- коэффициентов позволяет выявить нестационарности исследуемого процесса на любых частотно-временных масштабах и тем самым является как качественной, так и количественной характеристикой нестационарности.

- Распределение фрактальных размерностей позволяет получать количественную оценку хаотичности исследуемого процесса

- Данный алгоритм позволяет строить прогнозные оценки с выделением факторов (показателей), предопределяющих неудовлетворительное состояние рассматриваемого процесса

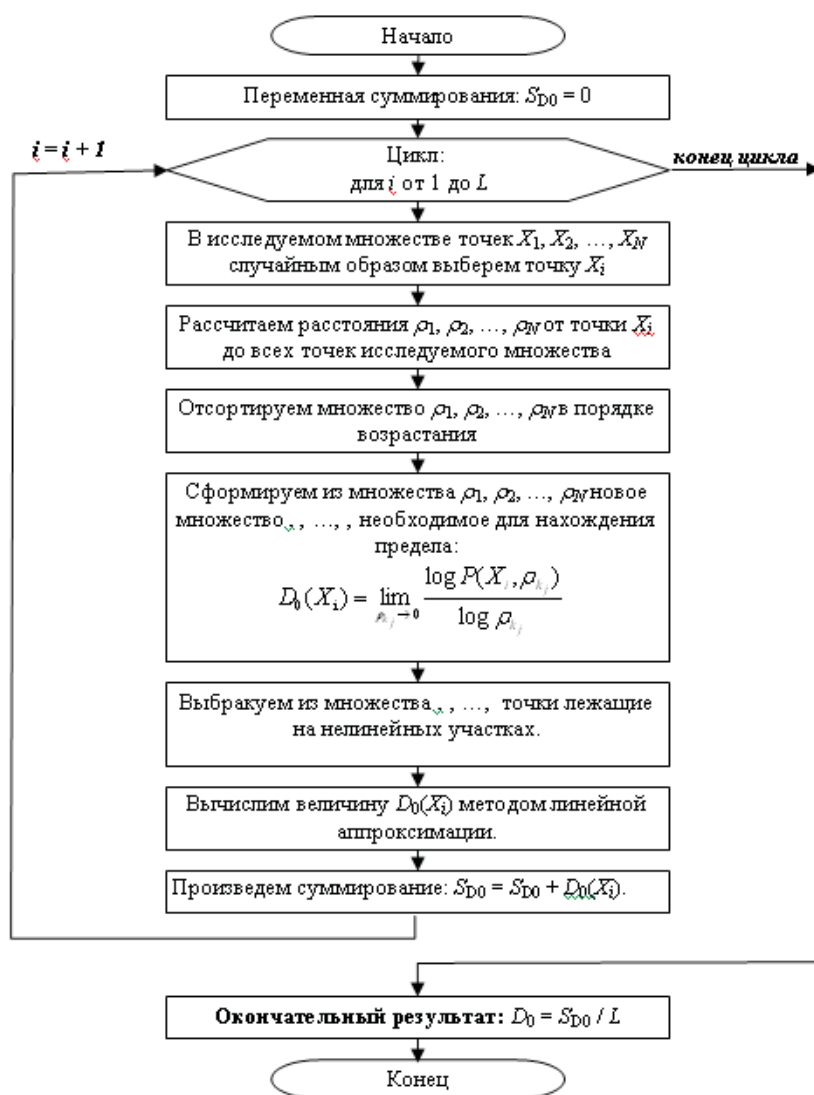


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета фрактальной размерности Хаусдорфа

Список литературы

1. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
2. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.
3. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразование: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 104 с.

УДК 519.226.2

МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ СТАДИЙ РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ ГРУППОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Бутов А.А., Корчагина И.А.

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск,

e-mail: korchagina-i.a@yandex.ru

В статье представлен разработанный метод статистического оценивания стадий заболевания у людей больных раком на основе групповой классификации распределений. Определение стадий является одним из факторов лечения раковых заболеваний. В данном методе рассматривались совокупности показателей здоровья пациента. Каждый из параметров здоровья представляет собой независимую случайную величину с одинаковым типом распределения. На основе них были построены функции отношения правдоподобия. Рассматривая эти функции по отдельности, были определены интервалы стадий для каждого показателя здоровья. Но, учитывая функции отношения правдоподобия в совокупности, были определены и описаны ситуации, когда стадия заболевания четко определена, и когда определить стадию не представляется возможным. Результат исследования существенно упрощает определение стадий при лечении пациента от рака.

Ключевые слова: статистическое оценивание, показатели здоровья, отношение правдоподобия.

A CANCER DISEASE STAGES ESTIMATION METHOD BASED ON THE GROUP CLASSIFICATION OF THE DISTRIBUTIONS

Butov A.A., Korchagina I.A.

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, e-mail: korchagina-i.a@yandex.ru

The article presents the developed method of statistical estimation of stages of the disease in people with cancer based on group classification of distributions. The definition of stages is one of the factors of cancer treatment. This method treats the set of the patient's health indicators. Each of the health parameters is an independent random variable with the same type of distribution. On its basis the functions of likelihood ratio were built. By considering these functions separately, the intervals for stages for each health indicator were evaluated. But given the functions of the likelihood ratio in the aggregate, the situations were identified and described when the stage of the disease is clearly defined, and when it is not possible to determine the stage. This result simplifies the definitions of the stages in the treatment of patient.

Keywords: statistical estimation, health indicators, likelihood ratio.

Введение

По статистическим данным в 2011 г. в России раковые болезни были обнаружены у 522410 людей, число умерших составило 285535. В структуре смертности населения России раковые болезни занимают второе место (15%), [1].

Рак – любая злокачественная опухоль. Характерной чертой рака является неконтролируемый рост и деление клеток. Успешность и способ лечения рака зависят от типа, расположения опухоли и стадии развития рака, [2]. Статистические исследования, показали, что доля больных с впервые установленным диагнозом ракового заболевания по стадиям опухолевого процесса составила: I стадия – 23,9%, II – 25,9%, III – 21,8%, IV – 21,3%, [1]. Поэтому при лечении возникает задача правильно определить стадию ракового заболевания по комплексу анализов.

Метод оценки стадий раковых заболеваний

В работе приведен метод оценки раковых заболеваний, позволяющий на основе

группы показателей здоровья, дифференцировать стадию заболевания. Показатели здоровья в данном случае рассматриваются как случайные величины, которые могут влиять на определение стадии ракового заболевания.

Пусть $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbf{P})$ – вероятностное пространство, где $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N\}$ – пространство элементарных событий, $\mathcal{F}$ – σ -алгебра подмножеств Ω , $\mathbf{P}$ – вероятностная мера, [3]. Тогда показатели здоровья $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ – случайные величины, определенные на вероятностном пространстве $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbf{P})$, где $N \in \mathbf{N}$ – общее число показателей здоровья в группе. Для каждого показателя здоровья x_i , $i = 1, 2, \dots, N$, $N \in \mathbf{N}$ на вероятностном пространстве $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbf{P})$ были определены функции

$$\{\rho^i(x)\}_{i=1, \dots, N} \quad (1)$$

и

$$\{f^i(x)\}_{i=1, \dots, N}, \quad (2)$$

где каждая из функций описывает плотности вероятностей каждой стадии заболевания из двух исследуемых. На основании

этих функции для каждого показателя x_i , $i=1,2,\dots,N$, $N \in \mathbf{N}$ было построено отношение правдоподобия, [4]

$$\left\{ z^i(x) = \frac{f^i(x)}{\rho^i(x)} \right\}, i=1,\dots,N. \quad (3)$$

Функция отношения правдоподобия z_i , $i=1,2,\dots,N$, $N \in \mathbf{N}$ может принимать значения в интервале $(0;+\infty)$. На рисунке 1 представлен график зависимости отношения правдоподобия от показателя здоровья.

Отношение правдоподобия показывает изменение стадии ракового заболевания при каком-то определенном значении показателя здоровья у пациента. Для того чтобы разграничить стадии заболевания введем D ($D > 0$), где D – пороговое значение.

Таким образом, для каждого показателя x_i , $i=1,2,\dots,N$, $N \in \mathbf{N}$ были определены интервалы $(a_{i_k}; b_{i_k})$ и $(c_{i_k}; d_{i_k})$, $k \geq 1$,

где $z_i \geq D$ и $z_i \leq \frac{1}{D}$, соответственно.

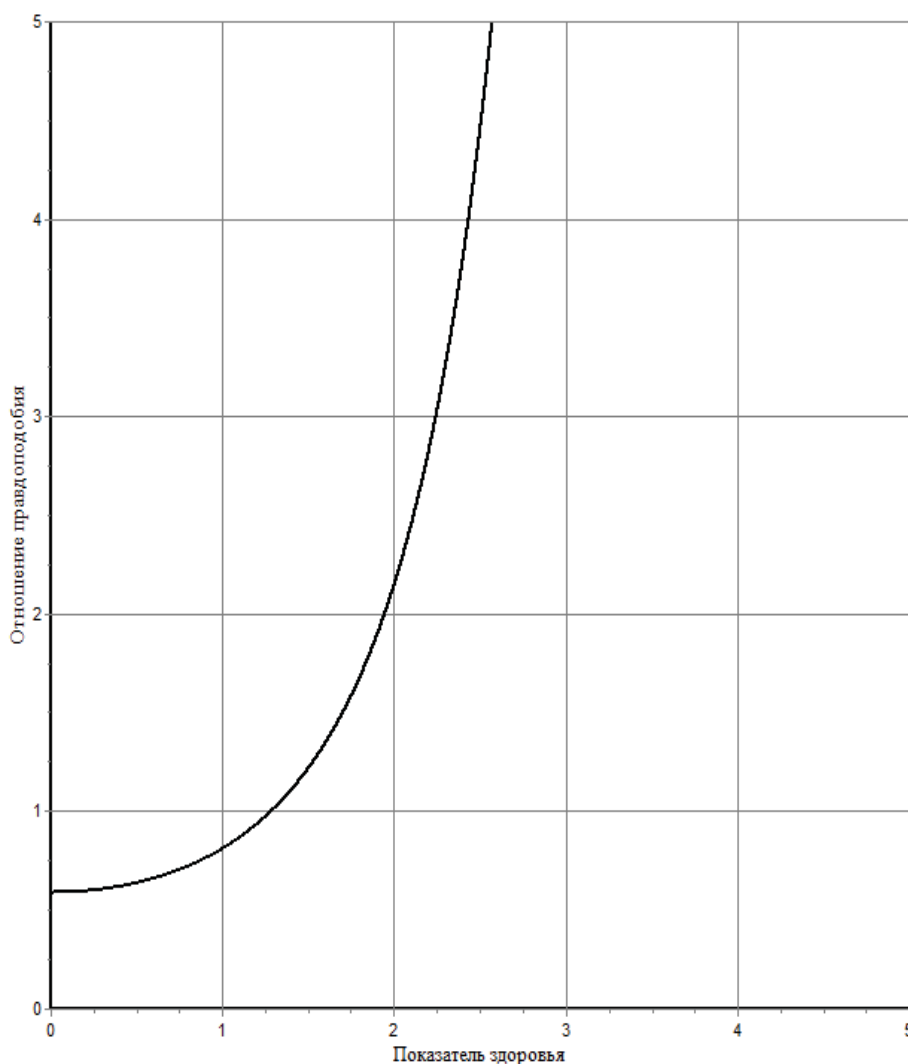


Рис. 1. Отношение правдоподобия

Объединим интервалы $(a_{i_k}; b_{i_k}), k \geq 1$ во множество

$$K_2^i = \left\{ \bigcup_{k \geq 1} (a_{i_k}; b_{i_k}) \right\} \quad (4)$$

и $(c_{i_k}; d_{i_k}), k \geq 1$ во множество

$$K_1^i = \left\{ \bigcup_{k \geq 1} (c_{i_k}; d_{i_k}) \right\}, \quad (5)$$

соответственно. Формулы (4) и (5) определяют области, где стадии ракового заболевания могут быть дифференцируемы для каждого показателя здоровья $x_i, i = 1, 2, \dots, N, N \in \mathbf{N}$. Исходя из этих формул, определим область для каждого показателя здоровья $x_i, i = 1, 2, \dots, N, N \in \mathbf{N}$, где стадии ракового заболевания не могут быть дифференцируемы

$$\bar{K}^i = \square \setminus (K_1^i \cap K_2^i). \quad (6)$$

Пусть $\{y_1, y_2, \dots, y_N\}, N \in \mathbf{N}$ – значения показателей здоровья, тогда рассмотрим следующие ситуации:

1) если существует номер i_0 такой, что $y_{i_0} \in K_j^{i_0}, j = 1, 2$, то требуется проверить, чтобы $\forall i \neq i_0, y_i \in K_j^i$. Если нет противоречия, то тогда можно диагностировать стадию заболевания.

2) если существует номер i_0 такой, что $y_{i_0} \in K_j^{i_0}, j = 1, 2$, то требуется проверить, чтобы $\forall i \neq i_0, y_i \in K_j^i$. Если есть противоречие, то увеличиваем D на 3%-10%.

3) нет ни одного i_0 такого, что $y_{i_0} \in K_j^{i_0}$, то рассчитываем значение

$$\bar{z} = \prod_{i=1}^N z^i(y_i). \quad (7)$$

Для того чтобы разграничить стадии в совокупности введем $\bar{D} (\bar{D} > 0)$, где $\bar{D}$ – пороговое значение.

Если $\bar{z} \geq \bar{D}$ или $\bar{z} \leq \frac{1}{\bar{D}}$, то можно однозначно диагностировать стадию.

Если $\frac{1}{\bar{D}} \leq \bar{z} \leq \bar{D}$,

то невозможно однозначно судить о том, какая стадия заболевания.

Настоящий метод был апробирован как в имитационных моделях, так и при анализе лабораторных числовых рядов, полученных при исследовании статистического материала заболеваемости в Ульяновской области.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (НИР, проводимых в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ на 2013 г., Программы развития деятельности студенческих объединений УлГУ на 2012-2013 гг.)

Список литературы

1. Злокачественные новообразования в России в 2011 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М.: ФГБУ «МНИОИ им. Герцена» Минздрава России, 2013. – 289 с.
2. Значение термина РАК в медицинском словаре // Большой медицинский словарь. Медицинские термины. – URL: <http://www.medslo.ru/html/r/rak.html> (дата обращения 15.09.2013).
3. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 448 с.
4. Ширяев А.Н. Вероятность. – М.: Изд-во «Наука», 1989. – 574 с.

УДК 681.3

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ
КЛАССОВ ВЫЧЕТОВ****Зюзякин Г.И., Калмыков М.И., Петрова Е.В.**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет»,
Ставрополь, e-mail: kia762@yandex.ru*

В интерактивных системах передачи и обработки мультимедийных данных в реальном масштабе времени возникает задача защиты информации большого объема. Степень эффективности работы таких систем защиты данных от несанкционированного доступа во многом зависит от выбранной математической модели. В работе представлена математическая модель, построенная на основе полиномиальной системы классов вычетов. Использование непозиционных систем счисления позволяет повысить скорость выполнения арифметических операций по модулю. Кроме того, на основе применения избыточных полиномиальных кодов класса вычетов может быть построена система, позволяющая обнаруживать и корректировать ошибки, которые возникают в процессе передачи и обработки данных. Показана возможность применения данных при реализации схемы разделения секрета между пользователями.

Ключевые слова: математическая модель, система защиты информации от несанкционированного доступа, полиномиальная система классов вычетов, схема разделения секрета.

**MATHEMATICAL MODEL OF INFORMATION SYSTEMS, OPERATES
IN A POLYNOMIAL SYSTEM OF RESIDUE CLASS****Zyuziyakin G.I., Kalmykov M.I., Petrova E.V.**

*Federal state Autonomous educational institution higher professional education
«North-Caucasian federal university», Stavropol, e-mail: kia762@yandex.ru*

In the interactive data transmission and processing of the multimedia data in real time, the problem arises of a large volume of information protection. The effectiveness of such systems to protect data from unauthorized access largely depends on the mathematical model. A mathematical model constructed on the basis of a polynomial system of residue classes. Using nonpositional value systems can improve the speed performance of modulo arithmetic. In addition, based on the use of redundant residue polynomial codes class can be built a system that allows to detect and correct errors that occur during transmission and processing. Shows the possibility of the use of data in the implementation of secret sharing schemes between users.

Keywords: mathematical model, the system of information protection against unauthorized access, polynomial system of residue classes, secret sharing scheme

Введение

В современном обществе защита информации представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение несанкционированной утечки, модификации и удаления информации, осуществляемых с применением технических, в том числе и программных, средств. Основной из основных задач обеспечения безопасности информационных компьютерных систем является защита информации от несанкционированного доступа (НСД) и ограничение круга лиц, имеющих доступ к этой критичной информации. Поэтому разработка математической модели системы защиты информации позволяющей зашифровывать поток данных в реальном масштабе времени является актуальной.

Основная часть

Развитие вычислительной техники, появление новых информационных техноло-

гий, обеспечивающих обработку и передачу больших объемов данных, требуют от современных систем защиты информации от НСД высокой производительности. В настоящее время этому требованию отвечают системы поточного шифрования [1,2]. Считается, что шифр, основанный на сложении потока псевдослучайных битов, полученных с помощью линейного регистра сдвига с обратной связью, с битами исходного текста по модулю два, в общем случае теоретически нераспознаваем. Однако такая система шифрования не отличается стойкостью и может быть мгновенно раскрыта при наличии определенного количества символов исходного и зашифрованного текста. Уязвимость системы к атакам на основе исходных и подобранных текстов обусловлено тем, что при битовом шифровании потока данных сложение символов по модулю два является единственным способом построения обратимой функции шифрования [2].

В настоящее время одним из перспективных направлений шифрования потока данных является использование математического аппарата расширенных полей Галуа $GF(p^v)$. Системы шифрования, использующие поля Галуа $GF(p^v)$, обладают более широкими возможностями по реализации различных криптографических функций обеспечения конфиденциальности и целостности информации. Применение в таких системах основных аддитивных и мультипликативных операций, к которым можно отнести сложение по модулю, умножение по модулю, возведение в степень по модулю, и их различных комбинаций позволит повысить уровень защиты информации [3-9]. Наиболее трудоемкой операцией, реализуемой в конечных полях Галуа, является операция возведения в степень по модулю. Это, конечно, приводит к увеличению времени шифрования и дешифрования, но позволяет обеспечить требуемый уровень криптографической защиты от НСД.

Рассмотрим процедуру шифрования потока данных с операцией возведения в степень символов поля Галуа $GF(p^v)$. В данной системе выбирается неприводимый полином $\pi(z)$ $\deg \pi(z) = v$, порождающий все элементы мультипликативной группы данного поля. Входная последовательность разбивается на блоки по v символов в каждом. Такой блок в полиномиальной форме имеет вид

$$A(z) = a_{v-1}z^{v-1} + a_{v-2}z^{v-2} + \dots + a_{v-3}z^{v-3} + \dots + a_2z^2 + a_1z^1 + a_0z^0, \quad (1)$$

где $a_{v-1}, a_{v-2}, \dots, a_2, a_1, a_0$ – двоичный код блока, $a_i \in \{0, 1\}$, $i = 0, 1, \dots, v-1$.

Этот блок считается элементом расширенного поля Галуа $GF(p^v)$. Для реализации процедуры шифрования на основе возведения в степень вычисляются значения псевдослучайной последовательности (ПСП) X , значения которой снимаются с разных v выходов линий задержки генератора. Тогда псевдослучайная последовательность можно представить в виде последовательности

$$X = \{X_0, X_1, X_2, \dots\}. \quad (2)$$

В этом случае процедура шифрования определяется равенством

$$\beta_i = A_i^{X_i}(z) \bmod \pi(z) \quad (3)$$

где β_i – i -й блок зашифрованного сообщения; $i = 0, 1, \dots$.

Повысить скорость шифрования можно за счет перехода и индексному представлению элементов полей Галуа, что позволяет свести низкоскоростную операцию возведения в степень по модулю к аддитивной операции [1-4]. В этом случае блок исходных данных в двоичном коде подается на входы устройства вычисления индекса, реализующего

$$l_j = \text{ind } A(z) \bmod \pi(z) = \log_2 A(z) \quad (4)$$

где l – индекс блока $A(z)$; α – порождающий элемент мультипликативной группы поля Галуа $GF(p^v)$.

Вычисленный l_j индекс в виде параллельного кода подается на первые входы умножителя по модулю $p^v - 1$. На вторые входы этого умножителя поступает параллельный двоичный код ключа x_j , снятого с выходов генератора ПСП. Умножитель по модулю $p^v - 1$ реализует модульную операцию

$$\gamma_j = l_j x_j \bmod p^v - 1. \quad (5)$$

Полученный результат γ_j представляет индекс элемента поля $GF(p^v)$, который является результатом зашифрованного блока A_j согласно выражения (3). Он в параллельном виде подается на вход преобразователя «индекс – элемент поля»

$$\beta_j = \alpha^{\gamma_j} \bmod \pi(z) \quad (6)$$

В результате зашифрованный блок данных β_j передается на приемную сторону.

Для дешифрования сообщения на приемной стороне решается обратная задача выражению (3). В этом случае j -й блок открытого сообщения $j = 0, 1, 2, \dots$ вычисляется согласно

$$x_j \sqrt[\gamma_j]{\beta_j(z)} \equiv A_j(z) \bmod \pi(z). \quad (7)$$

Применение полиномиальной системы классов вычетов (ПСКВ) позволяет повысить степень защиты информации от НСД, а также скорость закрытия информации [5]. Если взять для выработки генератор ПСП, в котором число линий задержек значительно превосходит степень $\pi(z)$, то

есть $n \gg \deg \pi(z)$, то число символов, которые можно использовать как показатели степени равно

$$N_{\text{ПСП}} \gg \deg \pi(z)!(C_n^{\deg \pi(z)}). \quad (8)$$

Так уже при $n = 255$ и седьмой степени полинома число возможных ПСП, снимаемых параллельно с выходов различных линий задержки, превысит число 1018, что свидетельствует о высокой степени криптографической защиты.

Кроме того, применение полиномиальной системы классов вычетов позволяет обеспечить защиту информации от возникающих ошибок в процессе передачи и обработки данных. В работах [6-9] представлены различные алгоритмы, позволяющие обнаруживать и корректировать ошибки с использованием избыточных кодов ПСКВ. Для этого необходимо вычислитель соответствующую позиционную характеристику, величина которой позволит однозначно определить местоположение ошибки и ее глубину. Проведенный анализ работ [6-9] показал, что наиболее перспективным методом коррекции ошибок выступает спектральный метод, аппаратная реализация которого приведена в работе [9].

Кроме того, рассматривая вопросы разработки математической модели системы защиты информации от НСД, функционирующей в ПСКВ, нельзя не отметить возможность использования данных кодов для построения схемы разделения секрета [4,10]. Построение такой схемы вызвано необходимостью организации безопасной связи внутри групп абонентов с динамически меняющимся составом. Применение ПСКВ позволяет решить данную задачу на основе усовершенствования модулярной пороговой схемы (m, n) разделения секрета. Для этого выбирается полином $p_i(z)$, степень которого превышает полиномиальную форму секрета $M(z)$.

Затем выбираются неприводимые полиномы $p_i(z)$, удовлетворяющие условию

$$\deg p_i(z) \leq \deg p_l(z) \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

которые упорядочены по возрастанию степеней

$$\begin{aligned} \deg p_1(z) &\leq \deg p_2(z) \leq \\ &\leq \deg p_3(z) \leq \dots \leq \deg p_n(z) \quad . \quad (10) \end{aligned}$$

Для создания (m, n) схемы проверяется выполнение условия

$$\begin{aligned} \deg(p_1(z) p_2(z) \dots p_m(z)) &> \\ &> \deg(p_l(z) p_{n-m+2} \dots p_n(z)) \quad . \quad (11) \end{aligned}$$

Чтобы определить доли секрета и их распределить между абонентами группы, выбирается полином $r(z)$ и вычисляется значение

$$M^*(z) = M(z) + r(z) p_l(z) \quad (12)$$

В качестве долей для каждого пользователя выступают остатки

$$M_i^*(z) \equiv M^*(z) \bmod p_i(z) \quad (13)$$

Используя китайскую теорему об остатках, m пользователей способны восстановить значение $M^*(z)$, а затем, зная $r(z)$ и $p_l(z)$, определить секрет $M(z)$. При этом группа из $m-1$ абонентов не способна будет получить значение $M(z)$. Для эффективной работы схемы разделения секрета в ПСКВ необходимо вычислить предельное значение полинома $r(z)$, которое позволило бы при меньших временных затратах вычислить $M^*(z)$, и найти значение $M(z)$.

Рассмотрим пороговую схему разделения секрета, функционирующую в полиномиальной системе классов вычетов. Если в (m, n) модулярной полиномиальной пороговой схеме, в которой справедливо

$$\begin{aligned} \deg p_1(z) &\leq \deg p_2(z) \leq \\ \deg p_1(z) &\leq \deg p_2(z) \leq \dots \end{aligned} \quad (14)$$

имеет место условие

$$\deg r(z) < \deg(P(z)/p_l(z)) \quad , \quad (15)$$

где $P(z) = \prod_{i=1}^n p_i(z)$ – полный диапазон,

то такая пороговая схема обеспечивает восстановление секрета $M(z)$ для любого набора m пользователей группы, состоящей из n абонентов.

Проведенные исследования показали, что использование полиномиальной системы классов вычетов в схеме разделения секрета позволяет в 2 раза сократить размер вспомогательного полинома $r(z)$ при сохранении уровня защиты от НСД при использовании уже 11 разрядных оснований ПСКВ. При чем при увеличении разрядности оснований ПСКВ данных возрастает выигрыш в системе разделения секрета.

Выводы

В работе показано, что эффективность работы системы защиты информации от НСД во многом зависит от математического аппарата,

положенного в основу ее работы. Применение в математической модели ПСКВ в нелинейных системах шифрования позволяет не только повысить скорость шифрования за счет применения индексного представления элементов расширенных полей Галуа, но и осуществлять процедуры поиска и коррекции ошибок, которые возникают в процессе передачи и обработки закрытых данных.

Список литературы

1. Дагаева О.И., Калмыков И.А., Кихтенко О.А., Барильская А.В. Криптографическая система на базе непозиционных полиномиальных алгебраических структур // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2010. – № 2. – С. 51-57.
2. Дагаева О.И., Калмыков И.А. Разработка псевдослучайной функции повышенной эффективности // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – Т.125. – № 12. – С.160-169.
3. Калмыков И.А., Стрекалов Ю.А., Щелкунова Ю.О., Кихтенко О.А., Барильская А.В. Технология нелинейного шифрования данных в высокоскоростных сетях связи // Инфокоммуникационные технологии. – 2010. – Т.8. – № 2. – С. 14-22.
4. Калмыков И.А., Чипига А.А. Алгоритм обеспечения информационной скрытности для адаптивных средств передачи информации // Инфокоммуникационные технологии. Самара. – 2007. – Т.5. – №2. – С. 159-162.
5. Калмыков И.А., Чипига А.Ф., Барильская А.В., Кихтенко О.А. Криптографическая защита данных в информационных технологиях на базе непозиционных полиномиальных систем // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2009. – Т.100. – № 11. – С.210-220.
6. Калмыков И.А., Петлеванный С.В., Сагдеев А.К., Емарлукова Я.В. Устройство для преобразования числа из полиномиальной системы классов вычетов в позиционный код с коррекцией ошибки // Патент России № 2309535. 31.03.2006. Бюл. № 30 от 27.10.2007.
7. Калмыков И.А. Устройство для коррекции ошибок в полиномиальной системе классов вычетов с использованием псевдоортогональных полиномов // Патент России № 2294529. 05.05.2005.
8. Калмыков И.А., Гахов В.Р., Емарлукова Я.В. Устройство обнаружения и коррекции ошибок в кодах полиномиальной системы классов вычетов // Патент России № 2300801. 30.06.2005.
9. Чипига А.А., Калмыков И.А., Лободин М.В. Устройство спектрального обнаружения и коррекции в кодах полиномиальной системы классов вычетов // Патент России № 2301441. 01.08.2005.
10. Чипига А.Ф., Калмыков И.А., Яковлева Е.М., Калмыков М.И. Применение полиномиальной системе классов вычетов в схеме разделения секрета // Информационное противодействие угрозам терроризма. – 2012. – №19. – С.45-49.

УДК 514.82

УРАВНЕНИЯ СТРУКТУРЫ В РЕЛЯТИВИСТСКОЙ МЕХАНИКЕ СПЛОШНЫХ СРЕД И РЕШЕНИЕ ПАРАДОКСА БЕЛЛА

Подосенов С.А.*Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений,
Москва, e-mail: podosenov@mail.ru*

Из найденных уравнений структуры изучаются простейшие неинерциальные системы отсчета (НСО). 1. релятивистская глобально равноускоренная жесткая по Борну НСО. 2. Релятивистская, жесткая в смысле Борна равномерно вращающаяся СО, не имеющая горизонта. Эти системы не могут быть описаны в рамках пространства Минковского. На основе глобального принципа эквивалентности решается известная задача Белла, разумного решения которой в рамках СТО не существует. Разъяснен парадокс о якобы невозможности синхронизации часов на вращающемся диске. Причина парадокса связана с незаконным использованием интегрирования по замкнутому контуру диска в переменных Лагранжа. В физическом пространстве этот контур не будет замкнут, а представляет собой для каждой концентрической окружности частиц на диске цилиндрическую конгруенцию винтовых линий, ортогональных мировым винтовым линиям частиц диска. Зазор между винтовыми линиями физического пространства через шаг соответствует соответствующему временному зазору между одной и той же частицей среды равный разности мировых времен.

Ключевые слова: Пространство-время, метрический тензор, системы отсчета, задача Белла, жесткость в смысле Борна, уравнения структуры, Минковский, Риман, Эйнштейн, лагранжевы координаты, эйлеровы координаты, Кристоффель, мировая линия, гиперповерхность.

EQUATIONS OF STRUCTURE IN RELATIVISTIC MECHANICS OF CONTINUA AND BELL'S PROBLEM SOLUTION

Podosenov S.A.*All-Russian Research Institute of Optophysical Measurements, Moscow, e-mail: podosenov@mail.ru*

From obtained equations of structure the elemental noninertial reference frames (NRF) are investigated: 1. Relativistic global uniformly accelerated Born's hard NRF. 2. Relativistic Born's rigid uniformly rotating RF free of horizon. These systems are not described in Minkowski space. On the basis of the global equivalence principle the well-known Bell's problem is solved. The reasonable solution of the problem is absent in the special theory of relativity. The paradox concerning the impossibility of the synchronization of watches on the rotating disk has been explained. The reason of the paradox is connected with the unlawful use of the closed disk contour integration in the Lagrangian coordinates. In the physical space the contour is not closed. It presents for each concentric circle of the particles at the disk the cylindrical congruence of the helical lines orthogonal to the world helical lines of the disk particles. The spacing between the helical lines of the physical space via the step corresponds to the time interval between the same medium particle equal to the difference of the universal times.

Keywords: Space-time, metric tensor, curvature tensor, frames of reference, Bell's problem, rigidity in Born's sense, equations of structure, Minkowski, Riemann, Einstein, Lagrangian coordinates, Eulerian coordinates, Kristoffel, world lines, hypersurfaces.

Введение

При описании свойств произвольных деформируемых сплошных среды считается заданным либо поле 4-скоростей (точка зрения Эйлера), либо закон движения сплошной среды, устанавливающий связь между переменными Эйлера и Лагранжа. Пространство – время считается либо плоским – в случае специальной теории относительности (СТО), либо римановым – в случае общей теории относительности (ОТО). В СТО поля не искривляют пространства – времени, оставляя ее пространственно – временную геометрию плоской. Искривляются, быть может, только “пространственные сечения.” Такая точка зрения является наиболее распространённой в теории относительности (ТО). Мы хотим доказать ошибочность такого подхода, связанного с существующим переходом от ИСО к НСО.

1. О трудностях задания лагранжевых сопутствующих среде НСО в СТО

В задаче Дж. Белла [1] показано, что струна, соединяющая одинаковые точечные ракеты, движущиеся равноускоренно с одинаковыми постоянными ускорениями в системе в системе космонавтов разрывается, хотя ее длина в инерциальной системе отсчета (ИСО) не меняется. Решение [1] использовано и для расчета движения электронного сгустка в линейных коллайдерах в постоянном электрическом поле [2]. Одной из трудностей является неопределенность в задании пространственной “физической” длины. Например, в НСО, сопутствующей сгустку, или струне в задаче Белла не существует правильной формулы для мгновенной длины. Пусть сигнатура пространства Минковского (+ – – –), греческие индексы изменяются от 0 до 3, а латинские от 1 до 3.

Формула для вычисления элемента квадрата физического расстояния dL^2 с помощью пространственного метрического тензора [6]

$$\gamma_{ik} = -g_{ik} + \frac{g_{0i}g_{0k}}{g_{00}} \quad (1)$$

используется неправильно. Правильное (в рамках СТО) использование этой формулы на гиперповерхности ортогональной мировым линиям частиц сгустка, что и является мгновенным физическим пространством, сопутствующим среде наблюдателям, привела к соотношению [3-5]

$$L(t) = \frac{c^2}{a_n} \ln \left(\cosh\left(\frac{a_0 L_0}{c^2}\right) + \sinh\left(\frac{a_0 L_0}{c^2}\right) \sqrt{1 + \beta^2} \right) \quad (2),$$

где $L(t)$ – длина сгустка (или нити в задаче Белла) в сопутствующей сгусту системе отсчета, как функция времени ИСО t , L_0 – начальная длина сгустка (нити), a_0 – постоянное ускорение, $\beta = a_0 t / c$. Последняя формула оригинальна и в научной литературе до работ [3-5] не встречалась. Стандартный расчет по формуле (1) из [6] в [2], [7]

$$L(t) = L_0 \sqrt{1 + \frac{a_0^2 t^2}{c^2}} = \frac{L_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2(t)}{c^2}}}, \quad (3)$$

в котором пренебрегается кривизной пространственно подобной кривой, ортогональной мировым линиям частиц среды, дает в конце разгона в лагранжевой сопутствующей НСО увеличение длины сгустка в электронном коллайдере [2] до 10000 раз. Подход [8], основанный на вычислении расстояния вдоль орта некоторой мгновенно сопутствующей системы отсчета ((МСИ-СО) от начала сгустка к концу приводит к практическому обнулению длины сгустка в конце разгона. В [3-5] при тех же условиях длина сгустка возрастает в $1.003 \frac{a_0 L_0}{c^2} \ll 1$

В задаче Белла, при условии $\frac{a_0 L_0}{c^2} \ll 1$ все формулы из перечисленных работ совпадают. И все авторы приходят к выводу о разрыве нити в задаче Белла. Однако разрыв струны все перечисленные авторы (кроме [3-5]) связывают с лоренцевыми сокращениями. **На наш взгляд это вообще неправильно. Согласно Паули и Герглотцу, которые заложили основы релятивистской теории упругости, именно уклонение от**

жесткости по Борну, а не лоренцевы сокращения приводят к деформациям и напряжениям в теле. Для определения истинных деформаций в теле (стержне) нужно следить именно за этим телом, а не сравнивать его длину с другим аналогичным стержнем в некоторой МСИСО. Ситуация напоминает сравнение длины столба с его тенью от солнца. Связывать преобразование Лоренца с переходом от одной ИСО к другой – грубая ошибка. Лоренцевы преобразования это правило пересчета геометрических объектов (полей) от одной ИСО к другой, которые никогда по определению не совпадали. Пусть для примера в одной ИСО находится хрупкий очень тонкий стеклянный стержень, который разлетается на куски при малейших деформациях. Пусть имеется набор с аналогичными стержнями в других ИСО, движущихся с релятивистскими скоростями. Для каждого из наблюдателей на стержне его стержень не ломается, а стержни других в согласии с лоренцевыми сокращениями должны разлететься на куски. Ситуация абсурдна, так как целостность или разрывы на куски для стержней есть инвариантный фактор. Это напоминает стендовую стрельбу по тарелочкам, когда один стрелок тарелочку разбивает вдребезги. А для наблюдателя из другой ИСО, кажется, что тарелочка остается целой и стрелок промахнулся. Трактровка преобразований Лоренца, как переход от одной ИСО к другой, аналогична действию пассажира вскочить с платформы в быстро мчащийся мимо экспресс.

При построении релятивистской теории упругости переходят в лагранжеву сопутствующую НСО, где лоренцевых сокращений нет по определению. Возникновение деформаций и напряжений в среде происходит в том случае, когда среда движется не как жесткое в смысле Борна тело. Уклонение от жесткости по Борну приводит к отличному от нуля тензору скоростей деформаций. С нашей точки зрения нить разорвется, если строго придерживаться подхода СТО, на основе общепринятых правил перехода от ИСО к НСО, но не за счет лоренцевых сокращений, как это утверждается в перечисленных работах, а за счет того, при таком движении нарушается релятивистская жесткость струны (по Борну) и в струне возникают деформации и напряжения.

2. Связь геометрии пространства-времени с параметрами сплошной среды и с силовыми полями, решение задачи Белла

В ньютоновской механике и СТО материальная точка имеет нулевое абсолютное ускорение относительно ИСО, когда отсутствуют приложенные к ней силы или их векторная сумма равна нулю. В ОТО это правило не выполняется. Покоящееся на поверхности гравитирующего шара материальная точка, в согласии с ОТО имеет отличный от нуля вектор первой кривизны (4 – ускорение). Абсолютное ускорение направлено по внешней нормали к сфере и равно по величине ньютоновскому ускорению свободного падения вблизи поверхности. Сила реакции опоры со стороны поверхности сферы сбивает тело с его геодезической линии, имеющей нулевой вектор первой кривизны только при отсутствии реакции опоры. По Ньютону абсолютное ускорение материальной точки на поверхности сферы равно нулю. Для слабых полей уравнения Эйнштейна совпадают с теорией Ньютона, однако принцип соответствия по отношению к абсолютным ускорениям не применим.

О характере силового поля можно судить по движению или покою пробных частиц в этом поле. По определению пробные частицы друг с другом не взаимодействуют, а взаимодействуют только с внешним полем. Пусть пробные частицы одинаковы и представляют некоторую сплошную среду. Характеристиками сплошной среды в 4-пространстве – времени, являются 4-ускорение, тензор скоростей деформаций, и тензор угловой скорости вращения. 4 -ускорение входит в закон движения и при заданной плоской метрике интегрированием уравнения движения определяется поле 4 – скорости и основные тензоры среды. Сплошная среда в силовом поле задает некую систему отсчета (СО) Для СО с заданными из физических требований свойствами необходимо знать дополнительные условия, приписываемые основным тензорам среды, зависящим от 4 – скоростей и 4 – ускорений. Например, требование о вращении и жесткости по Борну. Число уравнений для нахождения 4- скорости становится переопределенным и должны выполняться условия интегрируемости. Последние выполняются, если искомыми будут не только 4 – скорости среды, но и метрические коэффи-

циенты. Для существования решения нами получены условия интегрируемости (уравнения структуры) [11], [9], [16], [17]. В работах [3], [4], [5], [10], [15] подробно разобраны примеры их применения. Уравнения структуры, являясь точными, не связаны непосредственно с уравнениями Эйнштейна.

Для движущейся (или покоящейся) сплошной среды имеют место соотношения.

$$R_{\varepsilon\sigma,\nu}^{\mu} V_{\mu} = 2\nabla_{[\varepsilon}\Sigma_{\sigma]\nu} + 2\nabla_{[\varepsilon}\Omega_{\sigma]\nu} + 2\nabla_{[\varepsilon}(V_{\sigma]}F_{\nu)},$$

для которых в движущейся сплошной среде в четырехмерном пространстве – времени справедливы выражения

$$\nabla_{\mu} V_{\nu} = \Sigma_{\mu\nu} + \Omega_{\mu\nu} + V_{\mu} F_{\nu}, \quad (5)$$

где V_{μ} – поле 4 – скорости, удовлетворяющее условию нормировки

$$g_{\mu\nu} V^{\mu} V^{\nu} = 1, \quad (6)$$

$g_{\mu\nu}$ – метрический тензор в системе отсчета Эйлера,

$$\Sigma_{\mu\nu} = \nabla_{(\mu} V_{\nu)} - V_{(\mu} F_{\nu)}, \quad (7)$$

$$\Omega_{\mu\nu} = \nabla_{[\mu} V_{\nu]} - V_{[\mu} F_{\nu]}, \quad (8)$$

$$F_{\mu} = V^{\nu} \nabla_{\nu} V_{\mu}. \quad (9)$$

где $\Sigma_{\mu\nu}$ – тензор скоростей деформаций, $\Omega_{\mu\nu}$ – тензор угловой скорости вращения F_{μ} – векторы первой кривизны мировых линий частиц среды.

Интегрирование системы (4-9), где $R_{\varepsilon\sigma,\nu}^{\mu}$ – тензор кривизны, выражаемый через метрический тензор обычным образом, дает решение задачи о геометрии пространства – времени, в которой реализуется НСО с заданной структурой. В [9,10] доказана теорема, что жесткая по Борну равноускоренная среда может быть описана в рамках пространства Римана. Хотя уравнения структуры не связаны с ОТО, но накладывают дополнительные условия к уравнениям Эйнштейна. Доказана теорема, что все статические сферически-симметричные решения ОТО совместны с уравнением структуры. Одномерного решения вне плоского бесконечного массивного источника в ОТО не существует, а уравнение структуры имеет его и индуцирует метрику для постоянного однородного статического поля [10]. Расчет, проведенный в лагранжевой сопутствующей НСО приводит к метрике

$$dS^2 = \exp\left(\frac{2a_0 y^1}{c^2}\right)(dy^0)^2 - (dy^1)^2 - (dy^2)^2 - (dy^3)^2, (10)$$

где ускорение a_0 считается положительным, если направлено вдоль оси y^1 и отрицательным, если против этой оси. Метрика (10) впервые получена в работе [11] и повторена в [12], [13]. Одна независимая компонента тензора кривизны, вычисленная по метрике (10), имеет вид

$$R_{10,10} = -\frac{a_0^2}{c^4} \exp(2a_0 y^1/c^2). (11)$$

Для компонент тензора Риччи $R_{\beta\gamma} = g^{\alpha\gamma} R_{\alpha\beta,\gamma\delta}$ и скалярной кривизны R имеем

$$R_{00} = -R_{10,10}, R_{11} = -\frac{a_0^2}{c^4}, R_{10} = 0, R = 2 \frac{a_0^2}{c^4}. (12)$$

В равноускоренности НСО (12) можно убедиться непосредственно

$$F^1 = \frac{DV^1}{dS} = \frac{dV^1}{dS} + \Gamma_{00}^1 (V^0)^2 = \frac{1}{g_{00}} \Gamma_{00}^1 = -\frac{g^{11}}{2g_{00}} \frac{\partial g_{00}}{\partial y^1} = \frac{a_0}{c^2}. (13)$$

Остальные компоненты 4-ускорения равны нулю.

Метрику (10) можно трактовать и как равновесие пробных частиц в постоянном однородном силовом поле любой природы. Пусть на невесомых нитях в однородном постоянном электрическом поле подвешены одинаковые пробные заряды с одинаковой массой. Из физических соображений ясно, что заряды покоятся друг относительно друга (модель заряженной пыли) и натяжения всех нитей одинаковы.

Допустимы две точки зрения:

1. Пространство-время плоское и сумма сил на каждый из зарядов равна нулю. 2. Пространство-время риманово с плоским сечением и вектор 4-ускорения постоянен и вычисляется по (13).

Исследование электростатики в пространстве Римана подробно рассмотрено в [10], а система решений уравнений Эйн-

штейна-Максвелла, совместная с уравнениями структуры, найдена в [14,15].

Остановимся на решении задачи Белла. Будем развивать вторую точку зрения. В римановой геометрии, закрепленная в поле частица, имеет вектор первой кривизны (4-ускорение) отличный от нуля, а в пространстве Минковского эта же частица имеет прямую мировую линию с 4-ускорением равным нулю. Из принципа глобальной эквивалентности, закрепление частиц в однородном постоянном силовом поле эквивалентно их нахождению в жесткой по Борну релятивистски глобально равноускоренной НСО. В задаче Белла при старте двух точечных ракет с одинаковыми в системе космонавтов постоянными ускорениями после затухания колебаний, закрепленные на невесомой нити и ракетах идеальные невесомые акселерометры, покажут одинаковые величины. Из одинаковых физических условий обе ракеты в системе космонавтов взаимно неподвижны. Следовательно, метрика для нити в системе космонавтов совпадает с (10). И длина нити в НСО сохраняется. **Парадокс возник из-за стандартного принятого на данный момент перехода от ИСО к НСО.** О сомнениях к такому подходу неоднократно говорил В.И. Родичев [22], идеи которого незаслуженно забыты. А.А. Власов [23], рассматривая теорию роста кристаллических, плазменных и биологических структур с сохранением их подобия, пришел к результату, что рост таких структур возможен в неевклидовом пространстве-времени. Другие возможность переходов подробно изложены в [9, 16, 17, 11]. Хотя формула (2) пригодна и для больших, и для малых ускорений, она принципиально не решает парадокса Белла. **Парадокс решается только при выходе из пространства Минковского в пространство Римана.** Выведенная формула (2) в рамках СТО верна только в случае стандартного перехода от ИСО к НСО.

Отметим, что пространство – время искривлено в ускоренных точечных ракетах и нити только в пределе мировой полосы.

3. Релятивистская жесткая равномерно вращающаяся НСО

При рассмотрении вращающегося диска обычно выбирают неподвижную систему отсчета, в которой вводят цилиндрические координаты r_0, φ_0, z_0, t_0 и переходят к вра-

щающейся системе отсчета r, φ, z, t согласно формулам:

$$r_0 = r, \varphi_0 = \varphi + \Omega t, z_0 = z, t_0 = t,$$

где угловая скорость вращения Ω относительно оси z считается постоянной. Элемент интервала имеет вид

$$dS^2 = \left(1 - \frac{\Omega^2 r^2}{c^2}\right) c^2 dt^2 - 2\Omega r^2 d\varphi dt - dz^2 - r^2 d\varphi^2 - dr^2. \quad (14)$$

Формула справедлива, если $r\Omega/c < 1$. В работах [18, 19], обсуждаются другие распределения скоростей, которые ограничивают линейную скорость вращения диска при $r \rightarrow \infty$ величиной скорости света c , а при $\Omega r/c = 1$ дают $v = \Omega r$. Однако критерию жесткости как классическому, так и релятивистскому (в смысле Борна) удовлетворяет только обычный закон распределения $v = \Omega r, \Omega = \text{const}$.

Найдем метрику жесткой релятивистской равномерно вращающейся НСО с помощью нашего метода, полагая в формулах тензор скоростей деформаций $\Sigma_{\mu\nu} = 0$ и требуя постоянства инварианта, характеризующего релятивистское обобщение квадрата угловой скорости вращения диска ω .

$$\Omega_{\mu\nu} \Omega^{\mu\nu} = \frac{2\omega^2}{c^2} = \text{const}. \quad (15)$$

В лагранжевой сопутствующей системе отсчета, связанной с вращающимся диском, имеем

$$dS^2 = D(r) c^2 dt^2 - 2P(r) c dt d\varphi - dz^2 - r^2 d\varphi^2 - dr^2, \quad (16)$$

$$F^1 = \frac{1}{2D} \frac{dD}{dr}, F^2 = F^3 = F^0 = 0. \quad (17)$$

После громоздких вычислений имеем два независимых уравнения

$$\frac{P}{D} \frac{dD}{dr} - \frac{dP}{dr} = -2 \frac{\omega}{c} (Dr^2 + P^2)^{1/2}. \quad (18)$$

$$\frac{dD}{dr} = -2 \frac{\omega}{c} DP (Dr^2 + P^2)^{-1/2}. \quad (19)$$

Условие (15) эквивалентно постоянству величины хронометрически инвариантного вектора угловой скорости [20] и постоянству величины угловой скорости в сопутствующих тетрадах [21].

Величины релятивистской ω и классической угловой скорости Ω связаны соотношением

$$\omega = \Omega \left(1 - \frac{\Omega^2 r^2}{c^2}\right)^{-1}. \quad (20)$$

Для метрики (16) существует стационарное решение, применимое для всей области $0 \leq r \leq \infty$, но реализуемое в римановом пространстве-времени. Решения системы (18), (19) в квадратурах получить не удалось. Численный анализ показал, что при $\omega r/c = 1$ метрика (16) совпадает с метрикой (14). Центростремительное ускорение во вращающейся НСО определяется формулой

$$a = c^2 F^1 = - \frac{\omega c P}{\sqrt{Dr^2 + P^2}}, \quad (21)$$

которая при малых r переходит в классическую, а при $r \rightarrow \infty$ дает $a = -\omega c$. Вычисление независимых отличных от нуля компонент тензора кривизны громоздки и их опускаем, отсылая к работам [9], [11], [16], [17]. После упрощений система (18,19) представляется в форме

$$\frac{dv}{dx} + \frac{v}{x} (1 - v^2) = (2 - v^2)(1 - v^2), \quad (22)$$

$$D = \exp(-2 \int v dx), v = \frac{U}{\sqrt{1 + U^2}}, U = \frac{P}{r\sqrt{D}}, x = \frac{\omega r}{c}. \quad (23)$$

Физический смысл функции $v(x)$ означает безразмерную линейную скорость диска. Для малых скоростей (фор. 24)

$$D = \exp(-2 \int v dx) = \exp(-x^2) = 1 - x^2,$$

что эквивалентно классическому выражению. Из анализа (22) следует, что для $x \rightarrow \infty$ уравнение имеет решение $v = 1$. Это решение резко отличается от классического жесткого диска, где поле скоростей на бесконечности неограниченно велико. График численного решения (22) по виду напоминает график гиперболического тангенса или деформированной ступенчатой функции для $x > 0$. Считается [6], что на вращающемся диске часы не могут быть однозначно синхронизированы во всех точках. «Поэтому, производя синхронизацию вдоль замкнутого контура и возвращаясь в исход-

ную точку, мы получим время, отличающееся от первоначального на величину [6]»

$$\Delta t = -\frac{1}{c} \oint \frac{g_{02}}{g_{00}} d\varphi =$$

$$= \frac{2\pi}{c} \frac{vr}{\sqrt{1-v^2}} \exp\left(\int v dx\right). (25)$$

На наш взгляд, такое утверждение ошибочно. В формуле (25) контур в «физическом» пространстве не замкнут. Разобьем вращающийся диск на концентрические окружности и рассмотрим частицы на одной из них. Мировые линии частиц этой окружности в пространстве Минковского (что справедливо для малых скоростей) образуют образуют конгруенцию винтовых линий на цилиндре радиуса r , а «физическим» пространством будет конгруенция пространственно подобных винтовых линий, ортогональных конгруенции мировых линий частиц окружности. Эта конгруенция находится из уравнения Пфаффа (по аналогии с [3,4]) и приводит к формуле (25). Ясно, что точки 0 и 2π не совпадают друг с другом и разделены в пространстве-времени временным интервалом (25), хотя являются одними и теми же лагранжевыми пространственными точками. Временной зазор (25) равен шагу винтовой линии «физического» пространства, не совпадающего с шагом мировых винтовых линий частиц окружности. И ни о каком отсутствии однозначности синхронизации не идет речи. Просто временное расстояние до разных точек «физического» пространства или разных точек винтовой линии различно.

Рассмотрим распространение световых лучей по отношению к источнику в ИСО, расположенному в начале эйлеровых и лагранжевых координат. Световые импульсы испущены одновременно навстречу друг другу по окружности, совпадающей с одной из окружностей вращающегося диска. Скорость света в ИСО постоянна. Но так как диск вращается, то «догоняющий» импульс затрачивает больше времени до встречи с лагранжевой точкой 2π на величину (25). Импульс, распространяющийся навстречу линейной скорости на вращающейся окружности затрачивает меньше времени на эту же величину. По мировому времени разность времен достижения лагранжевой точки 2π равна $\Delta t_0 = 2\Delta t$. В нерелятивистском приближении для малых скоростей

диска $v = x$ найденный результат совпадает с результатом известного опыта Саньяка.

$$\Delta t_0 = \frac{4\omega S}{c^2}, (26)$$

где S – площадь диска. В ультрарелятивистском случае имеем

$$\Delta t_0 = \frac{2\pi}{\omega} \exp(2x). (27)$$

В заключение отметим, что расчет не противоречит СТО. Вспомним известный опыт опыта, когда фонарь включается внутри движущегося равномерно поезда, то свет достигает передней и задней стенок вагона одновременно по времени ИСО поезда, но если фонарь включается в ИСО платформы, то световой импульс достигает задней стенки раньше, чем передней. Путаница, связанная с опытом Саньяка, связана с непониманием понятия физического пространства, как гиперповерхности ортогональной мировым линиям частиц среды и неумением вычислять в них мгновенные расстояния (3), о чем подробно объяснено в [3,4].

Заключение

1. В пространстве Минковского невозможно поступательное глобально равноускоренное и жесткое по Борну движение сплошной среды. Если накладывать дополнительные условия на жесткость или вращения сплошной среды, то эти условия “выводят” движущуюся среду из плоского пространства – времени.

2. Приведена метрика жесткой по Борну глобально равноускоренной сплошной среды, реализуемая в римановом пространстве-времени. Метрика объединяет свойства метрики Меллера (жесткость по Борну) и свойства метрики Логунова (глобальная равноускоренность). Собственное время, которое получал Эйнштейн [24], и которое называл точным, получается из метрики (10) для фиксированной лагранжевой частицы.

$$\tau_s = \exp\left(\frac{a_0 y^1}{c^2}\right) \tau,$$

где τ_s – собственное время для данной точки пространства, τ – мировое время. Но Эйнштейн по неизвестным причинам отказался от точного выражения в пользу приближенного (по Меллеру).

3. Найдена релятивистская жесткая по Борну равномерно вращающаяся НСО без ограничения на величину радиуса и имеющая на бесконечности линейную скорость равную скорости света и конечное ускорение, но реализуемая в римановом пространстве времени.

4. Точные уравнения структуры ограничивают область применимости уравнений Эйнштейна, так как дают дополнительные условия, которые не всегда совместимы с решениями ОТО.

5. Решен парадокс Белла.

6. Наделение систем отсчета физическими свойствами эквивалентно введению квантовомеханического принципа дополнительности в ньютоновскую теорию гравитации. Точно так же, как и в квантовой механике атомные системы нельзя описывать независимо от средств наблюдений.

Список литературы

1. Bell J.S. Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics. Cambridge University Press. – 1993. – P. 67.
2. Герштейн С.С., Логунов А.А. Задача Белла // Физика элементарных частиц и теории ядра. – 1998. – Т. 29 – Вып. 5. – С. 1119-1132.
3. Подосенов С.А., Фоукзон Джэйков, Потапов А.А. Задача Белла и исследование электронных сгустков в линейных коллайдерах // Нелинейный мир. – 2009. – Т.7. – №8. – С. 612-622.
4. Podosenov S.A., Foukzon J., Potapov A.A. A Study of the Motion of a Relativistic Continuous Medium // Gravitation and Cosmology. – 2010. – Vol. 16. – №4. – P. 307-312.
5. Foukzon J., Podosenov S.A., Potapov A.A. Relativistic length expansion in general accelerated system revisited. – URL: <http://arxiv.org/pdf/0910.2298v1>
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Наука, 1973.
7. Гинзбург В.Л., Ерошенко Ю.Н. Еще раз о принципе эквивалентности // УФН. – 1995. – Т. 165. – №2. – С. 205-211.
8. Redzic D.V. Note of Devan –Beran – Bell's spaceship problems // Eur.J.Phys. – 2008. – Vol. 29. – № 11. – P.11-19.
9. Подосенов С.А. Новый метод расчета полей в пространстве – времени связанных структур: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010.
10. Podosenov S.A., Foukzon J., and Potapov A.A. Electrodynamics of a Continuous Medium in a System with Specified Structure // Physics of Wave Phenomena. – 2012. – Vol. 20. – №. 2. – P. 143-157.
11. Подосенов С.А. Геометрические свойства неинерциальных систем отсчета в релятивистской механике // Дискуссионные вопросы теории относительности и гравитации. – М.: Наука, 1982. – С. 95-103.
12. Desloge E.A. Nonequivalence of a Uniformly Accelerating Referencer Reference Frame and a Frame at Rest in a Uniform Gravitational Field // Am. J. Phys. – 1989. – Vol. 57. – № 12. – P. 1121-1125.
13. Desloge E.A. Relativistic Motion of a Free Particles in a Uniform Gravitational Field // Int. J. Theor. Phys. – 1990. – Vol. 29. – № 2. – P.193-208.
14. Подосенов С.А. Структура пространства-времени и поля связанных зарядов // Известия вузов. Сер. физ. – 1997. – № 10. – С. 63-74.
15. Podosenov S.A. // Russian Physics Journal. – 1997. – Vol. 40. – № 10, 985. Springer New York. ISSN 1064-8887 (Print) 1573-9228 (Online).
16. Подосенов С.А. Пространство, время и классические поля связанных структур. – М.: Изд-во Компания “Спутник+”, 2000.
17. Подосенов С.А., Потапов А.А., Соколов А.А. Импульсная электродинамика широкополосных радиосистем и поля связанных структур. – М.: “Радиотехника”, 2003.
18. Hill E.L. A note on the Relativistic Problem of Uniform Rotation // Phys. Rev. – 1946. – Vol. 69. – №9, 10. – P. 488-491.
19. Rosen N. Notes on Rotation and Rigid Bodies in Relativity Theory // Phys. Rev. – 1947. – Vol. 71. – №1. – P. 54-58.
20. Зельманов А.Л. Труды VI совещания по вопросам космогонии. – М.: Изд-во АН СССР, 1949.
21. Подосенов С.А. Тетрадное рассмотрение вращательного и колебательного движения в СТО // Изв. вузов. Сер. физ. – 1970. – № 11. – С.74-80.
22. Родичев В.И. Эволюция понятия системы отсчета и программа Эйнштейна // Эйнштейновский сборник / под ред. В.Л. Гинзбург, Г.И. Наан. – М.: Наука, 1974. – С. 286-334.
23. Власов А.А. Статистические функции распределения. – М.: Наука, 1966.
24. Эйнштейн А. О принципе относительности и его следствиях: собрание научных трудов / пер. с нем. Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 109.

УДК 541.123.6:546.56'22/23

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Cu_2GeS_3 - Cu_2GeSe_3

¹Багхери С.М., ²Алвердиев И.Дж., ²Юсипов Ю.А., ¹Бабанлы М.Б.

¹Бакинский Государственный Университет, Баку,

²Гянджинский Государственный Университет, Гянджа

e-mail: babanly_mb@rambler.ru

Методами ДТА и РФА, а также измерением микротвердости и ЭДС концентрационных относительно медного электрода цепей с твердым электролитом изучена система Cu_2GeS_3 - Cu_2GeSe_3 . Построена фазовая диаграмма а также графики концентрационных зависимостей микротвердости и параметров кристаллической решетки. Показано, что система является квазибинарной и характеризуется образованием непрерывного ряда твердых растворов (γ).

Ключевые слова: сульфиды и селениды меди-германия, Cu_2GeS_3 , Cu_2GeSe_3 , фазовая диаграмма, твердые растворы.

PHASE EQUILIBRIA IN Cu_2GeS_3 - Cu_2GeSe_3 SYSTEM

¹Bagheri S.M., ²Alverdiev I.J., ²Yusibov Y.A., ¹Babanly M.B.

¹Baku State University, Baku,

²Ganja State University, Ganja, e-mail: babanly_mb@rambler.ru

The system Cu_2GeS_3 - Cu_2GeSe_3 has been investigated using DTA, XRD, with the aid of microhardness and EMF measurements with solid electrolyte applied to equilibrated alloys. The phase diagram and plots of the concentration dependences of microhardness and lattice parameters are constructed. It is shown that the system is quasi-binary and characterized by the formation of a continuous fields solid solutions (γ).

Keywords: copper-germanium sulfides and selenides, Cu_2GeS_3 , Cu_2GeSe_3 , phase diagram, solid solutions.

Введение

Соединения $\text{A}_2\text{B}^{\text{IV}}\text{X}_3$ (A-Cu, Ag; B^{IV} -Ge, Sn; X-S, Se, Te) относятся к тройным алмазоподобным полупроводникам и являются перспективными функциональными материалами. Ряд соединений этого класса и твердые растворы на их основе обладают интересными фотоэлектрическими акустооптическими и термоэлектрическими свойствами [1, 4, 7].

Одним из путей поиска и разработки методов направленного синтеза новых многокомпонентных фаз и материалов является изучение фазовых равновесий в соответствующих системах.

В данной работе представлены результаты исследования фазовых равновесий в системе Cu_2GeS_3 - Cu_2GeSe_3 .

Исходные соединения Cu_2GeS_3 и Cu_2GeSe_3 плавятся конгруэнтно при 1215K и 1054K [1, 5, 10]. Согласно [5] Cu_2GeS_3 кристаллизуется в орторомбической структуре (Пр.гр. Imm2: $a=1,1321$; $b=0,3776$; $c=0,521$ нм). В работе [9] исследованием монокристаллических образцов установлено, что Cu_2GeS_3 имеет моноклинную структуру (Пр.гр. Сс) с параметрами: $a = 0.64396$, $b = 1.13041$, $c = 0.64193$ нм, $\beta=108,347^\circ$, $z=4$.

В [8] показано, что в интервале температур 893-1054K соединение Cu_2GeSe_3 имеет орторомбическую решетку (Пр.гр. Imm2,

$a=1,1878$; $b=0,3941$; $c=0,5485$ нм). В работе [6] получена новая модификация, кристаллизующаяся в моноклинной структуре (Пр.гр.См) с параметрами $a=0,6772$; $b=0,3956$; $c=0,3958$ нм; $\beta=125,83^\circ$.

Экспериментальная часть

Соединения Cu_2GeS_3 и Cu_2GeSe_3 для проведения исследований синтезировали сплавлением элементарных компонентов с чистотой не менее 99,999% в стехиометрических соотношениях в откачанных до $\sim 10^{-2}$ Па и запаянных кварцевых ампулах. Синтезы проводили в двухзонных наклонных печах. Нижнюю горячую зону нагревали до температур на ~ 30 - 50° выше точки плавления синтезируемого соединения, а холодную до 650K (Cu_2GeS_3) или ~ 900 K (Cu_2GeSe_3), что несколько ниже температур кипения серы и селена соответственно [2].

Индивидуальность синтезированных соединений контролировали методами ДТА и РФА.

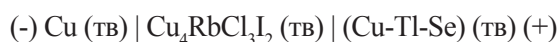
Полученные нами рентгенограммы соединений Cu_2GeS_3 и Cu_2GeSe_3 были идентичны с данными работ [8, 9]. Однако анализ рентгенограмм показал, что они полностью индицируются в тетрагональной сингонии (Пр.гр. I4). Расшифровкой рентгенограмм получены следующие кристаллографические данные:

Cu_2GeS_3 : $a = 0.37676$, $c = 0.52154$ nm

Cu_2GeSe_3 : $a = 0.39465$, $c = 0.54888$ nm

Сплавы исследуемой системы готовили сплавлением исходных соединений в кварцевых ампулах в условиях вакуума. По данным ДТА выборочных составов литых неомогенизированных сплавов определили температуры солидуса, несколько (~ 30 – 50°) ниже которых их выдерживали в течение ~ 200 ч. Затем отжиг проводили при 800 K в течение ~ 600 ч. с последующим охлаждением в режиме выключенной печи.

Эксперименты проводили методами ДТА (прибор Термоскан-2, хромель-алюмелевые термопары) и РФА (порошковый дифрактометр D8 ADVANCE фирмы Bruker), а также измерением микротвердости (микротвердомер MicroMet 5101) и ЭДС концентрационных цепей типа (1):



Соединение $\text{Cu}_4\text{RbCl}_3\text{I}_2$, использованное в качестве твердого электролита в цепях типа (1), синтезировали сплавлением стехиометрических количеств химически чистых, безводных CuCl , CuI и RbCl в вакуумированной ($\sim 10^{-2}$ Па) кварцевой ампуле при 900 K с последующим охлаждением до 450 K и гомогенизирующим отжигом при этой температуре в течение 100 ч [3].

ЭДС измеряли в электрохимической ячейке компенсационным методом с помощью высокоомного цифрового вольтметра марки В7-34А в интервале температур 300–390 K. Более подробно методика ЭДС экспериментов описана в [3].

Результаты и их обсуждение

По данным ДТА (табл.1) построили Т-х диаграмму системы Cu_2GeS_3 – Cu_2GeSe_3 (рис.1а). Как видно, эта система квазибинарна и характеризуется неограниченной взаимной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Её фазовая диаграмма относится к I типу по Розебому. Максимальный температурный интервал плавления твердых растворов составляет 30° .

РФА подтвердил однофазность сплавов Cu_2GeS_3 – Cu_2GeSe_3 во всей области составов (рис.2). Рентгенограммы индифицированы в тетрагональной сингонии (Пр.гр.14) и получены параметры решетки (табл.), концентрационные зависимости которых практически подчиняются правилу Вегарда (рис.1,б).

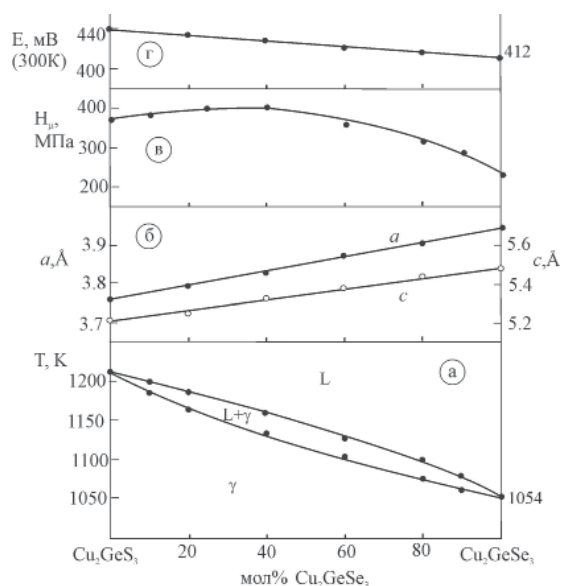


Рис. 1. Фазовая диаграмма (а), зависимости параметров кристаллической решетки (б), микротвердости (в) и ЭДС концентрационных цепей типа (1) от состава системы Cu_2GeS_3 – Cu_2GeSe_3

Результаты измерений микротвердости также находятся в соответствии с Т-х диаграммой (рис.1,в). Все сплавы характеризуются одним значением микротвердости, а их зависимость от состава выражается кривой с пологим максимумом. Это свидетельствует о слабой упругой деформации кристаллической решетки исходных тройных соединений при взаимном замещении атомов серы и селена.

Значения ЭДС цепей типа (1) являются монотонной функцией состава (рис.1,г), что указывает на непрерывное изменение состава фазы – правого электрода, т.е. на образование неограниченных твердых растворов замещения. Следует отметить хорошее соответствие численных значений ЭДС обоих исходных соединений с литературными данными [3], что подтверждает обратимость составленных концентрационных цепей и указывает на эффективность применения метода ЭДС к изучению твердофазных равновесий.

Список литературы

1. Бабанлы М.Б., Юсубов Ю.А., Абишев В.Т. Трехкомпонентные халькогениды на основе меди и серебра. – Баку: Изд-во БГУ, 1993. – 342 с.
2. Эмсли Дж. Элементы / пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.
3. Babanly M.B., Yusibov Yu.A., Babanly N.B. The EMF method with solid-state electrolyte in the thermodynamic investigation of ternary copper and silver chalcogenides / Electromotive force and measurement in several systems. Ed.S.Kara. Intechweb.Org. 2011. – PP.57-78.

Таблица 1

Результаты ДТА, микротвердость и параметры кристаллической решетки фаз в системе Cu_2GeS_3 - Cu_2GeSe_3

Состав, мол% Cu_2GeSe_3	Термические эффекты, К	H_m	E, мВ (300К)	Параметры тетрагональной решетки, Å	
				a	c
0 (Cu_2GeS_3)	1215	370	443	3.7676	5.2154
10	1190-1205	380	-	-	-
20	1170-1195	400	434	3.7935	5.2619
40	1158-1165	410	427	3.8355	5.3218
60	1105-1132	360	418	3.8738	5.3783
80	1075-1100	320	408	3.9059	5.4416
90	1063-1075	280	-	-	-
100	1054	230	400	3.9465	5.4888

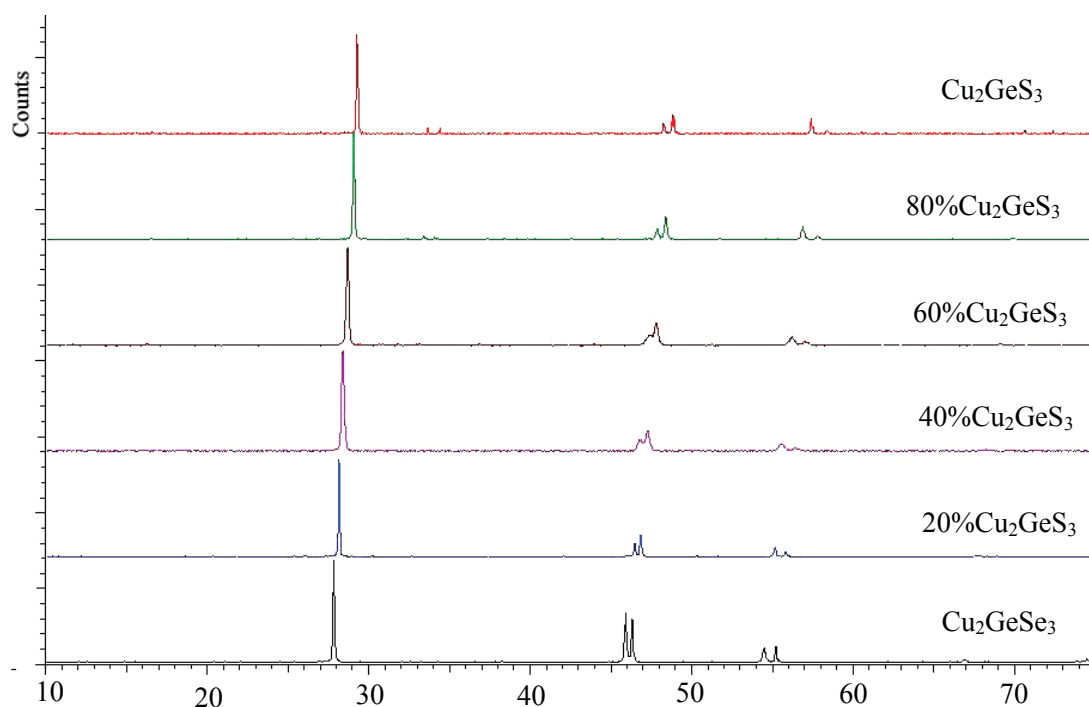


Рис. 2. Порошковые дифрактограммы некоторых сплавов системы Cu_2GeS_3 - Cu_2GeSe_3

4. Cho J.Y., Shi X., Salvador J.R., Meisner G.P. et al. Thermoelectric properties and investigations of low thermal conductivity in Ga-doped Cu_2GeSe_3 // *Phys.Rev.* – 2011. – V. 84.

5. Khanafer M., Rivet J. and Flahaut J. Etude du système $\text{Cu}_2\text{S-GeS}_2$ // *Bull.Soc.Chim.Fr.* – 1973. – V.3. – PP.859-862.

6. Lychmanyuk O.S., Gulay L.D., Oleksyuk I.D., Stepien-Damm Yu. et al. of the Ho_2X_3 - $\text{Cu}_2\text{X-ZX}_2$ (X=S, Se; Z=Si, Ge) systems // *Polish. J.Chem.* – 2008. – V.81. – PP.353-367.

7. Marcano G., Bracho D.B., Rincon C., Perez G.S., Nieves L. On the temperature dependence of the electrical and optical properties of Cu_2GeSe_3 // *J.Appl.Phys.* – 2000. – V.88. – PP.822-828.

8. Marcano G., Ieves L. Temperature dependence of the fundamental absorption edge in Cu_2GeSe_3 // *J. Appl. Phys.* – 2000. – V.87(3). – PP.1284-1286.

9. Parasyuk O.V., Piskach L.V., Romanyuk Y.E., Oleksyuk I.D. et al. Phase relations in the quasi-binary Cu_2GeS_3 -ZnS and quasi-ternary $\text{Cu}_2\text{S-Zn(Cd)S-GeS}_2$ systems and crystal structure of $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4$ // *J. Alloys Compd.* – 2005. – V.397. – PP.85-94.

10. Tomashik V. Copper-germanium-selenium // *Ternary Alloys. VCH.* – 2005. – V.2. – PP.288-299.

УДК 541.123.6:546.24

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ TL-TL₂TE-TL₉BiTe₆-Bi

Джафаров Я.И., Имамалиева С.З., Бабанлы М.Б.

Бакинский Государственный Университет, Баку, e-mail: babanly_mb@rambler.ru

Методами ДТА, РФА, измерением микротвердости и ЭДС концентрационных элементов исследованы фазовые равновесия в системе Tl-Bi-Te в области составов Tl-Tl₂Te-Tl₉BiTe₆-Bi. Построены политермические сечения Tl₉BiTe₆-Bi(Tl₂Bi₃) и Tl-[TlBiTe_{0.667}], изотермическое сечение при 300K фазовой диаграммы и проекция поверхности ликвидуса подсистемы Tl-Tl₂Te-Tl₉BiTe₆-Bi. Установлены типы и координаты невариантных равновесий. Показано наличие широкой области расслаивания.

Ключевые слова: фазовая диаграмма, теллуриды таллия-висмута, твердые растворы, политермические сечения, поверхность ликвидуса.

PHYSICO-CHEMICAL INVESTIGATION OF TL-TL₂TE-TL₉BITE₆-BI SUBSYSTEM

Jafarov Ya.I., Imamaliyeva S.Z., Babanly M.B.

Baku State University, Baku, e-mail: babanly_mb@rambler.ru

The phase equilibria in the Tl-Bi-Te system have been investigated in Tl-Tl₂Te-Tl₉BiTe₆-Bi concentration range mainly by the X-ray powder diffraction and differential thermal analyses, with the aid of microhardness and EMF measurements applied to equilibrated alloys. Based on the experimental results, the phase diagrams of the polythermal section and isothermal section at 300 K as well as the projection of the liquids surface of Tl-Tl₂Te-Tl₉BiTe₆-Bi subsystem have been constructed. The types and coordinates of non- and monovariant equilibria were determined in the system. The wide field of immiscibility is shown.

Keywords: phase diagram, thallium-bismuth tellurides, solid solutions, vertical sections, liquidus surface.

Хальковисмутиды таллия относятся к числу перспективных функциональных материалов, представляющих большой интерес как термоэлектрики и топологические изоляторы [4,8,9].

Тройная система Tl-Bi-Te в области составов Tl-Tl₂Te-Tl₉BiTe₆-Bi изучена в [3, 10] по разрезу Tl-Bi₂Te₃. В [3] приведена диаграмма состояния разреза Tl-Bi₂Te₃, относящаяся к квазибинарным системам с тремя промежуточными фазами. В работе [10] разрез Tl-Bi₂Te₃ изучен методом ЭДС и получены данные, отличающиеся от результатов [3].

Учитывая противоречивость данных вышеуказанных работ, нами предпринято новое комплексное исследование фазовых равновесий и термодинамических свойств системы Tl-Bi-Te.

Настоящая работа посвящена изучению фазовых равновесий в этой системе в области составов Tl-Tl₂Te-Tl₉BiTe₆-Bi.

Исходные соединения Tl₂Te и Tl₉BiTe₆ плавятся конгруэнтно при 698 [5] и 830 K [2] и кристаллизуются в моноклинной (Пр. гр. C2/C, a=15.662, b=8.987, c=121.196, β=100.761°, z=44) [6] и тетрагональной структурах (Пр. гр. 4/mcm, a=8.855, c=13.048Å) [7], соответственно.

Диаграммы состояния Tl-Tl₂Te(Bi) и Tl₂Te-Tl₉BiTe₆ приведены в работах [1, 5] соответственно.

Экспериментальная часть

Для проведения исследований были синтезированы соединения Tl₂Te, Tl₉BiTe₆ и Tl₂Bi₃ сплавлением элементов высокой степени чистоты (не менее 99,999% основного вещества) в откачанных до ~10⁻²Па и запаянных кварцевых ампулах. Индивидуальность синтезированных соединений контролировали методами ДТА и РФА.

Сплавы исследуемых разрезов готовили сплавлением в вакуумированных кварцевых ампулах как из элементов, так и из соответствующих соединений. Снятием термограмм литых негомогенизированных сплавов определили температуру начала плавления, несколько ниже (20-30K) которых проводили гомогенизирующий отжиг в течение ~800ч.

Исследования проводили методами ДТА (пирометр НТР-70), РФА (дифрактометр Д8 ADVANCE фирмы Bruker), а также измерением микротвердости (прибор ПМТ-3) и ЭДС концентрационных цепей типа

(-) Tl (тв.) | глицерин + KCl +
+ TlCl | (Tl-Bi-Te) (тв.) (+) (1)

ЭДС измеряли компенсационным методом с помощью цифрового вольтметра В7-34А в интервале температур 300-450К.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования представлены на рис.1-4 и табл.1. Для удобства при составлении данных рис.1,3,4 на поверхности ликвидуса и отдельных разрезах Т-х-у диаграмм приняты единые обозначения. Кроме того, политермические разрезы представлены в таких мольных соотношениях исходных фаз, которые позволяют сопоставить их с данными рис.4 без пересчета составов сплавов.

Учитывая отсутствие литературных данных по боковой системе Tl_9BiTe_6 -Bi, мы сначала построили ее диаграмму состояния (рис.1,а).

Как видно, разрез является квазибинарным и характеризуется монотектическим и эвтектическим равновесиями. В интервале концентраций 65-85 мол.% Tl_9BiTe_6 обнаружено расслаивание в жидком состоянии при температуре монотектики 763К. Точка эвтектики имеет состав 5 мол.% Tl_9BiTe_6 и температуру 525К. Область гомогенности δ -твердого раствора на основе Tl_9BiTe_6 по этому разрезу не превышает ~2 мол.%.

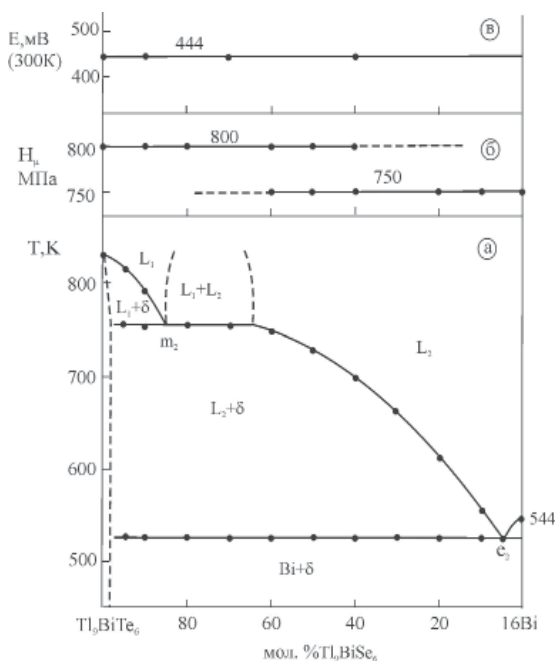


Рис.1. Диаграмма состояния (а), зависимость микротвердости (б) и ЭДС концентрационных элементов (в) при 300К от состава системы Tl_9BiTe_6 -Bi

Другие методы исследования подтверждают построенную диаграмму состояния.

Как видно из данных рентгеновского анализа (рис.2), рентгенограмма сплава состава 50 мол.% Tl_9BiTe_6 состоит из суммы линий отражения исходных веществ. Смещение дифракционных линий практически не наблюдается.

Измерение микротвердости (рис.1,б) показывает гетерофазность сплавов системы Tl_9BiTe_6 -Bi, причем значения микротвердости составляющих фаз практически совпадают с микротвердостью исходных компонентов.

Значения ЭДС (рис.1,в) во всех сплавах этой системы остаются постоянными независимо от валового состава, что указывает на постоянство состава δ -фазы в сплавах.

Нами также построены политермические разрезы Tl_9BiTe_6 - Tl_2Bi_3 и Tl - $[TlBiTe_{0.667}]$ фазовой диаграммы Tl -Bi-Te.

Разрез Tl_9BiTe_6 -16/5 Tl_2Bi_3 (рис.3,а) в твердом состоянии пересекает фазовые области δ +Bi, ϵ + δ , δ + ϵ +Bi (ϵ -твердый раствор на основе Tl_2Bi_3). Ликвидус этого разреза имеет две ветви, соответствующие первичной кристаллизации δ - и ϵ -фаз. В области составов 15-88 мол.% Tl_9BiTe_6 δ -фаза первично кристаллизуется по монотектической реакции $L_1 \leftrightarrow L_2 + \delta$ и в системе формируется трехфазная область $L_1 + L_2 + \delta$. Ниже линий моновариантных монотектических реакций наблюдается совместная кристаллизация смесей δ +Bi и ϵ + δ по моновариантной эвтектической реакции. Окончательная кристаллизация сплавов в области составов 98-99,4-2, 89-4 мол.% Tl_9BiTe_6 происходит по соответствующим моно- и невариантным равновесиям $L \leftrightarrow \delta$ +Bi, $L \leftrightarrow \epsilon$ + δ и $L \leftrightarrow \delta$ + ϵ +Bi(E_1). В результате система в этих областях становится гетерофазной: δ +Bi, ϵ + δ , δ + ϵ +Bi.

Разрез Tl - $[TlBiTe_{0.667}]$ (рис.3,б) пересекает все стабильные конноды системы Tl - Tl_2Te - Tl_9BiTe_6 -Bi ниже солидуса. Т-х диаграмма характеризуется сложным взаимодействием компонентов и отражает почти все равновесия в подсистеме Tl - Tl_2Te - Tl_9BiTe_6 -Bi. Гетерогенные равновесия в этой системе можно установить при совместном рассмотрении рис.3,б с рис.4 и таблице.

Расположение фазовых областей в твердом состоянии наглядно демонстрирует изотермическое сечение диаграммы состояния при 300К (рис.4,а), из которого видно, что взаимная система $3Tl + Tl_9BiTe_6 \leftrightarrow 6Tl_2Te + Bi$ адигональна.

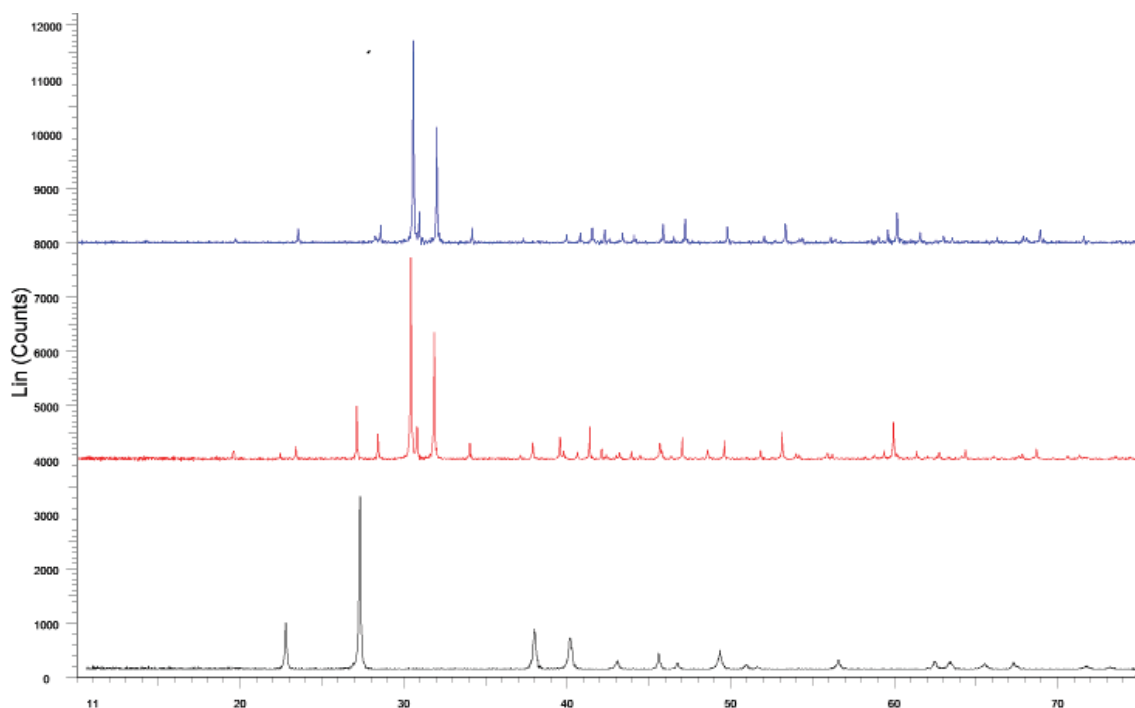


Рис.2. Порошковые дифрактограммы сплавов системы Tl_9BiTe_6 -16Bi. 1-Bi; 2-50 мол.% Tl_9BiTe_6 +50 мол.% 16Bi; 3 – Tl_9BiTe_6

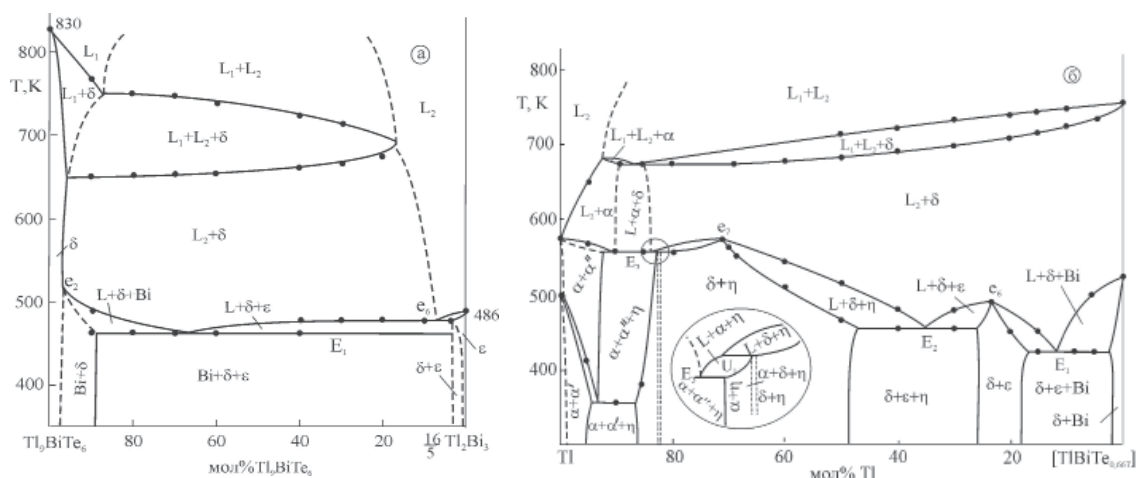


Рис.3. Диаграммы состояния систем Tl_9BiTe_6 - Tl_2Bi_3 (а) и Tl - $[TlBiTe_{0.667}]$ (б). α' и α - твердые растворы на основе таллия.

Поле первичной кристаллизации δ -фазы занимает обширную площадь на фазовой диаграмме. Это позволяет варьировать составы расплавов для выращивания монокристаллов этой фазы различного состава методами направленной кристаллизации.

При определении и уточнении границ фазовых областей на диаграмме твердофазных равновесий наряду с рентгенофазовым анализом и измерением микротвёрдости широко использованы результаты измере-

ний ЭДС. На рис.4,а в разных фазовых областях приведены значения ЭДС цепей типа (1) при 300К. Можно легко показать, что эти значения могут наблюдаться только при представленном расположении фазовых областей.

В двухфазных областях $\delta+\eta$ и $\delta+\epsilon$ с изменением состава η - и ϵ -фаз значения ЭДС непрерывно изменяются в пределах 10-64 и 64-118мВ. Это показывает, что составы η и ϵ -фаз меняются непрерывно.

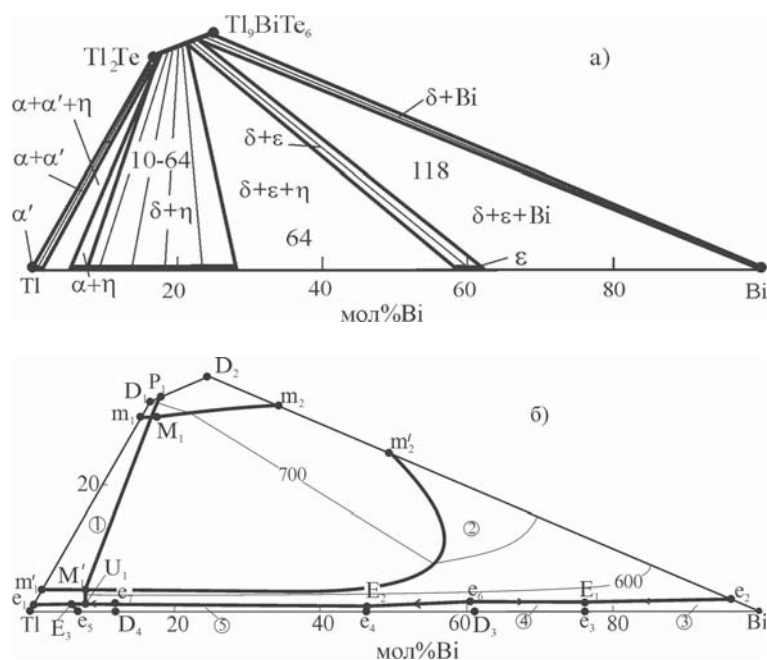


Рис.4. Изотермическое сечение фазовой диаграммы при 300K (а) и проекция поверхности ликвидуса (б) системы $Tl-Bi-Te$. Поля первичной кристаллизации: 1- $\alpha(Tl_2Te)$, 2- $\delta(Tl_7Bi_6Te_8)$, 3- Bi , 4- $\epsilon(Tl_2Bi_3)$, 5- $\eta(Tl_7Bi)$. В отдельных фазовых областях приведены значения ЭДС (мВ) концентрационных цепей типа (1)

Таблица

Нонвариантное равновесие в системе $\text{Tl}-\text{Tl}_2\text{Te}-\text{Tl}_9\text{BiTe}_6-\text{Bi}$

Точка на рис.4,б	Равновесие	Состав, ат %		T, K
		Tl	Bi	
D ₁	L↔Tl ₂ Te	66,67	-	698
D ₂	L↔Tl ₉ BiTe ₆ (δ)	56,87	6,25	830
D ₃	L↔ε	41	59	486
D ₄	L↔η	88	12	577
e ₁	L↔Tl ₂ Te+a	~	-	575
e ₂	L↔δ+Bi	3	95	525
e ₃	L↔ε+Bi	24	76	471
e ₄	L↔η+ε	54	46	461
e ₅	L↔α''+η	93	7	570
e ₆	L↔ε+δ	38	59	480
e ₇	L↔η+δ	86	12	575
E ₁	L↔δ+ε+Bi	23	75	465
E ₂	L↔ δ+η+ε	53	45	458
E ₃	L↔α+α''+η	92	6	568
P ₁	L+δ ↔α	64	1	720
U ₁	L+δ↔α+ η	90	8	570
m ₁ (m' ₁)	L ₁ ↔L ₂ +Tl ₂ Te	69(96)	-	681
m ₂ (m' ₂)	L ₁ ↔L ₂ +δ	48(37)	20(39)	763
M ₁ (M' ₁)	L ₁ +δ↔L ₂ +α	68(89)	1(7)	675

Список литературы

1. Бабанлы М.Б., Зломанов В.П., Гусейнов Ф.Н., Дашдыева Г.Б. Фазовые равновесия в системе $Tl_3Te-SnTe-Bi_2Te_3$ // Неорганическая химия. – 2011. – Т.56. – №12. – С. 2069-2075.
2. Берг Л.Г., Абдульманов А.Г. Квазибинарная система $Bi_2Te_3-Tl_9BiTe_6$ // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. – 1970. – Т.6. – №12. – С.2192-2193.
3. Борисова Л.А., Ефремова М.В., Ахмедова Ф.И. Свойства сплавов $Tl-Bi-Te$ // Неорганическая химия. – 1963. – Т.8. – №12. – С.2700-2704.
4. Шевельков А.В. Химические аспекты создания термоэлектрических материалов // Успехи химии. – 2008. – Т.77. – №1. – С.3-21.
5. Binary Alloy Phase Diagrams, 2nd Edition (3 Volume Set). Massalski T.B (Editor), Okamoto H. (Editor), Subramanian P.R. (Editor). ASM International (OH). 1990. – 3589p.
6. Cerny R., Joubert J., Filinchuk Y., Feutelais Y. Tl_3Te and its relationship with Tl_3Te_3 . // Acta. Crystallogr. C. – 2002. – V.58. – №5. – P.163-165.
7. Doert T., Böttcher P. Crystal structure of bismuthnonathallium hexatelluride, $BiTl_9Te_6$ // Z. Kristallogr. – 1988. – V. 24. – P.1479-1484.
8. Kanatzidis M.G. The role of solid state chemistry in the discovery of new thermoelectric materials // Semiconductors and semimetals. / Ed. Terry M. Tritt San Diego; San Francisco; N.Y.; Boston; London; Sydney; Tokyo: Academ. Press, 2001. – V.69. – P.51-98.
9. Wolfing B., Kloc C., Teubner J., Bucher E. High performance thermoelectric Tl_9BiTe_6 with an extremely low thermal conductivity // Phys. Rev. Lett. – 2001. – V.86. – P.4350-4353.
10. Zaleska E. Electrochemical Investigation of $Tl-Bi_2Te_3$ System // Roczn. Chem. – 1972. – V.46. – P.1229-1233.

УДК 573.3

ГИПОХРОМИЗМ ДЕГАЗИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ДНК

Пивоваренко Ю.В.

НУЦ «Физико-химическое материаловедение»

Киевского национального университета им. Тараса Шевченко и НАН Украины, Киев,

e-mail: y.pivovarenko@gmail.com

Показано, что дегазация или насыщение водородом водных растворов ДНК сопровождаются уменьшением их A_{260} .

Ключевые слова: гипохромизм ДНК.

HYPOCHROMISM OF DEGAS DNA SOLUTIONS

Pivovarenko Yu.V.

STC Physico-Chemical Center of Material Science, Taras Shevchenko Kyiv National University

and NAS of Ukraine, Kiev, e-mail: y.pivovarenko@gmail.com

It is shown that degassing or hydrogenation of DNA aqueous solutions accompanied by reduction their A_{260} .

Keywords: hypochromism DNA.

Введение

Изучая взаимодействия между ДНК и катионными N-оксидфеназинами в водных растворах с различным газовым составом, мы обнаружили, что такие взаимодействия происходят в дегазированных растворах и в растворах, насыщенных водородом, но не происходят в растворах, насыщенных кислородом [5]. Проанализировав полученные результаты, мы предположили, что растворенные газы могут влиять не только на изучавшиеся нами взаимодействия, но и на состояние ДНК в водных растворах.

Цель исследования

Целью настоящего исследования было:

1. получение УФ-спектров поглощения дегазированных растворов ДНК, а также – растворов ДНК, насыщенных водородом;
2. сравнение полученных спектров с известными УФ-спектрами поглощения растворов ДНК, насыщенных кислородом [6–8].

Материал и методы исследования

В работе использовали растворы тимусной ДНК теленка (Serwa, Германия), приготовленные на 50 мМ Na-какодилатном буфере, pH 6,9 [2].

Для дегазации, растворы ДНК (20°C) в течение 1 час выдерживали в вакуумном эксикаторе под давлением ~ 13 мм рт. ст.

Насыщенные водородом растворы ДНК получали барботированием (водородом) дегазированных растворов ДНК.

Для регистрации УФ-спектров поглощения растворов ДНК использовали спектрофотометры Specord UV VIS (Carl Zeiss Jena, Германия) и Specord M40 (Carl Zeiss Jena, Германия).

Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что УФ-спектры поглощения дегазированных или насыщенных водородом растворов ДНК со временем претерпевают гипохромные сдвиги, которые сопровождаются уменьшением или полным исчезновением пика с максимумом на длине волны 260 нм (рис. 1, 2).

Известно [6–8], что насыщение растворов ДНК кислородом сопровождается увеличением их A_{260} . Такой гиперхромизм объясняют одноэлектронным окислением ДНК синглетным кислородом [9] и образованием ее комплекса с супероксид-анионом, $\text{ДНК}^+\bullet\text{O}_2^-$, продуктом восстановления синглетного кислорода [6–8]. Исходя из предложенного объяснения природы кислород-зависимого гиперхромизма растворов ДНК, можно предположить, что гипохромизм дегазированных (рис. 1) или насыщенных водородом растворов ДНК (рис. 2) отражает процесс восстановления ДНК и, как следствие, разрушения ее комплекса с супероксид-анионом: $\text{ДНК}^+\bullet\text{O}_2^- + e^- \rightarrow \text{ДНК} + \text{O}_2^-$.

Дегазированные водные растворы приобретают восстановительные свойства при вакуумировании, вследствие активного испарения, происходящем при пониженном парциальном давлении паров воды: поскольку водяной пар всегда заряжен положительно [3], испарение водных растворов неминуемо сопровождается появлением у них отрицательного потенциала и, как следствие, восстановительных свойств.

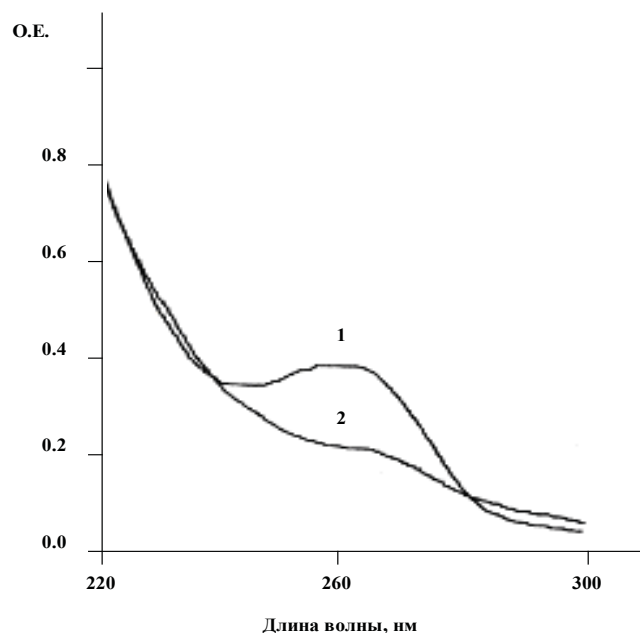


Рис. 1. УФ-спектры поглощения дегазированного раствора ДНК ($20 \mu\text{g/ml}$, 20°C):
1 – свежеприготовленный раствор; 2 – через 72 часа после приготовления раствора

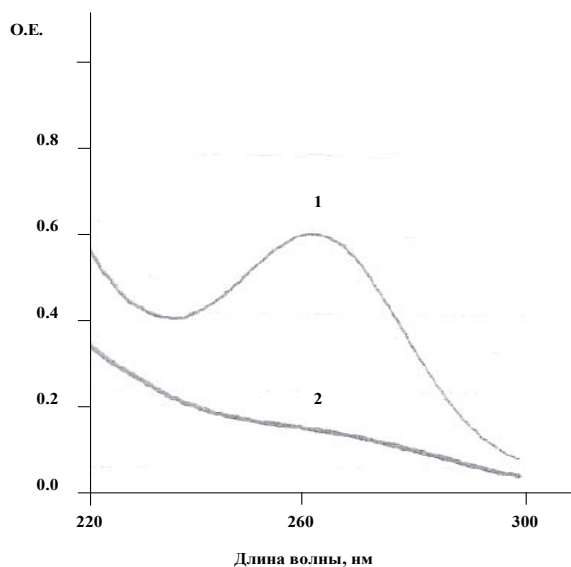


Рис. 2. УФ-спектры поглощения раствора ДНК ($30 \mu\text{g/ml}$, 20°C), насыщенного водородом:
1 – свежеприготовленный раствор; 2 – через 72 часа после приготовления раствора

Появление восстановительных свойств у растворов, барботируемых водородом, обусловлено электронодонорными свойствами водорода по отношению к водным средам, а также – отрицательным потенциалом таких растворов [4].

Таким образом, полученные результаты (рис. 1,2) подтверждают мнение авторов [7], считающих, что величина A_{260} отражает

исключительно концентрацию ДНК, окисленной синглетным кислородом. Также, исходя из полученных результатов и предложенного объяснения природы кислород-зависимого гиперхромизма растворов ДНК [6-8], можно заключить, что УФ-спектры поглощения водных растворов, содержащих исключительно не окисленную ДНК, не имеют максимума на длине волны 260 нм. Поэ-

тому, следует согласиться с предложением определять концентрацию ДНК не по величине A260 ее растворов (как принято [1]), а колориметрически, по поглощению продуктов цветных реакций на фосфатные группы ДНК [10].

Заключение

В дегазированных рабочих растворах ДНК находится преимущественно в виде комплекса с супероксид-анионом, $\text{ДНК}^+\cdot\text{O}_2^-$, имеющего максимум на длине волны 260 нм [7,8]. Такое, окисленное, состояние ДНК не соответствует ее нативному состоянию, о чем свидетельствует сильный иммунный ответ на ДНК, модифицированную синглетным кислородом [6]. Поэтому, для возможности корректной экстраполяции свойств ДНК, проявляемых в экспериментах *in vitro*, на свойства нативной ДНК, исследования ДНК *in vitro* целесообразно проводить в дегазированных растворах, УФ-спектры поглощения которых не имеют пика с максимумом на длине волны 260 нм. (Учитывая состояние гипоксии, свойственное тканям опухолей [10], в таких же растворах целесообразно проводить исследования опухолевых ДНК.)

В то же время, исследования митохондриальной ДНК больных старческим диабетом, болезнями Паркинсона, Альцгеймера и другими заболеваниями людей преклонного возраста, которые связывают с окислительным повреждением митохондрий

альной ДНК и образованием ее комплекса с супероксид-анионом [11], целесообразно проводить в кислородсодержащих растворах, УФ-спектры поглощения которых имеют максимум на длине волны 260 нм.

Список литературы

1. Епринцев А.Т., Попов В.Н., Федорин Д.Н. Идентификация и исследование экспрессии генов: учебно-методическое пособие для вузов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – С. 14-15.
2. Зенгер В. Принципы структурной организации нуклеиновых кислот. – М.: Мир, 1987. – С. 163.
3. Красногорская Н.В. Электромагнитные поля в атмосфере Земли и их биологическое значение. Т.1. – М.: Наука, 1984. – С. 60-61.
4. Некрасов Б.В. Основы общей химии. Т. 1. – М.: Химия, 1974. – С. 207.
5. Пивоваренко Ю.В., Шаблюкин О.В., Васильев О.М. Природа взаємодій між катіонгенними N-оксидфеназінами та ДНК // Медична хімія. – 2012. – № 3. – С. 20-24.
6. Хан Фозия, Хан Фарина, Сиддику А.А., Али Р. Повышение иммуногенности плазмидной ДНК под действием синглетного кислорода // Биохимия. – 2006. – Т. 71, № 8. – С. 1074-1082.
7. Doshi R., Day P.J.R., Tirelli N. Dissolved oxygen alteration of the spectrophotometric analysis and quantification of nucleic acid solutions // Biochemical Society Transactions. – 2009. – Vol. 37, № 2. – P. 466-470.
8. Doshi R., Day P.J.R., Carampin P. at all. // Anal. Bioanal. Chem. – 2010. – Vol. 396. – P. 2331-2339.
9. Kanvah S., Joseph J., Schuster G.B. at all. // Accounts of Chemical Research. – 2010. – Vol. 43, № 2. – P. 280-287.
10. Mergny J.-L., Li J., Lacroix L., Amrane S., Chaires J.B. // Nucleic Acids Research. – 2005. – Vol. 33, № 16. – P. 1-6.
11. Ozawa T. Oxidative Damage and Fragmentation of Mitochondrial DNA in Cellular Apoptosis // Bioscience Reports. – 1997. – Vol. 17, № 3. – P. 237-250.

УДК 661.8

О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ФЕРРИТОВ-ХРОМИТОВ НИКЕЛЯ (II) В ХОДЕ ТОПОХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**¹Шабельская Н.П., ²Захарченко И.Н., ¹Ульянов А.К.**¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, e-mail: nina_shabelskaya@mail.ru²Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

В работе выявлено, что продолжительность процессов формирования структуры твердых растворов $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ зависит от содержания катионов Fe^{3+} в составе шпинели. С уменьшением содержания катионов Fe^{3+} в составе твердого раствора продолжительность синтеза увеличивается. Высказано предположение, что на процесс образования шпинели в результате топохимической реакции оказывают кристаллохимические особенности исходных оксидов.

Ключевые слова: шпинели, топохимические реакции, механизм твердофазного синтеза, хромиты.

ON THE EDUCATION MECHANISM OF NIKEL (II) FERIT-CHROMIT DURING TOPOCHEMICAL PROCESS**¹Shabelskaya N.P., ²Zacharchenko I.N., ¹Ulyanov A.K.**¹South Russian State Polytechnical University (NPI) name M.I. Platov, Novocherkassk, e-mail: nina_shabelskaya@mail.ru²Southern Federal University, Rostov-on-Don

In work it is revealed that duration of formation processes of solid solutions structure $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ from the maintenance of cations of Fe^{3+} as a part of spinel depends. With reduction of the maintenance of cations of Fe^{3+} as a part of solid solution duration of synthesis increases. It is suggested that on process of spinel formation as a result of topochemical reaction render crystallochemical features of initial oxides.

Keywords: spinel, topochemical process, mechanism of solid-phase synthesis, chromite.

Введение

Твердые растворы на основе ферритов и хромитов никеля (II) находят широкое применение в технике в качестве магнитных и полупроводниковых материалов. Изучению вопроса формирования структуры шпинели посвящено много исследований. Однако до настоящего времени до конца не выявлены факторы, влияющие на скорость и полноту формирования структуры шпинели. Целью настоящего исследования являлось изучение механизма образования твердых растворов в системе $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ ($x = 1,4; 1,6; 2,0$) в ходе топохимической реакции.

Материалы и методы исследования

Для приготовления образцов твердых растворов $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ были составлены сырьевые смеси из оксидов железа (III), хрома (III) и никеля (II) марки хч, отвечающие стехиометрическому соотношению компонентов NiO , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 в твердых растворах шпинелей. Исходные оксиды имели размер зерна не более 0,1 мкм (проходили через сито 10000 отб/см²). Подробно методика синтеза материалов изложена в [3, 5-7]. Полноту синтеза контролировали с помощью рентгенофазового анализа (РФА) на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3. Для идентификации фаз использовали картотеку ASTM, параметры элементарных ячеек определяли по линии (440) (кубическая фаза), (440) и (404) (тетрагональная фаза). Рентгенограммы образцов приведены на рис. 1.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проводимого исследования установлено, что синтез образцов состава $\text{NiFe}_{0,6}\text{Cr}_{1,4}\text{O}_4$ завершен полностью, для $\text{NiFe}_{0,4}\text{Cr}_{1,6}\text{O}_4$ процесс прошел на 96%, хромита никеля (II) NiCr_2O_4 в образце – 90%.

На процесс формирования структуры шпинели оказывают влияние многие факторы, их можно условно разбить на две группы. К первой относятся факторы, определяющиеся составом и структурой образующегося кристалла (энергия кристаллической решетки, плотность, температура плавления и т.д.). Ко второй группе – факторы, связанные с наличием примесей и дефектов кристаллической решетки (диффузия, механическая прочность, пластическая деформация и т.д.).

Как известно [2], энергия кристаллической решетки представляет собой ту работу, которую нужно совершить, чтобы разорвать связи, действующие между структурными единицами. Эта величина характеризует прочность связей в кристалле и его устойчивость.

Расчет энергии кристаллической решетки (W) был проведен по уравнению Капустинского по методике, изложенной в [1]:

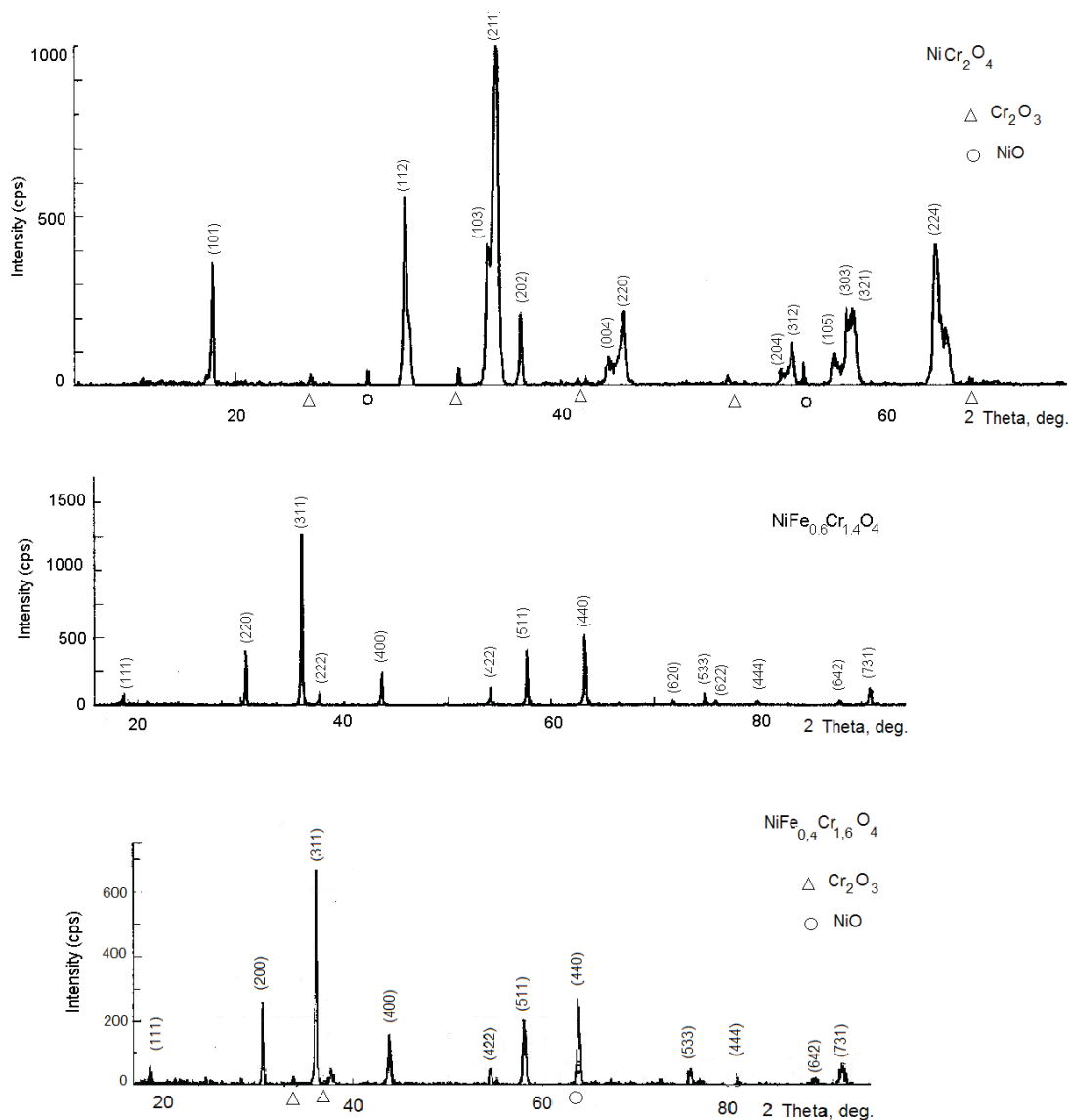


Рис. 1. Рентгенограмма образцов в системе $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$
Индексированы линии, принадлежащие шпинели

Рассчитанные значения энергии кристаллических решеток U исходных оксидов и образующихся шпинелей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Величина энергии
кристаллической решетки

Формульная единица вещества	U , кДж/моль
NiO	3831
Fe_2O_3	14761
Cr_2O_3	14937
$\text{NiFe}_{0.6}\text{Cr}_{1.4}\text{O}_4$	18590
$\text{NiFe}_{0.4}\text{Cr}_{1.6}\text{O}_4$	18602
NiCr_2O_4	18632

Примечание. Для шпинелей r_k рассчитывали по формуле:

$$r_k = \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2}{3}},$$

где r_1, r_2, r_3 – радиусы катионов, входящих в формульную единицу вещества, Å.

Согласно полученным данным, наименьшей энергией решетки обладает исходный оксид никеля (II). В этой связи можно предположить, что диффузионные процессы будут осуществляться за счет катиона Ni^{2+} . Однако в [7] для хромита никеля (II)

было отмечено, что процесс формирования структуры протекает за счет диффузии Cr^{3+} .

Для объяснения экспериментально наблюдаемых зависимостей следует допустить влияние структурного фактора на скорость диффузионных процессов. Оксид никеля (II) кристаллизуется в кубической решетке типа NaCl (пространственная группа $Fm\bar{3}m$) [4,8]. Она характеризуется гранцентрированной ячейкой Бравэ, каждый ион Ni^{2+} окружен шестью ионами O^{2-} . В такой структуре имеются взаимопроникающие две плотнейшие упаковки: одна – из атомов никеля, другая – из атомов кислорода. Катионы никеля занимают все октаэдрические пустоты. Для стехиометрического NiO число ионов никеля равно числу ионов кислорода, следовательно, в структуре заполнены все октаэдрические пустоты, а тетраэдрические остаются свободными. Вероятно, диффузия катионов никеля из узлов более совершенной кубической решетки затруднена, и формирование шпинельной структуры протекает за счет катионов трехвалентных металлов. Оксиды Fe_2O_3 и Cr_2O_3 имеют ромбоэдрическую решетку типа корунда ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, пространственная группа $R\bar{3}c$). Ее можно описать как искаженную ромбоэдрически структуру NaCl, в которой атом натрия или хлора заменен на группу Al_2O_3 . В такой структуре ионы кислорода образуют ориентировочно гексагональную плотнейшую упаковку, а катионы металла заполняют 2/3 октаэдрических пустот, лежащих в направлении $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ [8]. По-видимому, диффузия катионов металла по оставшимся свободным узлам кристаллической решетки протекает легче. Кроме того, можно предположить, что в случае составов, обогащенных Fe^{3+} , формирование структуры шпинели будет происходить преимущественно за счет диффузии трехвалентного катиона железа (III), поскольку энергия кристаллической решетки Fe_2O_3 ниже, чем у Cr_2O_3 (см. табл. 1). В связи с этим, следо-

вало ожидать увеличения продолжительности синтеза шпинелей $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ с увеличением x (то есть, при уменьшении содержания Fe^{3+} в составе шпинели). Такая зависимость в скорости формирования структуры шпинели экспериментально наблюдалась для изученных составов рассматриваемой системы.

Выводы

В ходе изучения процессов формирования структуры твердых растворов $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ выявлено, что продолжительность синтеза зависит от содержания катионов Fe^{3+} в составе твердого раствора. С уменьшением содержания катионов Fe^{3+} в составе твердого раствора продолжительность синтеза увеличивается. Высказано предположение, что на процесс образования шпинели в результате топохимической реакции оказывают кристаллохимические особенности исходных оксидов.

Список литературы

1. Захарченко И.Н., Кирюшина Р.О., Резниченко Л.А., Таланов М.В., Ульянов А.К., Шабельская Н.П. Исследование процессов образования хромитов MCr_2O_4 ($\text{M} = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}, \text{Cd}, \text{Mg}$) // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2013. – Т. 56. – № 8. – С. 59-62.
2. Новая керамика / под ред. П.П. Будникова. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1969. – 312 с.
3. Таланов В.М., Шабельская Н.П. Способ получения железо-хром-никелевых шпинелей. Пат. РФ. С1 2257953 RU В 01 J 23/86, 37/04 // Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ) – № 2257953; Заявл. 29.01.2004; Опубл. 10.08.2005, Бюл. № 22.
4. Справочник химика. Т. 2. – Л.: Химия, 1964. – 1008 с.
5. Шабельская Н.П., Таланов В.М., Ульянов А.К. Изучение механизма формирования тетрагональных фаз в процессе получения шпинелей $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ // Изв. ВУЗов. Сев.-Кавк. регион. Технические науки. – 2006. – № 3. – С. 56-59.
6. Шабельская Н.П., Таланов В.М., Ульянов А.К. Особенности синтеза твердых растворов $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 2. – С. 83-84.
7. Шабельская Н.П., Таланов В.М., Ульянов А.К. Особенности формирования тетрагональных фаз в процессе синтеза ферритов-хромитов никеля (II) // Известия ВУЗ. Сер. химия и химич. технология. – 2007. – Т. 50. – Вып. 5. – С. 24-26.
8. Шаскольская М.П. Кристаллография. – М.: Высшая школа, 1984. – 376 с.

**Материалы конференции
«Современные наукоемкие технологии»,
Доминиканская Республика, 13-22 апреля, 2014**

Медицинские науки

**ВЛИЯНИЕ МАЗИ МЕТИЛУРАЦИЛОВОЙ
С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА
НА ПОКАЗАТЕЛИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО
СТРЕССА И ЦИТОКИНОВЫЙ
ПРОФИЛЬ В КРОВИ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ
УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ОБЛУЧЕНИИ
МОРСКИХ СВИНОК**

Звягинцева Т.В., Гринь В.В., Миронченко С.И.

*Харьковский национальный медицинский
университет, Харьков, e-mail: tana_zv@list.ru*

Цель работы – изучить влияние мази метилурациловой (М), содержащей наночастицы (НЧ) серебра, на показатели окислительного стресса и уровень интерлейкинов (ИЛ) в крови при локальном ультрафиолетовом (УФ) облучении в эксперименте. Работа выполнена на 24 морских свинках-альбиносах, разделенных на 4 группы: интактные (1); УФ-эритема, контроль без лечения (2); УФ-эритема+мази: метилурациловая (ОАО «Нижфарм», Россия), препарат сравнения (3) и метилурациловая с НЧ серебра (получены методом электронно-лучевого выпаривания и конденсации веществ в вакууме), основная группа (4). Группе 3 и 4 за 1 час до, через 2 часа после облучения, а затем ежедневно до исчезновения эритемы на кожу наносили мази. В сыворотке крови исследовали продукты перекисного

окисления липидов (ПОЛ) – ТБК-активные продукты (ТБК-АП), активность ферментов антиоксидантной (АО) системы – супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы (КАТ), концентрацию ИЛ-12 и ИЛ-13 на момент исчезновения эритемы. Показано, что во 2 группе эритема (длительность 9 суток) сопряжена с развитием окислительного стресса, что выражалось в активации ПОЛ (повышение ТБК-АП), снижением АО потенциала (уменьшение активности КАТ и СОД) по сравнению с нормой, и иммуносупрессии (снижение уровня ИЛ-12 и ИЛ-13). Использование мази М (3 группа) приводило к сокращению длительности эритемы до 8 суток, что сопровождалось снижением уровня ТБК-АП, повышением активности СОД, уровня ИЛ-12 и ИЛ-13 в сравнении с контролем. Лечение мазью метилурациловой с НЧ серебра (основная группа) оказывало более выраженное фармакологическое действие: сокращалась длительность эритемы до 6 суток, снижался уровень ТБК-АП, повышались активность СОД и КАТ, уровень ИЛ-12 и ИЛ-13 по сравнению с контролем. Активность КАТ и концентрация обоих ИЛ также превышала значения в группе сравнения. Таким образом, под влиянием мази М с НЧ серебра снижались проявления окислительного стресса и иммуносупрессии, индуцированные УФ облучением.

Технические науки

**ПРИМЕНЕНИЕ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Петров М.Н., Анаров М.Ж.

*Сибирский государственный аэрокосмический
университет имени академика Решетнёва М.А.,
Красноярск, e-mail: mnp_kafaes@mail.ru*

В работе рассмотрен вопрос применения волоконно-оптических датчиков для диагностики беспилотных летательных аппаратов.

Беспилотные летательные аппараты известны с середины прошлого века, однако в последнее время возрос интерес к ним. Это обусловлено рядом причин и одной из главных причин – это создание современных телекоммуникационных устройств на основе микроэлектроники и наноэлектроники. Современные телекоммуникационные системы стали миниатюрными и с высоким качеством обработки различных видов информации, что позволило легко размещать их на небольших беспилотных аппаратах. Так, например современная видео камера с высоким разрешением имеет размеры менее пяти санти-

метров и снимает объекты с качеством HD. К самым беспилотным аппаратам возникли новые требования – это надёжность самих аппаратов, а также диагностика их состояния, как на стадии создания, так и на стадии пилотирования. Так как системы диагностики беспилотных аппаратов размещаются непосредственно на самих беспилотных аппаратах, то основное требование к ним – это минимальный вес и размеры. Это приводит к ряду дополнительных требований к системам контроля и диагностики беспилотных аппаратов: надёжность, точность измерений и особенно важным является их миниатюрность и компактность, для того, чтобы не создавать лишнюю нагрузку, так необходимую для размещения систем слежения.

Одним из направлений диагностики может стать направление по применению датчиков контроля на основе современных достижений науки и техники – волоконно-оптических датчиков (ВОД).

Данные датчики успешно применяются в атомной промышленности, а также в нефтегазовой отрасли, на транспорте, как наиболее надёжные и обладающие рядом неоспоримых преимуществ таблица 1.

Таблица 1

Физическая величина	Единица измерения	Предел измерения традиционными датчиками	Достигнутые измерения оптическими датчиками	Предел измерения оптическими датчиками
Деформация	м	- 4 10	- 12 10	- 14 10
Давление	Па	- 4 7 x10	- 4 10	- 6 10
Температура	С	- 4 10	- 6 10	- 8 10
Вращение	1/2 Град/час	- 4 10	- 4 10	- 8 10
Ускорение	2 м/с	- 6 10	- 4 10	- 8 10
Магнитное поле	Гс	- 8 10	- 7 10	- 12 10
Электрическое поле	В/м	- 2 10	- 2 10	- 4 10

Они обладают:

- высокой чувствительностью;
- широким динамическим диапазоном;
- невосприимчивостью к электромагнитным помехам;
- легкостью к мультиплексированию;
- конструктивной простотой низкой стоимостью;
- многопараметровой чувствительностью;
- не требуют искрогашения.

Выводы

ВОД и волоконно-оптические измерительные системы (ВОИС) могут иметь распределенные структуры, длительно время устойчиво работать при неблагоприятных условиях: экстремальных температурах, давлениях, электромаг-

нитных воздействиях, в радиационных, ядовитых или коррозионных средах, которые оказывают незначительное влияние на оптические волокна. Важно также то, что ВОД являются легкими, компактными, гибкими и остаются надежными в течение длительного времени эксплуатации и во многих применениях являются потенциально недорогими. Наиболее важным преимуществом волоконно-оптических систем является их устойчивость к *вибрациям и перепадам температур*, что важно для беспилотных аппаратов во время полетных измерений.

Список литературы

1. Буймистряк Г.Я. Информационно-измерительная техника и технология на основе волоконно-оптических датчиков и систем. – СПб.: Минатом России, 2005. – 190 с.

Химические науки

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ХЛОРИДОВ ПИРИДИНИЯ, ЛАНТАНА И НЕОДИМА

Егорова И.Ю., Веролайнен Н.В.

Тверской государственный университет, Тверь,
e-mail: nataliverolainen@mail.ru

Развитие высоких технологий все более привлекает использование лантаноидов. На основе лантаноидов получают многие уникальные материалы, которые находят широкое применение в различных областях науки и техники. Наличие частично заполненного в атомах лантаноидов, большие ионные радиусы, а также, широкий диапазон координационных возможностей предполагают многовариантные типы координационных взаимодействий f-элементов в комплексах с π -, σ -связанными и π -донорными лигандами. Металлоорганические соединения лантаноидов применяются в органическом синтезе и катализе, используются для создания материалов с за-

данными электрическими, оптическими и магнитными свойствами.

Представленная работа посвящена синтезу комплексных соединений на основе хлоридов алкилпиридиния $[C_5H_5NR]Cl$, лантана и неодима.

Четвертичные соли алкилпиридиния, различающиеся длиной алкильного радикала, были получены кватернизацией пиридина алкилхлоридами. Строение подтверждено данными ИК-спектроскопии, качественными реакциями на четвертичный азот с бромфеноловым синим и температурами плавления.

Взаимодействием сульфата лантана (III) с гидроксидом натрия получен гидроксид лантана. Хлорид лантана $LaCl_3$ выделяли путем обработки гидроксида лантана соляной кислотой. Взаимодействием дециловой кислоты с оксидом неодима синтезирован децилат неодима. Далее взаимодействием децилата неодима с хлоридом олова (IV) выделен хлорид неодима $NdCl_3$.

Реакцией взаимодействия соли децил- и додецилпиридиния с хлоридами лантана и неодима

ма в ацетоне синтезированы тетрахлорланта-нат и тетрахлорнеодимат децил- и додецилпиридиния. Строение полученных соединений подтверждено данными ИК-спектроскопии.

Планируется синтезировать комплексные соединения с различным строением углеводородного радикала и изучить их физико-химические свойства.

Экология и здоровье населения

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОБИОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКОЛОГИЧНОГО ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

Мотовилов К.Я., Мотовилов О.К.

*Государственное научное учреждение
Сибирский научно-исследовательский институт
переработки сельскохозяйственной продукции
Российской академии сельскохозяйственных наук,
Новосибирск, e-mail: gnu_ip@ngs.ru*

За последние годы при производстве сельскохозяйственной продукции широко используются высокие дозы удобрений и пестицидов, проводятся широкомасштабные работы по химизации. Всё это приводит к нарушению сложившегося баланса в природных экосистемах, снижает способность экосистем поддерживать экологическое равновесие, что отрицательно отражается на качестве и безопасности производимой продукции. Кроме того, появление генномодифицированных продуктов ещё более ухудшает качество и безопасность пищи, а вместе с тем и здоровье людей.

Международный опыт показывает, что органические естественные производства являются единственным путём ведения сельского хозяйства с целью получения экобиопродуктов.

Вторым направлением в получении продуктов здорового питания является использование инновационных ресурсосберегающих, высокоэффективных экологических технологий переработки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Учёными Сибирского отделения Россельхозакадемии и Новосибирского агроуниверситета разработаны принципы ведения органического сельского хозяйства они включают методы, с помощью которых выращивают растения, создают новые породы животных, перерабатывают продукцию и контролируют качество и безопасность продуктов питания.

В Сибирском научно-исследовательском институте переработки сельскохозяйственной продукции, Новосибирском аграрном университете разработана концептуальная модель производства экологичного продовольственного сырья и экологически безопасных продуктов питания.

Под руководством доктора биологических наук, профессора Боковой Т.И. разработана классификация детоксикантов и выявлены основные закономерности процесса детоксикации ТМ в системе почва-растение-животное-продукт питания. Предложен ряд высокоэффективных детоксикантов, дано научное обоснование их дозирования. Комплексное использование различных детоксикантов позволяет снизить содержание ТМ в

конечной продукции до 90-95%, т.е. получить экобиопродукт, который может использоваться в детском, функциональном питании.

В лаборатории биохимических исследований впервые в России разработана и запатентована высокоэффективная экологичная (без использования кислот), ресурсосберегающая технология переработки зерна на кормовые сахара, базирующаяся на элементах нанобиотехнологий. Введение в рацион лактирующих коров новой кормовой добавки оказывает положительное влияние на показатели качества и безопасности продукции. Содержание ТМ в молоке снижается на 35%, увеличивается на 12-14% содержание лактозы, а содержание жира возрастает с 3,4 до 3,7%

В научно-производственной лаборатории разработана уникальная технология получения экологичной продукции птицеводства, исключающая применение антибиотиков и химических препаратов. Вместо этого используются пробиотические, пребиотические и синбиотические препараты. Установлено, что включение данных кормовых добавок в рацион цыплят-бройлеров повышает интенсивность роста, развития птицы. Повышает качество и экологическую безопасность продукта, снижает на 30% содержание тяжёлых металлов в мясе птицы. На полученный продукт выдан сертификат «Экобиопродукт».

В лаборатории биотехнологии разработана технология получения экологичного продовольственного сырья и продуктов специализированного и функционального питания с использованием гидромеханического воздействия. Полученная по новой технологии продукция сохраняет все нативные свойства исходного сырья. Обусловлено это тем, что процесс происходит при низких температурах. Одновременно осуществляется гомогенизация и стерилизация продукта, что позволяет увеличить качество и сроки хранения полученных гомогенатов.

Основные принципы ведения органического сельского хозяйства предполагают взаимовыгодное сочетание интересов работников сельского хозяйства, потребителей экологичной продукции и благополучное состояние окружающей среды. Такой подход позволяет комплексно решать экономические, экологические и социальные проблемы.

Сочетание принципов развития органического сельского хозяйства позволяет изменить общественные отношения таким образом, чтобы приоритеты охраны окружающей среды не противопоставлялись, а сочетались с интересами и приоритетами социально-экономического развития Сибири.

**Материалы конференции
«Современные наукоемкие технологии»,
Израиль, 25 апреля – 2 мая, 2014 г.**

Химические науки

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
СТАБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ**

Гасаналиев А.М., Ахмедова П.А., Гаматаева Б.Ю.

*Дагестанский государственный
педагогический университет,
Махачкала, e-mail: amalaev00@mail.ru*

Важной задачей современной техники является получение неорганических материалов с заданными свойствами. Данная проблема решается в том числе с использованием диаграмм состояния «состав-свойство», с помощью которых можно подобрать оптимальные условия для получения расплавов с заданными свойствами [1-4]. Для рационализации исследования многокомпонентных систем (МКС) предполагают предварительное теоретическое изучение диаграммы составов с последующим экспериментальным исследованием основных ее элементов, выбор которых зависит от целей и задачи эксперимента.

Целью настоящей работы является рационализация теоретических и экспериментальных методов исследования МКС с последующим эмпирическим изучением стабильных комплексов МКС, представляющих интерес для получения материалов с заданными свойствами.

Нами разработана методология моделирования стабильных и метастабильных комплексов МКС с учетом внутренних секущих, реализуемость которых прогнозируется на первом же этапе планирования эксперимента [5,6].

Методология моделирования стабильных и метастабильных комплексов реализована

на десяти четверных взаимных системах с участием фторидов, хлоридов, нитратов, вольфраматов и молибдатов щелочных и щелочноземельных металлов, выбранных нами в качестве объекта исследования как системы ранее изученные, и в которых реализуются внутренние секущие: Li,Na,K//Cl,NO₃, Li,Na,Sr//Cl,NO₃,

K,Ca,Ba//F,WO₄,
Li,K,Ba//F,WO₄,
Na,Ba//Cl,MoO₄,WO₄,
Na,Ba//F,MoO₄,WO₄,
Na,K,Ca//F,MoO₄,
Na,K,Ba//F,MoO₄,
K,Ca,Ba//F,MoO₄.

Результаты наших исследований совпадают с литературными данными, что подтверждает правомерность разработанной нами методологии.

Выявленные с использованием предложенной нами методики стабильные и метастабильные комплексы могут быть объектом исследования при рассмотрении вопроса получения композиций с регламентируемыми свойствами.

Список литературы

1. Курнаков П.С. Введение в физико-химический анализ. – М.: JL: АН СССР, 1940.
2. Радищев В.П. Многокомпонентные системы. – М.: АН СССР, 1964.
3. Гасаналиев А.М., Курбанмагомедов К.Д., Трунин А.С., Штер Г.Е. Моделирование хим. реакций в многокомпонентных системах на персональной ЭВМ. – Черкассы, 1988. Деп в ОНИИТЭХИМ 01154-88.
4. Гасаналиев А.М. Топология, обмен и комплексобразование в многокомпонентных солевых системах: дисс. ... д-ра хим. наук. – Ташкент, 1990. – 477с.
5. Гасаналиев А.М., Ахмедова П.А., Гаматаева Б.Ю. Методология дифференциации многокомпонентных систем (МКС) Деп. В ВИНТИ от 28.09.2010 г. №542-В2010. – Махачкала: ДГПУ, 2010. – 69с.
6. Гасаналиев А.М., Ахмедова П.А. Дифференциация многокомпонентных систем. – Москва: ООО «Е-полиграф», 2011. – 150с.

Материалы конференции

**«Приоритетные направления развития науки, технологий и техники»,
Италия (Рим - Флоренция), 12-19 апреля, 2014**

Ветеринарные науки

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ВЛИЯНИЯ ПЕРФТОРАНА НА СТРУКТУРУ
ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КРЫС
ПРИ ОСТРОМ ДЕСТРУКТИВНОМ
ПАНКРЕАТИТЕ**

Андреева С.Д.

*ФГБОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия», Киров,
e-mail: a_s_d_16@bk.ru*

Острый деструктивный панкреатит (ОДП) – заболевание со сложным патогенезом и с летальностью, превышающей 30% от числа заболевших. Предотвратить развитие панкреонекро-

за одной из первостепенных задач терапевтической тактики.

Целью исследования является изучение морфологических изменений поджелудочной железы (ПЖ) крыс при ОДП в динамике с учетом фаз развития патологического процесса и при лечении перфтораном.

Материалы и методы. Модель ОДП создавалась путем криовоздействия на селезеночный сегмент ПЖ хлорэтилом (Канаян А.С., 1985) на 50 беспородных белых крысах обоего пола массой 180–220 г. Забой животных проводили через 1 час и на 1, 3, 7, 14-е сутки после операции. Из аутопатов, взятых в различные сроки исследо-

вания, изготавливались микроскопические препараты, окрашенные гематоксилином и эозином. Для морфометрической оценки функционального состояния ациноцитов использовалось программное обеспечение анализа изображений ImageScore Color M. Основные показатели, взятые для оценки функционального состояния экзокринной паренхимы: площадь ядра, цитоплазмы и ядерно-цитоплазматический отношения (ЯЦО) ациноцитов. Данные показатели оценивались по статистической обработке в программе Biostat при достоверности результатов $p \leq 0,05$.

Результаты исследования. При ОДП в экзокринной паренхиме ПЖ к первому часу эксперимента площадь цитоплазмы ациноцита уменьшается в среднем на 12,9%, площадь ядра уменьшается незначительно, что приводит к возрастанию ЯЦО до 0,52 (у интактных животных он составляет 0,44). К первым суткам эксперимента по моделированию ОДП дальнейшие изменения данных показателей незначительны и ЯЦО практически не изменяется. Однако к третьим суткам размер ядра ациноцита увеличивается на 7,14% по сравнению с нормой, объём цитоплазмы резко уменьшается на 17,2% и, соответственно. ЯЦО увеличивается до 0,62. К седьмым суткам ОДП состояние ациноцитов морфологически нормализуется, о чём свидетельствует минимальное отклонение от нормы размеров ядра (увеличение на 1,1%) и нормализация объёма цитоплазмы (уменьшение на 8,83%). Однако наблюдаемые изменения не являются тенденцией к нормализации состояния

клетки, так как к 14 суткам эксперимента ЯЦО всё ещё резко повышен и составляет 0,65 (преимущественно за счёт резкого уменьшения площади цитоплазмы (у интактных животных составляет 22,3%).

Применение перфторана при ОДП приводит к изменениям в цитоархитектонике ациноцитов. В первые сутки наблюдаются отклонения, сходные с таковыми при течении ОДП без лечения (площадь ядра ациноцита уменьшается незначительно, в то время как площадь цитоплазмы уменьшается на 7,31%, ЯЦО равняется 0,52). К третьим суткам ОДП происходит снижение ЯЦО до 0,29 за счёт резкого увеличения площади цитоплазмы (по сравнению с интактными животными площадь увеличилась на 33,95%). На седьмые сутки лечения наблюдается динамика в сторону нормализации (размер ядра меньше на 6,6%, площадь цитоплазмы увеличилась на 24,51%, ЯЦО - 0,34). На четырнадцатые сутки ОДП размер ядра выше, чем у интактных животных на 6,1%, площадь цитоплазмы увеличилась на 7,8%, однако, ЯЦО равен таковому у интактных крыс и составляет 0,44, что свидетельствует о нормализации процессов жизнедеятельности ациноцита на фоне компенсаторных изменений внутри отдельных компонентов клетки.

Выводы

При моделировании острого деструктивного панкреатита подтверждены цитопротекторные свойства перфторана по отношению к ациноцитам, что доказано изменениями на клеточном уровне в динамике течения ОДП.

Технические науки

КОНТРОЛЬ НАДЁЖНОСТИ НАНОСПУТНИКОВ И ПИКОСПУТНИКОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Петров М.Н., Анаров М.Ж.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика Решетнёва М.А.,
Красноярск, e-mail: mnp_kafas@mail.ru*

Одним из важных направлений развития космических технологий является резкое снижение размеров и веса космических аппаратов. Это стало возможным в результате развития микроэлектронных и нанoeлектронных приборов и устройств. Так, например изготовление одного экземпляра спутника PhoneSat обходится в настоящее время от 3.5 до 7 тысяч долларов, что значительно дешевле стоимости изготовления любого другого типа искусственных спутников. При этом стоимость с каждым годом снижается. Такие низкие затраты объясняются тем, что при конструировании наноспутников и пикоспутников используются в основном новейшие электронные компоненты и устройства серийного производства. Важным вопросом остаётся вопрос их организации диагностики и передачи информации о работе бытовой электроники в жестких космических

условиях. Для контроля и диагностики таких микроспутников необходимо применение новых подходов и требований к контрольно-измерительной технике. В настоящее время космические аппараты, можно классифицировать по их весу:

Классификация спутников малых размеров

Большие	Более 1000 кг
Малые (Миди)	500 – 1000 кг
Миниспутники	100 – 500 кг
Микроспутники	10 – 100 кг
Наноспутники	1 – 10 кг
Пикоспутники	Менее 1 кг

Для функционирования наноспутников необходимо создание принципиально новой системы их диагностики. Требования к системе диагностики наноспутников так же изменяются – это повышение точности измерений параметров и резкое снижение веса и размеров диагностических систем (датчиков, систем обработки и передачи информации диагностической информации).

Одним из направлений по диагностике наноспутниковых и пикоспутниковых космических аппаратов, может стать направление по применению контрольно – измерительных систем и датчиков контроля на основе современ-

ных достижений науки и техники – волоконно-оптических технологий. Данные типы систем и датчиков, успешно применяются в различных отраслях промышленности, как наиболее надёжные и обладающие рядом неоспоримых преимуществ, таблица /1/. Они обладают:

- высокой чувствительностью;
- широким динамическим диапазоном;
- невосприимчивостью к электромагнитным помехам;
- легкостью к мультиплексированию;
- конструктивной простотой низкой стоимостью;
- многопараметровой чувствительностью;
- не требуют искрогашения.

По нашему мнению наиболее важными характеристиками для контроля наноспутников могут быть температура (её изменения могут быть в пределах, от минус 200 до плюс 200 градусов Цельсия), радиация, механические воздействия и т.д.

Для измерения влияния температуры в наземных условиях на стадии тестирования, мож-

но использовать волоконно-оптическую систему диагностики на основе эффекта Рамана /1 стр. 94/. В основе лежит принцип объединения способа измерения температуры по обратному рассеянию Рамана, со способом измерения расстояния по времени прихода отраженного оптического импульса.

Для контроля температуры на орбите можно применять датчики на основе дифракционных решётках Брегга или волоконно-оптического датчика внешнего интерферометра Фабри-Перо /1 стр. 99/. Размеры самого датчика 12 миллиметров длина и 4 миллиметра диаметр, что соизмеримо с размерами микроспутников.

Волоконно-оптические радиационные датчики выдерживают высокие температуры и давления, а также агрессивные, коррозионные и абразивные среды и потоки /1, 2/.

Список литературы

1. Буймистрюк Г.Я. Информационно-измерительная техника и технология на основе волоконно-оптических датчиков и систем. – СПб.: Минатом России, 2005. – 190 с.
2. Бусурин В.И., Носов Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.

Философские науки

ФИЛОСОФИЯ ИСТОРИИ: ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКИЙ ДИСКУРС

Попов В.В.

Таганрогский государственный педагогический институт, Таганрог, e-mail: vitl_2002@list.ru

В рамках рассмотрения проблемы, связанной с исследованием различных подходов к философии истории, возникает целый ряд аспектов, которые, в конечном счете, создают достаточно широкую палитру мнений, но не претендуют на расстановку приоритетных акцентов, связанную со своеобразием понимания соотношения философии и истории в рамках постнеклассической науки. Во второй половине XX века начал складываться новый тип постнеклассической рациональности, который, подчеркивая историчность самого разума, акцентирует внимание на процессах коммуникации, осуществляемой в определенном социокультурном пространстве и времени и детерминированной исторически конкретными системами ценностей. Время возникновения новой парадигмы, ее границы, очерченные теми или иными философскими концепциями, школами, течениями, установить столь же трудно, как и в случае неклассической рациональности. Истоки нового типа философствования видят во взглядах М. Хайдеггера, К. Ясперса, Э. Гуссерля, Ч. Пирса, У. Джеймса, Л. Витгенштейна и других представителей неклассического рационализма, что свидетельствует о значимости некоторых методологических принципов, не утративших своего значения и в наши дни.

Социально-философская проблематика непосредственно связана с проблемой значения и смысла истории не только потому, что определяет решение той или иной философской проблемы, и не в той связи, что речь идет об адекват-

ном уровне классического мышления, по отношению к которому исследуется степень самосознания или осознания обществом конкретного этапа своего развития. Можно высказать предположение, что определенные размышления, касающиеся смысла истории, составляют ту мировоззренческую основу, на которую как бы налагается определенное множество вопросительных и утвердительных высказываний относительно проблем аналитической философии и истории. Своеобразное видение содержательной стороны исторической проблематики может быть различно в зависимости от того, в каком именно спектре рассматривается сама человеческая история, например, как последовательность взаимной дополняемости и автономности различных ипостасей целостной человеческой истории, которая фактически проявляется в рамках особенностей восхождения теоретического философско-исторического мышления от абстрактного к конкретному. Вопрос о результатах подобного восхождения и их инструментально-прагматической значимости стоит несколько в стороне, поскольку речь идет в большей степени об эффективности тех или иных социальных технологий, которые имеют свое значение в условиях социально-исторической практики деятельности субъекта по отношению к реальности. Осевой проблемой для ведущих философских направлений становится проблема соотношения рационального и исторического. История уже не мыслится как неположенный, предопределенный человеку процесс, или как поток индивидуально-психологизированного сознания, иррационального в своей основе. Она есть способ существования всех феноменов и процессов мира, в том числе и разума, всякий раз выступающего в конкретно-исторических

формах, которые являются результатом деятельности человека. Поиски смысла истории осуществляются на пути выяснения соотношения индивидуального и всеобщего, субъективного и объективного, стабильного и динамичного, традиционного и инновационного и т.д. Центром этих пересечений становится человек, для которого история является фундаментальным способом его существования. В результате сама история приобретает антропологическое измерение, ибо поиски человеком ее смысла совпадают с поисками им смысла своей жизни.

Социально-философский анализ исторического процесса с позиции постнеклассической рациональности учитывает целый ряд факторов, например, факторы идеальные, связанные со знаниями того или иного человека или выдающихся личностей; природные, связанные с географической средой и биологией человека и так называемые искусственные, которые в большей степени определяются способом производства и имеющимися технологиями. Сам метод осмысления исторического процесса устанавливает способность человека развиваться в рамках пространства и времени по тем законам, которые обусловлены человеческой историей. Схематически такой исторический процесс представляется восходящей линией, ведущей в «царство свободы». Тогда история представляется не как нечто случайное, а как строго детерминированный процесс, который тесно связан с цивилизационным подходом к историческому процессу, позволяющему рассматривать переходы от одной фазы к другой. Обращаясь к самому смыслу истории, следует сказать о том, что возникает своеобразная необходимость наличия конституэнтного фактора в истории. В этой связи, рассматривая проблему исторического развития с точки зрения рациональности, можно отметить, что существующее в истории представляется через должное, а возможное выступает своеобразным коррелятом того же сущего и того же должного. В итоге проблема настоящего времени может рассматриваться в терминах прошлого времени и возможного, то есть с выходом на будущее, вследствие чего само сущее в принципе будет обладать и не обладать истинным бытием. Подобное противоречие встречается при конструировании различных моделей историческо-

го процесса, и оно действительно отражает тенденции, которые характерны для современной постнеклассической науки.

Понятие универсализации воплощает в себе некий динамический и доступный исследователю параметр проблемы, позволяющий эмпирически определить контекст ее присутствия. Универсализация является своеобразной целевой причиной исторического движения; каждая историческая эпоха воплощает в себе определенную грань целевой причины, лишь определенный ракурс приближения к своеобразному единству и совершенству. Кроме того, осознание собственной ограниченности перед определяющими онтологическими факторами способствует размыканию сознания, которое, в свою очередь, позволяет воспринимать человека и реальность в многомерном спектре действительности, а следовательно, позволяет развить собственные познавательные способности.

Движение истории чем-то напоминает калейдоскоп, в котором снова и снова изменяется конфигурация сфер человеческой культуры. Об этом в свое время писал А. Шопенгауэр и именно эту динамику культурного бытия человечества можно зафиксировать посредством таких фундаментальных понятий, как историческое время, творческий процесс, – понятий воплощающих в себе не случайность и даже не фатальность исторического движения. Любой культурный феномен является результатом исторического процесса, его конструированием в определенном историческом пространстве как адекватного или неадекватного элемента этого пространства. Дисгармонический характер культурного феномена означает его деструктивное влияние на исторический процесс определенной исторической эпохи, которая провоцирует начало или продолжение ее трансформации. Однако эта неадекватность является проявлением тенденции всеобщей универсализации исторического бытия. Таким образом, можно выделить два основных смысловых вектора понятия исторической универсализации:

- всеобщий, который определяет движение историко-культурного бытия и является неким историческим параметром;

- конкретно-исторический, который определяет степень соответствия культурного феномена конкретному историческому контексту.

Экономические науки

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Балгабеков Т.К., Максутова Ж.К., Балабекова К.Г.,
Байров Н.Б., Оразалина А.Б.

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

Введение

Транспортное обеспечение (ТО) следует рассматривать как систему, представляющую сово-

купность технических, технологических элементов; экономических, правовых, организационных воздействий; форм и методов управления транспортными процессами и операциями.

В рамках ТО находится транспортное обслуживание, которое проявляется в системе транспортного обеспечения как конечный результат деятельности транспортных фирм по выполнению договора перевозки, представляя собой совокупность средств, форм и методов, обеспечивающих производство транспортной продукции надлежащего качества.

Основное содержание процесса доставки товара от места его изготовления до места потребления включает выполнение широкого спектра операций в рамках системы товародвижения, которая определяется как «технические средства, коммуникации и обустройство всех видов транспорта; складское хозяйство промышленных фирм, их филиалов, торгово-посреднических и других компаний; материально-техническая база стивидорных, брокерских и агентских фирм; обустройство транспортно-экспедиторских компаний для осуществления операций по группировке, комплектации отправок и т.п.; материально-техническая база лизинговых компаний, сдающих в аренду контейнеры; технические средства информационно-управленческих систем» [1,2].

Уровень развития транспортной логистики Казахстана

Опыт ряда европейских государств (Нидерланды, Германия, Польша, Венгрия, Чехия, Австрия) показывает, что данные страны рассматривают транзитные услуги как существенные статьи доходов своих бюджетов. Так, доля доходов от услуг транзита в общем объеме экспорта услуг Голландии составляет до 40 %, которая стала важнейшим транзитным перекрестком Европы за счет развитой инфраструктуры и транспортно – логистической сети. В Казахстане данный показатель (рисунок 1) сегодня не достигает уровня 1 % [2,3].



Рис. 1. Доходы от транзита по территории Республики Казахстан

Казахстан также может использовать опыт стран Европы, не имеющих выхода к морю, таких как Австрия и Венгрия, которые имеют определенное сходство со странами Централь-

ной Азии, так как расположены в центре европейских грузопотоков.

Развитие хабовой и терминальной сети внутри страны и в соседних регионах позволила Германии стать крупнейшим в Европе центром распределения грузопотоков. Хаббы расположены на ключевых транспортных коридорах Европы, охватывающих грузопотоки Севера (Мальмо), Юга и Юго-Востока (Зальцбург), Запада и Юго-Запада (Париж). Центральный хаб Фридевальд объединяет хаббы за пределами Германии в единое целое, обеспечивая эффективное распределение грузов.

Согласно показателям уровня эффективности логистики LPI Всемирного Банка (далее – ВБ) Казахстан в 2012 году занял 86 место среди 155 стран.

На сегодняшний день Казахстан находится на 176 месте в рейтинге «Doing Business» Всемирного Банка по индикатору «Международная торговля» - 2012 из 183 стран мира. Согласно отчету ВБ основные издержки и соответственно низкий показатель в международной торговле формируются за счет высокочрезмерной логистики, куда входят, в том числе и процедуры оформления разрешительных документов и их большой перечень, состояние инфраструктуры и процедура обработки грузов в терминалах, и другие транспортные издержки.

Все это влияет на время, стоимость и качество услуг, что в конечном счете приводит к сдерживанию торговли и соответственно к поиску грузоотправителями более благоприятных условий транспортировки.

Транспортно – логистическая система является основным инструментом реализации экономических связей между регионами Казахстана, а также главным проводником экспорта казахстанских товаров на мировые рынки.

В 2011 году товарооборот Казахстана со странами мира составил 126,2 млрд. долларов США, где рост к предыдущему году составил 41,8 %. При этом наибольший показатель товаров и услуг приходится на Европу, где доля казахстанского экспорта составляет 69,8 %. Основные показатели транспортировки грузов всеми видами транспорта (рисунок 2) приходятся на экспортные и внутренние перевозки, доля транзита в грузоперевозках составляет 0,6 %.

Объем экспортных операций Казахстана к 2020 году может вырасти в 1,5 раза с 96 млн. тонн до 147 млн. тонн, что потребует от ТЛС обслуживания дополнительных грузопотоков в Россию, Китай и Южную Корею, Европу, Среднюю Азию. Также ожидается, что объем торговых операций между сопредельными Казахстану странами вырастет в 1,5 раза и достигнет 1 трлн. долл. США к 2020 году, что создает потенциал транзита через Республику Казахстан. Наибольший рост товарооборота прогнозируется между КНР и странами Европы и Россией. Учитывая это, наиболее перспективным транзитным коридором для развития является коридор «Китай – Европа» и «Китай – РФ».

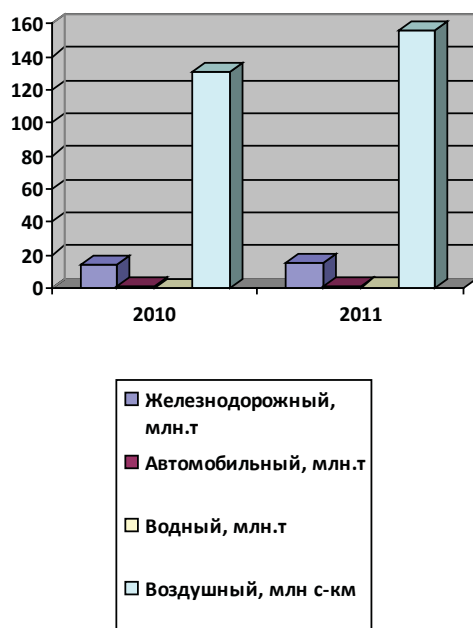


Рис. 2. Показатели объемов транзитных перевозок через территорию Республики Казахстан

В Казахстане доля расходов в год на развитие транспортной логистики невелика и не превышает 1 % от ВВП, в то время как в ведущих Европейских странах на логистику приходится свыше 7 % ВВП [3,4].

По имеющимся оценкам существующая база для перевозок мелкопартионных грузов и контейнеров в междугороднем сообщении удовлетворяет в данное время не более чем на 30% потребности. В среднем потребность Казахстана в складских помещениях в 2009 году составила 6,2 млн. кв.м. Соотношение предложения и спроса по Казахстану составляет 0,84. Фактически имеется 5,2 млн. кв. метров складских помещений торговых предприятий, из которых 2 % - склады класса «А» (современные профессиональные склады), 13 % - склады класса «В» (полупрофессиональные склады) и более 85 % - не приспособленные склады класса «С».

В целях дальнейшего расширения пропускной способности существующей железнодоро-

рожной сети страны важными проектами являются строительство железных дорог «Жезказган – Бейнеу» и «Аркалык – Шубаркуль».

Для создания полной инфраструктуры мультимодальных перевозок к 2015 году необходимо ввести в эксплуатацию дополнительные транспортно-логистические центры по республике.

При этом возможна организация согласованной работы сухого порта Хоргос с морским портом Актау, как основным казахстанским транспортным узлом на международных коридорах ТРАСЕКА и Север–Юг, в целях диверсификации имеющихся транзитных маршрутов в сообщении Азия – Европа.

Однако в настоящее время существующая мощность морского порта Актау по паромным переправам недостаточна для обеспечения планируемого грузопотока. В этой связи, требуются увеличение производственных мощностей существующих портов или создание новой портовой инфраструктуры с паромными терминалами.

Перспективные и привлекательные транспортно-транзитные узлы, соединяясь в единую опорную транспортно-логистическую цепь, станут неотъемлемой составляющей Евразийских транспортных коридоров, проходящих по территории Казахстана [3,4].

Создание новых транспортных маршрутов, которые соединят регион Центральной Азии с Китаем, дадут возможность переориентировать часть экспортируемых китайских грузов, а также из стран Юго-Восточной Азии в направлении Ближнего Востока и Европы на центрально-азиатские магистрали, в т. ч. через территорию Казахстана. Реализация проектов позволит значительно увеличить объем транзита по магистралям Казахстана.

Список литературы

1. Николаев Д.С. Транспорт в международных экономических отношениях. М., 1984. С. 10.
2. Балгабеков Т.К., Келисбеков А.К., Абетов Д.Б. О транспортных коридорах Казахстана. Журнал «Мир Транспорта», Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), г. Москва, 2012г. №4. С. 96-101.
3. Программа по развитию транспортной инфраструктуры в Республике Казахстан на 2010 – 2014 годы.
4. Балгабеков Т.К. Транспортные коридоры Казахстана: проблемы и перспективы. Труды БГТУ, научный журнал, № 2 (149), 2012г., г. Минск, С.103-106.

Материалы конференции

**«Технические науки и современное производство»,
Канарские острова, 8-15 марта, 2014**

Технические науки

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ НАГРЕВА РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ НА СТРУКТУРУ И ПЛАСТИЧЕСКУЮ ДЕФОРМАЦИЮ

Симачев А.С., Осолкова Т.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, e-mail: osolkova@kuz.ru

Пластичность рельсовой стали при высоких температурах во многом зависит от температур-

но-временного режима нагрева. При производстве рельсов из непрерывно-литых заготовок (НЛЗ) особенно важно обеспечить не только прогрев, но и создать благоприятные условия для хорошей проработки осевых зон при пластической деформации [1]. В этой связи изучение влияния температуры нагрева в трёх зонах (корковая зона, зона столбчатых кристаллов и центральная зона заготовки) НЛЗ из рельсовой

электростали на структурообразование и пластическую деформацию является целесообразным, поскольку это позволит скорректировать температуру нагрева заготовки из этой стали под прокатку, что повысит качество готового проката [2].

Объектом исследования была рельсовая сталь марки Э76Ф, химический состав которой соответствует ГОСТ 51685 – 2000. Образцы из одной НЛЗ вырезались из трёх зон для проведения испытаний на высокотемпературное кручение по ГОСТ 3565 – 80. Температура испытаний составляла 950, 1050, 1150 и 1250 °С со временем выдержки 5, 10 и 15 минут при каждой температуре. Высокотемпературная пластичность рельсовой стали определялась по числу оборотов до разрушения образца.

Высокотемпературное кручение производилось на установке, состоящей из нагревательной печи и двух валов, один из которых – вращающийся. Скорость вращения вала была приближена к скорости проката чистовой клети рельсобоального производства (~60 об/мин).

Экспериментально было установлено, что с повышением температуры нагрева возрастает пластичность стали. Максимальное число оборотов до разрушения металла наблюдалось при температуре 1150 °С во всех трех зонах, следовательно, степень деформации сдвига оказывалась максимальной при этой температуре, после чего отмечалось резкое падение пластичности.

Образцы, подверженные нагреву до температур 1150 и 1250 °С и выдержанные в течение 10 минут с дальнейшим испытанием на кручение, изучались металлографически. Отмечается тенденция формирования структур в трех зонах НЛЗ, заключающаяся в образовании двух слоев: 1) частичного поверхностного обезуглероживания; 2) слоя со структурой, соответствующей перегретому состоянию: игольчатый феррит (видманшtedт) или ферритная сетка [3].

Образцы, нагретые до температуры 1150 °С с выдержкой 10 минут после кручения имеют слой частичного поверхностного обезуглероживания ~0,2...0,3 мм во всех трех зонах НЛЗ. Ниже наблюдается сплошная ферритная сетка, которая переходит в разорванную на глубине ~0,5...0,6 мм от поверхности. Величина зерна в данной области по ГОСТ 5639-82 – № 4...№ 5.

Образцы из трех зон НЛЗ рельсовой стали, нагретые до 1250 °С с выдержкой 10 минут после кручения имеют различные микроструктуры. В корковой зоне после испытаний поверхностный слой с величиной зерна № 3 представлен структурой видманшtedт ~0,15...0,2 мм. Далее слой частичного поверхностного обезуглероживания толщиной ~0,5 мм, плавно переходит в структуру основного металла. В зоне столбчатых кристаллов наблюдается частичное обезуглероживание толщиной ~0,5 мм от поверхности образца, после которой выявлена перегретая структура рельсовой стали с величиной зерна № 2. Наибольшее поверхностное обезуглероживание отмечено в образце центральной зоны НЛЗ (~0,6...0,7 мм), за которым следует структура рельсовой стали с величиной зерна № 1 по всему сечению.

Таким образом, на основе экспериментальных данных установлено, что оптимальной температурой начала прокатки НЛЗ рельсовой стали Э76Ф, является температура 1150 °С, поскольку при данной температуре отмечаются наилучшие показатели пластичности во всех зонах слитка. Более высокие температуры прокатки способствуют снижению пластичности.

Список литературы

1. Темлянец М.В., Гаврилов В.В., Корнева Л.В. и др. О выборе температурных режимов нагрева под прокатку непрерывно-литых заготовок рельсовой электростали // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2005. – № 5. – С. 47-49.
2. Дзугутов М.Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. – М.: Металлургия, 1977. – 479 с.
3. Лозинский М.Г. Строение и свойства металлов и сплавов при высоких температурах. – М.: Металлургиздат, 1963. – 535 с.

Физико-математические науки

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ ТРЕУГОЛЬНЫХ ТОЧЕК ЗАДАЧИ ТРЕХ ТЕЛ С ИЗЛУЧАЮЩИМИ МАССАМИ

Турешбаев А.Т., Омарова У.Ш., Бексейтова А.Б.
Кызылординский государственный университет
имени Коркыт Ата, Кызылорда,
e-mail: ylbosin_kz@mail.ru

Рассматриваются периодические движения вблизи треугольных точек либрации фотогравитационной задачи трех тел, отличающиеся от соответствующей классической задачи тем, что основные тела, обращающиеся по круговым орбитам, являются излучающими.

Найдены многопараметрические решения задачи вблизи треугольных точек либрации, отвечающих точным решениям соответствующей

системы дифференциальных уравнений ограниченной фотогравитационной задачи трех тел.

Доказано, что возможные периодические движения являются плоскими, расположенными в плоскости орбитального движения основных тел.

Показано, что траектории движения частиц в окрестности исследуемых треугольных точек будут эллипсами, полуоси которых зависят от параметров фотогравитационного поля.

Как известно, периодические движения вблизи точек либрации классической ограниченной задачи трех тел исследованы многими авторами [1,2]. В работах [5,6] впервые сформулирована и доказана общая теорема о существовании ляпуновских семейств симметричных периодических движений и строго математически обоснован конструктивный метод численного

построения и исследования их устойчивости в обратимой системе. Построение траекторий путем численного интегрирования системы уравнений, поиск симметричного периодического решения, а также способ исследования устойчивости орбиты вокруг коллинеарных точек либрации ограниченной фотогравитационной задачи трех тел успешно реализованы в работе [7].

Поставим задачу определения периодических движений вблизи треугольных точек либрации L_4 и L_5 ограниченной фотогравитационной круговой задачи, дифференциальные которой имеют вид

$$\ddot{x} - 2\dot{y} = \frac{\partial W}{\partial x}, \quad \ddot{y} + 2\dot{x} = \frac{\partial W}{\partial y}, \quad \ddot{z} = \frac{\partial W}{\partial z},$$

$$W = \frac{1}{2}(x^2 + y^2) + \frac{q_1(1-\mu)}{r_1} + \frac{q_2\mu}{r_2},$$

$$r_1^2 = (x + \mu)^2 + y^2 + z^2, \quad r_2^2 = (x + \mu - 1)^2 + y^2 + z^2 \quad (1)$$

Здесь q_1 и q_2 – коэффициенты редукции, зависящие от мощности излучения основных тел и парусности частицы, определяемой отношением «сечение/масса», $1 - \mu$ и μ – безразмерные массы основных тел.

Рассмотрим теперь решения системы уравнений (1), близкие к треугольным точкам. Для этого введем обозначения

$$x = x_j + \xi, \quad y = y_j + \eta, \quad z = z_j + \zeta \quad (j = 1, 2),$$

где x_j, y_j, z_j – координаты треугольных точек, которые подставляя в (1), получим уравнения возмущенного движения относительно отклонений ξ, η и ζ , решения которых ищем в виде рядов, расположенных по степеням некоторой произвольной постоянной с коэффициентами, представляющими 2π -периодические функции времени. Применяя метод, предложенный А.М. Ляпуновым [1], запишем уравнения, определяющие первые коэффициенты искомых рядов

$$\frac{d^2 \xi^{(1)}}{d\tau^2} - \frac{2}{\lambda} \frac{d\eta^{(1)}}{d\tau} = \frac{1}{\lambda^2} (a_{xx}\xi^{(1)} + a_{xy}\eta^{(1)}),$$

$$\frac{d^2 \xi^{(1)}}{d\tau^2} + \frac{2}{\lambda} \frac{d\zeta^{(1)}}{d\tau} = \frac{1}{\lambda^2} (a_{xy}\xi^{(1)} + a_{yy}\eta^{(1)}),$$

$$\frac{d^2 \zeta^{(1)}}{d\tau^2} = \frac{1}{\lambda^2} a_{zz}\zeta^{(1)} \quad (2)$$

Решение (2) ищем в виде

$$\xi^{(1)} = a'' \cos \tau + b'' \sin \tau,$$

$$\eta^{(1)} = a' \cos \tau + b' \sin \tau,$$

$$\zeta^{(1)} = a \cos \tau + b \sin \tau, \quad (3)$$

и для определения в них неизвестных коэффициентов подставим уравнения (3) в систему (2) и имеем

$$\left(1 + \frac{a_{xx}}{\lambda^2}\right)a + \frac{a_{xy}}{\lambda^2}a' + \frac{2}{\lambda}b' = 0$$

$$\left(1 + \frac{a_{xx}}{\lambda^2}\right)b - \frac{2}{\lambda}a' + \frac{a_{xy}}{\lambda^2}b' = 0$$

$$\frac{a_{xy}}{\lambda^2}a - \frac{2}{\lambda}b + \left(1 + \frac{a_{yy}}{\lambda^2}\right)a' = 0$$

$$\frac{2}{\lambda}a + \frac{a_{xy}}{\lambda^2}b + \left(1 + \frac{a_{yy}}{\lambda^2}\right)b' = 0,$$

$$\left(1 + \frac{a_{zz}}{\lambda^2}\right)a'' = 0, \quad \left(1 + \frac{a_{zz}}{\lambda^2}\right)b'' = 0 \quad (4)$$

где

$$a_{xx} = W_{xx} = 3[q_1(1-\mu)(x+\mu)^2/r_1^2 + q_2\mu(x+\mu-1)^2/r_2^2]$$

$$a_{yy} = W_{yy} = 3y^2[q_1(1-\mu)/r_1^2 + q_2\mu(x+\mu-1)^2/r_2^2]$$

$$a_{xy} = W_{xy} = 3y[q_1(1-\mu)(x+\mu)/r_1^2 + q_2\mu(x+\mu-1)/r_2^2]$$

$$a_{zz} = W_{zz} = -1.$$

Первые четыре уравнения системы (4) перепишем в виде

$$Aa + 0 + Ba' + Cb' = 0,$$

$$0 + Ab - Ca' + Bb' = 0,$$

$$Ba - Cb + Da' + 0 = 0, \quad (5)$$

$$Ca + Bb + 0 + Db' = 0,$$

$$A = 1 + \frac{a_{xx}}{\lambda^2}, \quad B = 1 + \frac{a_{yy}}{\lambda^2}, \quad C = \frac{2}{\lambda}, \quad D = 1 + \frac{a_{xy}}{\lambda^2}$$

Определители системы (5) и двух последних уравнений (4) имеют вид:

$$\Delta_1(\lambda) = \begin{vmatrix} A & 0 & B & C \\ 0 & A - C & B & \\ B - C & D & 0 & \\ C & B & 0 & D \end{vmatrix} =$$

$$= \left\{ \frac{1}{\lambda^4} [(\lambda^2 + a_{xx})(\lambda^2 + a_{yy}) - a_{xy}^2 - 4\lambda^2] \right\}^2, \quad (6)$$

$$\Delta_2(\lambda) = \frac{1}{\lambda^4} (\lambda^2 + a_{zz})^2.$$

Характеристическое уравнение исследуемой системы распадается на два уравнения:

$$\begin{cases} \lambda^4 + (4 - a_{xx} - a_{yy})\lambda^2 + a_{xx}a_{yy} - a_{xy}^2 = 0, \\ \lambda^2 - a_{zz} = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Первое из (7) имеет две пары чисто мнимых корней при выполнении условий

$$0 \leq \mu(1-\mu)\sin^2(\varphi_1 + \varphi_2) \leq \frac{1}{36}, \quad (8)$$

где φ_1, φ_2 и x, y, r_1, r_2 между собой связаны следующими выражениями [8]:

$$\sin \varphi_1 = y/r_1, \quad \cos \varphi_1 = (x + \mu)/r_1,$$

$$\sin \varphi_2 = y/r_1, \quad \cos \varphi_2 = -(x + \mu - 1)/r_2,$$

Корни характеристического уравнения, соответствующего первому из (7), могут быть записаны как [4]

$$\lambda_{1,2} = \pm i\omega_1, \quad \lambda_{2,3} = \pm i\omega_2, \quad \text{где}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(4 - a_{xx} - a_{yy}) - \sqrt{(4 - a_{xx} - a_{yy})^2 - 4(a_{xx}a_{yy} - a_{xy}^2)}},$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(4 - a_{xx} - a_{yy}) + \sqrt{(4 - a_{xx} - a_{yy})^2 - 4(a_{xx}a_{yy} - a_{xy}^2)}},$$

С учетом (7) и (9) нетрудно установить, что определители системы (4) относительно коэффициентов равны

$$\Delta_1(\lambda_1) = 0, \Delta_1(\lambda_2) = 0, \Delta_2(\lambda_1) \neq 0, \Delta_2(\lambda_2) \neq 0 \quad (10)$$

Теперь легко установить, что система первых четырех уравнений системы (4) имеет решения, в которых все искомые величины не равны одновременно нулю, а два её последних уравнения имеют только тривиальное решение.

Поэтому функция $\zeta^{(1)}$ равна нулю тождественно, а так как всякая функция $Z^{(k)}$ имеет множители ζ , то любая $\zeta^{(k)}$ равна тождественно нулю, т.е.

$$\zeta \equiv 0, \quad (11)$$

и, следовательно рассматриваемое периодическое решение – плоское.

Таким образом, коэффициенты a'' и b'' равны нулю. Чтобы найти $\zeta^{(1)}$ и $\eta^{(1)}$ нужно определить постоянные a, b, a', b' из системы уравнений (4).

Элементарный анализ этих уравнений позволяет получить, что

$$a_1' = -\frac{a_{xy}}{\omega_1^2 + a_{yy}}, \quad b_1' = -\frac{2\omega}{\omega_1^2 + a_{yy}}$$

$$a_2' = -\frac{a_{xy}}{\omega_2^2 + a_{xx}}, \quad b_2' = -\frac{2\omega}{\omega_2^2 + a_{xx}} \quad (12)$$

Первые два периодических решения системы определяются формулами

$$\begin{cases} \xi_1 = \cos \tau + c^2 \xi_1^{(2)} + c^3 \xi_1^{(3)} + \dots \\ \eta_1 = c(a_1' \cos \tau + b_1' \sin \tau) + c^2 \eta_1^{(2)} + c^3 \eta_1^{(3)} + \dots \\ \zeta_1 = 0. \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} \xi_2 = c(a_2 \cos \tau + b_2 \sin \tau) + c^2 \xi_2^{(2)} + c^3 \xi_2^{(3)} + \dots \\ \eta_2 = c \cos \tau + c^2 \eta_2^{(2)} + c^3 \eta_2^{(3)} + \dots \\ \zeta_2 = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Ограничиваясь только членами первого порядка относительно c в уравнениях (13) и (14), получим

$$\cos \tau = \frac{\xi_1}{c}, \quad \cos \tau = \frac{\eta_2}{c},$$

$$\sin \tau = \frac{\eta_1 - a_1' \xi_1}{cb_1'}, \quad \sin \tau = \frac{\xi_2 - a_2' \eta_2}{cb_2'},$$

где

$$a_2 = -a_{xy} / (\omega_2^2 + a_{xx}), \quad b_2 = 2\omega_2 (\omega_2^2 + a_{xx}),$$

$$a_1' = -a_{xy} (\omega_1^2 + a_{yy}), \quad a_1' = -2\omega_1 (\omega_1^2 + a_{yy}).$$

a – произвольный параметр, в качестве которого может быть принято начальное отклонение, например, величины ξ .

Уравнения орбит, соответствующих каждому из решений (10) и (11), приближенно могут быть записаны в виде

$$\left(\frac{\xi_1}{c}\right)^2 + \left(\frac{a_1' \xi_1 - \eta_1}{cb_2'}\right)^2 = 1,$$

$$\left(\frac{\xi_2 - a_2' \eta_2}{cb_2'}\right)^2 + \left(\frac{\eta_2}{c}\right)^2 = 1 \quad (15)$$

Как видим, каждое из уравнений (15) представляет уравнение эллипса с центром, расположенным в области семейства устойчивых треугольных точек либрации. Следовательно, найденным периодическим решениям соответствует трехпараметрическое семейство замкнутых эллиптических орбит, окружающих треугольные точки и расположенные в плоскости орбитального движения, которые сохраняют свои формы во вращающейся вместе с основными телами системе координат, а их размеры зависят от интенсивности излучения основных тел и парусности частицы. Функции $\xi_1, \eta_1, \xi_2, \eta_2$ будут периодическими функциями времени с периодами

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} [1 + h_1^{(1)} c^2 + \dots],$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} [1 + h_2^{(2)} c^2 + \dots],$$

Рассматриваемая задача является наиболее важной с точки зрения приложений в звездной динамике: на её основе можно эффективно строить промежуточные орбиты космических газопылевых облаков в поле двойных звездных систем. Результаты исследования также могут быть использованы и при изучении движения космических аппаратов в системе «Солнце-Планета».

Список литературы

1. Дубошин Г.Н. Небесная механика // Аналитические и качественные методы. – М.: Наука, 1964. – С. 560
2. Маркеев А.П. Точки либрации в небесной механике и космодинамике. – М.: Наука, 1978. – С. 312
3. Куницын А.Л., Турешбаев А.Т. О коллинеарных точках либрации. ФЗТТ // Письма в астрономический журнал. – 1983. – Т.9, №7. – С. 432-435.
4. Kunitsyn A.L., Tureshbaev A.T. On the libration points in the photo-gravitational three-body problem // Celest. Mesh. – 1985. – V.35. – P.105-112.
5. Тхай В.Н. Неподвижные множества и симметричные периодические движения обратных механических систем // ПММ. – 1996. – Т.60. – Вып.6. – С.979-991.
6. Тхай В.Н. Ляпуновские семейства периодических движений в обратимой системе // ПММ. – 2000. – Т.64, №1. – С.46-58.
7. Ефимов И.Л., Тхай В.Н. Устойчивость периодических орбит в задаче Хилла. Задачи исследования устойчивости и стабилизации движения. – М.: ВЦ РАН, 1999. – С.45-60.
8. Куницын А.Л., Турешбаев А.Т. Устойчивость треугольных точек либрации. ФЗТТ // Письма в Астрономический журнал. – 1985. – Т. 2, № 2. – С.145-148.

**Материалы конференции
«Новые технологии, инновации, изобретения»,
Мальдивские острова, 17-25 марта, 2014**

Технические науки

**ЛОКАЛЬНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
СТЕНОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

¹Ильина И.А., ¹Минько Н.И., ¹Борисов И.Н.,
¹Бондаренко Д.О., ²Скрипченко П.В.

¹Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, Белгород

²Белгородский университет кооперации, экономики
и права, Белгород, e-mail: irishka_9_9@mail.ru

В связи с вступлением России в ВТО возникла острая необходимость в создании эффективных энергосберегающих технологий, позволяющих получать конкурентоспособную продукцию.

Локальная термическая обработка лицевой поверхности стеновых строительных материалов, в частности факелом низкотемпературной плазмы, позволяет получить защитно-декоративные покрытия с высокими эксплуатационными и эстетическими показателями [1, 2].

Высокие температуры плазмы, порядка 7000 – 9000 К, позволяют при оплавлении лицевой поверхности стеновых строительных материалов автоклавного твердения получить глазурный слой [2, 3]. Данный глазурный слой обладает относительно низкими эксплуатационными показателями, а также невысокой надёжностью и долговечностью.

Целью исследования явилось установление причин, снижающих эксплуатационные характеристики глазурованных стеновых материалов автоклавного твердения, и разработка оптимальных составов покрытий, устраняющих последствия термического удара при высокотемпературном плазменном оплавлении лицевой поверхности.

Исследование косых аншлифов глазурованных стеновых строительных материалов автоклавного твердения, к которым относится силикатный кирпич, позволили выявить четыре ярко выраженные зоны.

Первая, поверхностная зона, как показал рентгенофлюоресцентный анализ, представлена в основном стеклофазой с отдельными включениями газовых включений диаметром 60 – 120 мкм. Вторая зона включает стеклофазу с нерастворимыми зёрнами кварца и воластонита. В связи с высокими скоростями плазменной обра-

ботки, порядка 10 – 20 мм/с, полиморфизм кварца не наблюдается. Третья зона представлена конгломератами различных кристаллических фаз кальций-силикатного состава с незначительным количеством стеклофазы на границах раздела кристаллов с газовыми включениями. Четвертая зона, как показал дифференциально-термический анализ, представлена в основном продуктами дегидратации. Именно эта зона в значительной степени отвечает за низкую прочность сцепления покрытия с основой и морозостойкость.

Нами, с целью минимизации процессов дегидратации поверхностного слоя силикатного кирпича, разработаны специальные составы, включающие водные растворы жидкого натриевого стекла, а также покрытия, полученные по золь-гель технологии. Растворы наносили на лицевую поверхность силикатного кирпича методом распыления. Толщина покрытия после сушки составляла несколько десятков микрон. Плазменное оплавление производили широкофакельной горелкой ГН-5р электродугового плазмотрона УПУ-8М. После оплавления с использованием стандартных методик определяли основные эксплуатационные показатели. Как показали исследования, защитно-декоративные покрытия обладали повышенной прочностью сцепления, морозостойкостью, микротвёрдостью, водостойкостью, кислотостойкостью, щелочестойкостью и коэффициентом диффузионного отражения.

Список литературы

1. Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Ильина И.А., Гащенко Э.О. Глазурование изделий из бетона с использованием факела низкотемпературной плазмы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – №4. – С. 140 – 141.
2. Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Стадничук В.И., Вдовина С.Ю. Получение защитно-декоративных покрытий на изделиях из бетона методом плазменного напыления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. №2. – С. 121 – 123.
3. Бессмертный В.С., Ильина И.А., Бондаренко Н.И., Антропова И.А., Клименко В.Г. Глазурование стеновых строительных материалов автоклавного твердения методом плазменной обработки // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №2. – С. 109.
4. Бессмертный В.С., Ильина И.А., Бондаренко Н.И. Плазменное глазурование стеновых строительных материалов автоклавного твердения // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – №5. – С. 110.

**Материалы конференции
«Инновационные медицинские технологии»,
Франция (Париж), 14-21 марта, 2014**

Медицинские науки

**К ПРОБЛЕМЕ О МЕХАНИЗМЕ
ПРОРЕЗЫВАНИЯ ЗУБОВ У ЧЕЛОВЕКА**

Постолаки А.И.

*Государственный медицинский университет
«Н. Тестемицану», Кишинев,
e-mail: dentalife@list.ru*

Ни одна из предложенных к настоящему времени теорий закладки зубных зачатков в эмбриогенезе и прорезывания зубов (ПрЗ) у человека не раскрывают полностью данного механизма с точки зрения законов Природы. Основным положением в отношении ПрЗ принято считать, что этот процесс, также как и общий рост и развитие организма, находится под регулирующим воздействием нервной и эндокринной систем, обмена веществ и др. [1, с. 24]. Известные теории ПрЗ разделяют на 2 группы: 1) ПрЗ происходит за счет самого зуба, например, роста своего корня или вследствие повышения внутризубного давления в результате усиленного роста и дифференцирования пульпы; 2) ПрЗ происходит за счет формирования дна альвеолы и периодонта. Характерной особенностью строения зубных пластинок (ЗП) челюстей является разрастание с 6-7 по 10 нед. на их вестибулярной поверхности 10 зачатков молочных зубов (МоЗ), которые к концу 3-го мес. обособляются и соединяются с

ЗП лишь эпителиальной шейкой эмалевого органа. Начиная с 5-го мес., на язычной стороне ЗП, позади каждого зачатка молочного зуба, образуются эмалевые органы 10 постоянных зубов (ПоЗ). Одновременно с этим ЗП продолжает расти кзади. Закладка остальных зубов относится уже к раннему детскому возрасту, вплоть до 4-5 лет жизни [2]. В природе известно 3 основных способа размещения боковых фитомеров: мутовчатое, супротивное и спиральное. Расположение зачатков зубов соответствует спиральному типу [3]. Закладка зачатков и ПрЗ может быть объяснено в целом с позиции «теории филлотаксиса», в которой важная роль отводится влиянию генетических спиралей роста, вероятно, восходящей – при развитии ЗП и МоЗ и нисходящей – при развитии ЗП и ПоЗ. Это подтверждает факт, что ПоЗ располагаясь орально, затем перемещаются под корни МоЗ и прорезываются в полость рта [4, с. 198].

Список литературы

1. Шарова Т.В., Рогожников Г.И. Ортопедическая стоматология детского возраста. – М.: «Медицина», 1991. – 288 с.
2. Гемонов В.В., Лаврова Э.Н., Фалин Л.И. Развитие и строение органов ротовой полости и зубов: учеб. пособие для стомат. вузов. – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2002. – 256 с.
3. Заренков Н.А. Биосимметрия. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 309 с.
4. Кудрин И.С. Анатомия органов полости рта. – М.: «Медицина», 1968. – 212 с.

Педагогические науки

**ИНДЕКС ХИРША (H-ИНДЕКС)
КАК ОБЪЕКТ ЦИТИРОВАНИЯ
В НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ**

Баранова И.А., Задувалова Е.В., Калугина А.Е.,
Киселева А.А., Рыжова Ж.С.

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный
технический университет радиотехники,
электроники и автоматики», филиал МГТУ МИРЭА,
Дубна, e-mail: mirea.dubna@mail.ru*

Современное представление о научном дискурсе предполагает использование квалиметрических оценок [26], являющихся наукометрическими показателями [13] активности ученого [14], организации [7] или отрасли науки [6]. К таким показателям [9] в первую очередь относятся количество публикаций, количество цитирований и так называемый индекс Хирша [10] (h-индекс), вычисляемый как средневзвешенный показатель на основании двух предыдущих. Величина этого индекса учитывается при проведении мониторингов [5] и оценке эффективности [1], выделении отдельных исследователей [11] или совокупности публикаций [8], построении моделей учреждений [19] и из подразделений [27], проведении процедур повышения квалификации [4]; индекс Хирша может находить применение при проведении конкурсов на замещение должностей [20], кадровом аудите [23] в сфере образования [2], улучшении качества трудовой жизни [12] и развитии персонала [22], управлении организационной культурой предприятия [25] или отрасли [15]. Повышение активности использования h-индекса неразрывно связано с процессами европейской интеграции [17], развитием социокультурного пространства [18], регионализацией [16] и инклюзивностью [24] в системе образования, повышению мотивации [28] в рамках социального партнерства на территориальном уровне [21] и в рамках трудовых отношений [3].

Отдельный интерес представляет вопрос об использовании публикаций, посвященных индексу Хирша, в качестве объекта цитирования. Научная электронная библиотека (РИНЦ) предоставляет такую возможность на сайте eLibrary в рамках раздела «Тематический запрос». Запрос «индекс Хирша» по полям «в названии публикации», «в аннотации», «в ключевых словах», «в полном тексте публикации» по всем видам публикаций дает в результате 237 работ (при общем количестве работ в РИНЦ более 18 миллионов), ограничение полем «в названии» дает 22 работы (в том числе за 2013 год – 14 работ, за 2012 год работ нет, за 2011 – 2 работы, за 2010 – 1 работа), из которых 14 имеют ненулевое цитирование, а общее цитирование этих работ равно 59. Запрос «индекс Хирша» по единственному полю «в списках цитируемой литературы» дает 36 публикаций, причем в 2013 году 26 разных публикаций имели в своих списках литературы работы, содержащие в названии тер-

мин «индекс Хирша», в 2012 – 4, в 2011 – 5, что наукометрически показывает возрастание интереса к исследованиям, посвященным индексу Хирша.

Список литературы

1. Абакумова Н.В., Бобров В.Н., Иткис М.Г., Назаренко М.А., Усов А.А. Эффективность филиальной сети технического университета // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11 (часть 1). – С. 203–204.
2. Дзюба С.Ф., Назаренко М.А. Применение учебных планов филиала МГТУ МИРЭА в г. Дубне в системе дополнительного образования // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 242.
3. Духнина Л.С., Лысенко Е.И., Назаренко М.А. Основные принципы социального партнерства в сфере труда и доверие к ним со стороны работающей молодежи // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 4. – С. 174–175.
4. Иткис М.Г., Назаренко М.А. Повышение квалификации инженерных кадров ОИЯИ на базе филиала МГТУ МИРЭА в г. Дубне // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 254.
5. Иткис М.Г., Назаренко М.А. Результаты мониторинга деятельности вузов и эффективности базовых филиалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 1. – С. 146–147.
6. Назаренко М.А. H-индекс (индекс Хирша) и G-индекс в современных научных исследованиях // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 7. – С. 186–187.
7. Назаренко М.А. H-индекс (индекс Хирша) и I-индекс российских вузов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10 (часть 3). – С. 511–512.
8. Назаренко М.А. H-индекс (индекс Хирша) совокупности публикаций, посвященных индексу Хирша // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10 (часть 3). – С. 510–511.
9. Назаренко М.А. Индекс Хирша и другие наукометрические показатели в процессе регионализации высшего образования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 11 (часть 2). – С. 160–161.
10. Назаренко М.А. Индекс Хирша как ключевое слово в современных научных исследованиях // Современные научные технологии. – 2013. – № 4. – С. 116.
11. Назаренко М.А. Индекс Хирша лидеров Российского индекса научного цитирования по числу публикаций // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 6. – С. 149.
12. Назаренко М.А. Качество трудовой жизни преподавателей вузов в современных условиях // Интеграл. – 2012. – № 5. – С. 122–123.
13. Назаренко М.А. Наукометрические показатели рейтинга Российского индекса научного цитирования // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 7. – С. 178. – С. 178.
14. Назаренко М.А. Наукометрия H-индекса (индекса Хирша) и G-индекса современного ученого // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 7. – С. 185.
15. Назаренко М.А. Организационная культура Российского индекса научного цитирования и G-индекс // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 7. – С. 186–187.
16. Назаренко М.А. Основные направления процесса регионализации системы высшего образования как составной части социального партнерства в обществе // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 88–93.
17. Назаренко М.А. Особенности европейской интеграции вуза в сфере профессионального образования // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 5 (42). – С. 50–53.
18. Назаренко М.А. Особенности интеграции вуза в социокультурное пространство малого города (на примере г. Дубна Московской области) // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 5 (42). – С. 45–47.
19. Назаренко М.А. Применение индекса Хирша как наукометрического показателя при построении модели образовательного учреждения в процессе регионализации // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11 (часть 1). – С. 133–134.
20. Назаренко М.А. Применение индекса Хирша при проведении конкурса на замещение должностей профессорско-преподавательского состава в вузах // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 8. – С. 186–189.
21. Назаренко М.А. Социальное партнерство – неотъемлемое условие эффективной управленческой деятельности вуза в малом городе (на примере г. Дубна Московской обла-

сти) // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 5 (42). – С. 55–58.

22. Назаренко М.А. Технологии управления развитием персонала в диссертационных исследованиях // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 6. – С. 160.

23. Назаренко М.А., Алябьева Т.А., Напеденина А.Ю., Николаева Л.А., Петров В.А. Использование кадрового аудита для развития компании в современных условиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 6. – С. 151.

24. Назаренко М.А., Дзюба С.Ф., Духнина Л.С., Никонов Э.Г. Инклюзивное образование и организация учебного процесса в вузах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 7. – С. 184–186.

25. Назаренко М.А., Дзюба С.Ф., Котенцов А.Ю., Духнина Л.С., Лебедин А.А. Организационная культура в системе управления персоналом // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 7. – С. 191–192.

26. Назаренко М.А., Топилин Д.Н., Калугина А.Е. Квалиметрические методы оценки качества объектов в современных научных исследованиях // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 7. – С. 175.

27. Никонов Э.Г., Назаренко М.А. Модель кафедры в системе менеджмента качества // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 1. – С. 146.

28. Охорзин И.В., Акимова Т.И., Назаренко М.А. Применение принципов менеджмента качества для обеспечения социальной мотивации и улучшения качества трудовой жизни // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 4. – С. 176.

ФИЛОСОФИЯ В ФЕДЕРАЛЬНЫХ УНИВЕРСИТЕТАХ: ВЗГЛЯД НА ИНДЕКС ХИРША

Назаренко М.А.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный
технический университет радиотехники,
электроники и автоматики», филиал МГТУ МИРЭА,
Дубна, e-mail: nazarenko@mirea.ru

Высшие учебные заведения России могут быть классифицированы по разным признакам, небольшую группу образуют 9 вузов, которые имеют статус «Федеральный университет», деятельность и результаты которых активно изучается и служит ориентиром при проведении мониторинга [2], моделирования развития подразделений [22] и результатов их деятельности [7], развитии социального партнерства [17] и интеграции вузов [11] в социокультурное пространство [12] в регионах [10].

При проведении мероприятий кадрового аудита [19] профессорско-преподавательского состава в современных условиях перехода на Федеральные стандарты [18] и внедрении [16] региональных программ развития [15] отдельный интерес представляют наукометрические показатели [8] по разным научным направлениям, объединенным в рубрики Российского индекса научного цитирования.

Настоящее исследование посвящено рубрике «Философия» и развитию соответствующих научных направлений в Федеральных университетах России, одним из основных инструментов будет служить индекс Хирша [5], который позволяет, обеспечивая соответствующую инклюзивность [20], сравнивать между собой отдельных ученых [9], выделенные группы лиц [6] или организаций [3]. Использование этого индекса обусловлено возможностями его широкого применения [13] для оценки деятельности соответствующих кафедр [14]. Отметим, что по рубрике

«Философия» в РИНЦ зарегистрировано более 204 тысяч статей, индекс Хирша этой совокупности [4] равен 59; в том числе в 2013 году опубликовано всего 16 401 работа, индекс Хирша по 2013 году равен 7.

Общее количество учтенных РИНЦ публикаций от всех Федеральных университетов составляет более 122 тысяч, в том числе по рубрике «Философия» – 1 547; количество публикаций в этой рубрике изменяется от 45 (Северо-Восточный) до 315 (Уральский), а процентное соотношение – от 0,63 % (Дальневосточный) до 3,37 % (Балтийский). Индекс Хирша по рубрике «Философия» изменяется от 1 (Дальневосточный) до 6 (Сибирский), среднее значение – около 3,22, при этом ни одна работа, выполненная в Федеральных университетах, не входит в состав работ российских ученых, порождающих индекс Хирша по рубрике «Философия».

В 2013 году от всех Федеральных университетов по рубрике «Философия» опубликовано и учтено в РИНЦ 321 работа, количество публикаций по университетам изменяется от 6 (Северо-Восточный) до 76 (Уральский) в среднем – около 35,67; индекс Хирша изменяется от 0 (Северо-Восточный и Северо-Кавказский) до 2 (Сибирский), в среднем – около 0,89.

Результат проведенного исследования показывает, что научная активность Федеральных университетов по рубрике «Философия», качественно [21] представленная в наукометрических показателях, является невысокой, что может дополнительно характеризовать [1] уровень научной активности профессорско-преподавательского состава соответствующих кафедр.

Список литературы

1. Акимова Т.И., Мельников Д.Г., Назаренко М.А. Применение принципа постоянного улучшения систем менеджмента качества в учебном процессе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 3 (часть 1).
2. Иткис М.Г., Назаренко М.А. Результаты мониторинга деятельности вузов и эффективность базовых филиалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 1. – С. 146–147.
3. Назаренко М.А. Н-индекс (индекс Хирша) и I-индекс российских вузов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10 (часть 3). – С. 511–512.
4. Назаренко М.А. Н-индекс (индекс Хирша) совокупности публикаций, посвященных индексу Хирша // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10 (часть 3). – С. 510–511.
5. Назаренко М.А. Индекс Хирша как ключевое слово в современных научных исследованиях // Современные научные технологии. – 2013. – № 4. – С. 116.
6. Назаренко М.А. Индекс Хирша лидеров Российского индекса научного цитирования по числу публикаций // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 6. – С. 149.
7. Назаренко М.А. Качество трудовой жизни преподавателей вузов в современных условиях // Интеграл. – 2012. – № 5. – С. 122–123.
8. Назаренко М.А. Наукометрические показатели рейтинга Российского индекса научного цитирования // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 7. – С. 178.
9. Назаренко М.А. Наукометрия Н-индекса (индекса Хирша) и G-индекса современного ученого // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 7. – С. 185.
10. Назаренко М.А. Основные направления процесса регионализации системы высшего образования как составляющей части социального партнерства в обществе // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 88–93.
11. Назаренко М.А. Особенности европейской интеграции вуза в сфере профессионального образования // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 5 (42). – С. 50–53.

12. Назаренко М.А. Особенности интеграции вуза в социокультурное пространство малого города (на примере г. Дубна Московской области) // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 5 (42). – С. 45–47.

13. Назаренко М.А. Применение индекса Хирша как наукометрического показателя при построении модели образовательного учреждения в процессе регионализации // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11 (часть 1). – С. 133–134.

14. Назаренко М.А. Применение индекса Хирша при проведении конкурса на замещение должностей профессорско-преподавательского состава в вузах // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 8. – С. 186–189.

15. Назаренко М.А. Программа развития образования в Московской области и особенности вступившего в действие законодательства // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.

16. Назаренко М.А. Результатно-ориентированная система образования и развитие образования в Московской области. – М.: ВНИИГеоисем, 2013.

17. Назаренко М.А. Социальное партнерство – неотъемлемое условие эффективной управленческой деятельности вуза в малом городе (на примере г. Дубна Московской обла-

сти) // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 5 (42). – С. 55–58.

18. Назаренко М.А., Алябьева Т.А., Дзюба С.Ф., Корешкова А.Б. Изменение организационной культуры вузов при переходе на ФГОС ВПО // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 7. – С. 187–189.

19. Назаренко М.А., Алябьева Т.А., Напеденина А.Ю., Николаева Л.А., Петров В.А. Использование кадрового аудита для развития компании в современных условиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 6. – С. 151.

20. Назаренко М.А., Дзюба С.Ф., Духнина Л.С., Никонов Э.Г. Инклюзивное образование и организация учебного процесса в вузах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 7. – С. 184–186.

21. Назаренко М.А., Топилин Д.Н., Калугина А.Е. Квадратичные методы оценки качества объектов в современных научных исследованиях // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 7. – С. 175.

22. Никонов Э.Г., Назаренко М.А. Модель кафедры в системе менеджмента качества // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 1. – С. 146.

Технические науки

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПРОВОДНОГО ИНТЕРНЕТА LI-FI

Вакарев М., Безнос О.С.

*Кубанский государственный
технологический университет, Краснодар,
e-mail: ganger-ganger@mail.ru*

У существующей беспроводной интернет-сети есть проблема: чем доступнее она становится, тем медленнее работает. Импульсом к развитию технологии Li-Fi был тот факт, что использующийся на данный момент беспроводной интерфейс Wi-Fi все чаще сталкивается с проблемой конфликта и взаимной блокировки пропускной способности одним подключенным устройством другого, а также, истощаемость самого радиодиапазона.

Исследователи из университета Фудань в Шанхае продемонстрировали технологию, которая передает данные радиоволн в виде света, который может быть в 10 раз быстрее, чем традиционные Wi-Fi-передатчики. Свет, как и радио, представляет собой электромагнитную волну, но она имеет примерно в 100 000 раз большую частоту, чем Wi-Fi сигнал, на лампочку не нужна лицензия. Необходимо, чтобы она очень быстро и точно мерцала для передачи сигнала. Конечно, никому не понравится идея сидеть под мерцающей лампой. Но Li-Fi стандарт, предложенный всего два года назад, стремительно преобразился с технологической точки зрения. Данные передаются на светодиодные лампочки – это может быть та лампа, которая освещает помещение. Она очень быстро мигает со скоростью до миллиардов раз в секунду. Это мерцание настолько быстро, что человеческий глаз не может его воспринять. Приемник на компьютере или мобильном устройстве, на который попадает видимый свет, декодирует это мерцание в данные. Светодиодные лампы быстро передают сигналы. Они делают это в 10 раз быстрее, чем самая высокоскоростная Wi-Fi сеть.

Но Li-Fi имеет один большой недостаток: устройство должно быть в пределах видимости

лампочки. Но при этом нет потребности в специальных лампах. Из-за своих ограничений Li-Fi не заменит все другие беспроводные сети. Но эта технология может дополнить их в густонаселенных районах и заменить в тех местах, где радиосигналы должны быть сведены к минимуму. Подведем итог: Датчики и излучатели Li-Fi можно установить практически везде. Более того, вполне возможна замена традиционнойотовой связи на гибридную, с использованием Li-Fi в городских условиях и радиоволны вне зоны доступа Li-Fi. Это, потребует больших инвестиций, но, окупится в десятки раз.

Список литературы

1. Безнос О.С. Системный анализ и синтез информационной модели организации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2007. – №51. – С.140-144.

ТЕХНОЛОГИЯ NEAR FIELD COMMUNICATION (NFC).

Карнаухов В., Безнос О.С.

*Кубанский государственный
технологический университет, Краснодар,
e-mail: valentincult@gmail.com*

NFC (Near Field Communication) – это технология беспроводной высокочастотной связи малого радиуса действия (до 3-5 см), позволяющая осуществлять бесконтактный обмен данными между мобильными телефонами, смарт-картами, платёжными терминалами, системами контроля доступа и прочими устройствами.

По принципу действия NFC походит на технологии Bluetooth и RFID, однако в сравнении с ними обладает целым рядом важных преимуществ: более высокой скоростью и большей безопасностью, чем Bluetooth, и более широкими функциональными возможностями, чем RFID.

Сферы применения

Представьте себе, что вы можете использовать ваш смартфон как универсальную бесконтактную карту, оплачивая покупки, услуги или проезд в общественном транспорте, в качестве билета на массовое мероприятие и даже как

электронный ключ от машины или помещения. Вы можете обмениваться визитками или считывать информацию с досок объявлений, электронных табло или других телефонов просто поднеся их друг к другу, а при посещении фаст-фуда или кинотеатра вы можете открыть меню заведения прямо на своем смартфоне и с него же сделать и оплатить заказ. Все эти, а также многие другие возможности доступны пользователям уже сегодня благодаря технологии NFC.

Плюсы: Мобильные кошельки сейчас находятся в центре внимания, и основная борьба развернется среди поставщиков оборудования, необходимого для реализации NFC. Например, ожидается появление оборудования, позволяющего заменить только SIM-карту для использования NFC, вместо модернизации всего мобильного телефона. Вначале NFC-кампании будут проводиться с использованием QR-кодов.

Минусы: Общее проникновение NFC будет оставаться ниже нормы. Также ожидается рост плохо продуманных маркетинговых компаний. В качестве заключения можно отметить, что технология NFC не возникла на пустом месте. Она органично использует принципы RFID и коммуникационных технологий, максимально увеличивая положительный эффект от их использования.

Список литературы

1. Безнос О.С. Системный анализ и синтез информационной модели организации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2007. – №51. – С.140-144.

О МОНОГРАФИИ ЧУРУНОВА В.Н. «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЧНОГО ЗАКИДНОГО НЕВОДНОГО ЛОВА РЫБ»

Бухарицин П.И.

*Государственный технический университет,
ИВП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Чурунов Владимир Николаевич родился в 1941 г. в городе Волгограде. В 1963 г. закончил АстрРыБВтуз, в 1969 г. аспирантуру ГосНИОРХа, в 1986 г. - факультет новых методов и средств обучения при НИИ проблем высшей школы (г. Москва). Работал в СиБРыБНИИПроекте, КАСПНИРХе, АГТУ, ЦНИОРХе, 000 ТП «ЭЛ-ЛИНГ». Кандидат технических наук, член-корреспондент МАНЭБ. В соавторстве с проф. Е.Л. Вереинным в 1999 г. опубликовал книгу «Речной закидной неводный лов в дельте р. Волги». Опубликовано более 90 научных статей, получено 15 авторских свидетельств и патентов. Награжден медалями: «Ветеран труда», «300 лет Российскому флоту», «ВДНХ СССР», «Почетный работник рыбного хозяйства». В 2012 г. в издательстве Астраханского ГУ вышла монография Чурунова В.Н. «Комплексный анализ и совершенствование речного закидного неводного лова рыб». В этой книге автор изложил биологические особенности поведения рыб при нерестовой и покатной миграциях. На этой основе им предложено направление и развитие теории

речного неводного лова рыб, проанализированы существующие и предложены новые модели неводного лова. Дается комплексный анализ способов неводного лова, его механизации, селективности, оптимизации его параметров в разных условиях лова. На современной научной основе рассмотрены вопросы управления объектами лова и самим ловом. Предложены и частично внедрены новые промысловые механизмы способы лова и суда. Среди существующих способов рыболовства лов закидными неводами (включая кошельковые) занимает второе место в мире после тралового (Трещев, 1980; Мельников, 1991; Мазлов, 1997; Асланов, 1996). Их доля во внутреннем рыболовстве составляет около 30%. В речном рыболовстве закидные невода являются самыми мощными и активными орудиями лова. В некоторых районах это основной способ лова рыбы, например в р. Урал. Велико его значение в российских реках: Обь, Иртыш, Лена, Енисей, Амур, Дон, Кубань, Ока, Кама, Печора, Нева и за рубежом: Днепр, Дунай и др. Наибольшего размаха речной неводной лов достиг на Нижней Волге к началу XX в., где было задействовано до 1190 неводных участков (Бэр, 1861; Яковлев, 1872; Кевдин, 1915; Струбалина, 1989), на которых добывали до 300 тыс. т. рыбы. В семидесятые годы 20-го столетия количество тоней резко сократилось: до 58-85 стационарных и до 150 обтяжных тоневых участков (Иванов, Мажник, 1997). В последние годы неводной речной лов ведется на 29-30 стационарных тонях и по экспертным оценкам составляет от 10 до 20% общего улова рыб в дельте Волги (Иванов, Мажник, 1997; Чурунов, Решетняк, 1997), а вместе с обтяжными неводами на временных тонях более 60% (Кушнаренко, Ткач, 2004). Объектами речного неводного лова на Волге являются многие виды рыб, но такие виды как осетр, севрюга, белуга, сельдь каспийская проходная добываются только этими орудиями лова, причем осетровых ловят только для рыбоводства. С их помощью осваивается значительная часть квоты воблы, леща, судака, сазана, карася, сома, толстолобика и др. рыб. В последние годы уловы рыб в реке возрастают, что говорит о возможности рентабельного неводного лова в перспективе. Так, например, в 1985 г. осетровых было поймано 14,8 тыс. т, сельди 2,1 тыс. т, судака - 0,7 тыс. т, воблы - 7,3 тыс. т, леща - 7,2 тыс. т (Иванов, Мажник, 1997). По данным КАСПНИРХа, в последние годы динамика промысловых усилий на тонях дельты Волги изменялась незначительно (20,2-26,4 км³), а распределение промысловых усилий по зонам дельты Волги (восточная, западная, верхняя) было очень неравномерным и не динамичным. Так, например, в 1995 г. интенсивность промысла в западной части дельты Волги была в первом полугодии в 8 раз больше, чем в восточной, а во втором полугодии - в 21 раз. Особенность многовидового неводного лова в реке состоит в том, что вылавливая большое количество основных объектов лова, нужно не переловить квоту малочислен-

ных видов рыб, которые часто являются особо ценными, а также не превышать в уловах допустимый процент рыб, не достигших промысловой меры (молоди). Ввиду малой квоты на вылов ценных (обычно малочисленных) видов рыб, в некоторые годы, после вылова разрешенной квоты, речной неводной лов прекращали досрочно, что приводило к недолову других объектов лова и большим финансовым убыткам промысловиков. С целью регулирования промысла и охраны рыбных богатств на Волге ещё в 1865 г. был введен «Устав каспийских рыбных и тюленных промыслов», а с 1903 г. - «Правила о Каспийско-Волжских рыбных и тюленных промыслах». Последние «Правила рыболовства» (2009) устанавливают довольно жесткие рамки для сроков лова рыб закидным неводом, размеров ячеи и соотношения его отдельных частей (крылья, приводы, мотня). Эти и другие факторы не дают возможности оперативно управлять ловом при изменяющихся параметрах окружающей среды, интенсивности хода косяков, объемах попусков воды через плотину Волгоградской ГЭС и вододелитель и т.п. Как известно, размерный состав и соотношение видов и полов рыб, идущих на нерест в Волгу и обитающих в ней, часто меняется из-за изменений численности нерестовых популяций и иных факторов. Ежегодно изменяется соотношение разновозрастных (имеющих разную длину) и разнополых рыб. Кроме того, размеры и упитанность рыб изменяется с изменением параметров окружающей среды и кормовой базы. Перечисленные факторы требуют оперативного изменения селективности неводного лова и самого невода. Экспериментальные работы, периодически проводимые на Волге с 1914 (Баранов, 1971) по 1983 гг. (Пальгуй, 1984), показали, что уловистость волжских речных закидных неводов находится на низком уровне. Отсюда вытекает необходимость тщательного анализа теории и практики неводного лова, моделей неводного лова, систем управления объектом лова, неводом и всем неводным комплексом. Неводной лов недостаточно механизирован. Максимум 50% его операций бывает механизировано (Торбан, 1954; Чурунов, 1989) и поэтому назрела необходимость анализа и разработки методики выбора промысловых механизмов для каждого конкретного комплекса, с целью увеличения его производительности, облегчения труда рыбаков, сокращения их численности в звене, снижения себестоимости улова. Несмотря на большие усилия многих инженеров, исследователей и практиков, многие проблемы речного закидного неводного лова (РЗНЛ) остаются не разрешенными, т.к. управление рыбами относится к сложным кибернетическим системам (Лукашев, 1971; Мельников, 1973, 1976). Одним из важнейших резервов повышения экономической эффективности речного неводного лова является увеличение уловистости закидных неводов путем внедрения в практику рыбопоисковых приборов, оперативной связи, измерителей ско-

рости течения, уровня и ширины реки, обоснование оптимальных размеров ячеи невода и его частей, а также режимов его эксплуатации. Не менее важно правильно спроектировать и считать не только невод, но и весь связанный с ним комплекс, включающий: неводовыборочную лебедку, неводонаборочную машину, катер-метчик, неводник, спускной трос, бесконечную канатную дорогу, пятной кол и т.п. В целом речной закидной неводной комплекс (РЗНК) ранее не подвергался комплексному (системному) анализу, поэтому в нем были слабоизученные звенья, и отсутствовала связь между ними, а также отсутствовали элементы управления. Не разработана теория группового неводного и перекидного лова рыбы, а это очень важно для дельты Волги. Из изложенного следует, что РЗНЛ и весь тоневоый неводной комплекс нуждаются в совершенствовании. Чтобы резко повысить уловистость и производительность РЗНЛ нужно разработать для него систему управления, оптимизировать параметры и оснастить его необходимыми приборами и оборудованием, что даст значительный экономический эффект.

Цель монографии - на основе комплексного анализа РЗНЛ развить его теоретические основы и дать практически е рекомендации по оптимизации параметров и совершенствованию невода, способов и механизации лова, управлению объектами лова, неводом, речным закидным неводным ловом, селективностью лова, неводным комплексом и групповым неводным ловом. Поставленные цель и задачи решались автором теоретическими и экспериментальными методами с учетом достижений современной рыбохозяйственной науки. В работе применялись следующие методы исследований: планирование экспериментов, метод механической имитации, методы технического, физического и математического моделирования, методы подобию, исследования операций, аналогий, обобщений, приближений, экспертных оценок, теории управления, вероятностей, надежности, теории игр и др. Экспериментальные исследования и научные наблюдения проводили в лабораториях АГТУ, СибрыбНИИпроекта и КаспНИРХа, а также на местах лова (тонях), на Астраханской сетевязальной фабрике. Кроме собственных экспериментальных данных частично использованы результаты, полученные другими исследователями (АГТУ, КаспНИРХа, СибрыбНИИпроекта, ГосНИОРХа, ВНИРО, ИБВВ РАН, ИМЭЖ РАН, АГУ и др.). Статистические материалы, полученные в результате экспериментов, использованы автором для установления эмпирических зависимостей, анализа и оптимизации показателей и процессов. Применялись как стандартные, так и авторские методики решения поставленных задач. Монография состоит из девяти глав: В первой главе показаны особенности поведения рыб в период весенней (нерестовой) и осенней (покатной) миграции и возможности управления ими с целью повышения эффективности лова; во второй главе дан анализ теории РЗНЛ и

его математических моделей, указаны пути их развития; третья глава посвящена анализу всех существующих способов РЗНЛ и предлагаются новые более совершенные; в четвертой главе показаны пути совершенствования управления речным неводом в процессе лова; в пятой главе автор обсуждает существующие и приводит новые методы оптимизации параметров неводного лова; шестая глава посвящена совершенствованию селективности РЗНЛ и невода; в седьмой главе автор анализирует промысловые механизмы и машины, предлагает новые; в восьмой главе рассмотрены вопросы совершенствования управления РЗНЛ; в девятой главе анализируются групповой и перекидной РЗНЛ и даются рекомендации по повышению их эффективности. В результате комплексного анализа автор приходит к выводу, что существующий речной закидной неводной лов недостаточно изучен, и имеет ряд существенных недостатков. Таким образом, современный системный подход к решению проблем неводного лова позволил автору на базе более глубокого понимания поведения рыб в период миграции усовершенствовать теорию, организацию, механизацию, селективность и оптимизацию лова, а так же управление объектами лова, неводом и всеми процессами лова. В процессе работы над монографией автором предложены новые математические модели неводного лова, новые способы лова и промысловые механизмы, новые схемы организации лова, изменения конструкции неводов и методы расчета параметров, в том числе при перекидном и групповом лове. Многие идеи, методы и разработки автора внедрены в производство, науку и образование и дали большой экономический эффект. Чурунов В.Н. совместно с профессором Войниканис-Мирским В.Н. (заведующий кафедрой промышленного рыболовства) в 1978 году получили авторское свидетельство на изобретение «Устройство для моделирования гидромеханических процессов работы орудий лова рыбы», по материалам которого была изготовлена лабораторная установка на кафедре ПР для оптимизации процессов речного закидного неводного лова. В 1999 году совместно с профессором Вереиным Е.Л. он же опубликовал в издательстве АГТУ учебное пособие «Речной закидной неводной лов в дельте Волги». Получен Акт внедрения, которым подтверждено, что на кафедре промышленного рыболовства ФГОУ ВПО «АГТУ» перечисленные работы до сих пор достаточно широко применяют в учебном процессе при выполнении лабораторных и практических работ по дисциплинам: «Технология постройки орудий рыболовства», «Устройство и эксплуатация орудий лова», «Промысловые схемы и механизмы», «Теория и проектирование орудий рыболовства». Кроме того, учебное пособие студенты используют при курсовом проектировании, по ним работают магистры и аспиранты кафедры. В монографии есть слабые места, так например автор использует устаревшие данные литературных источников (Иванов,

Мажник, 1997), в которых приводятся сведения за 1985г., что, однако, не снижает научной и практической значимости данного научного исследования. Материалы монографии целесообразно, на наш взгляд, использовать в рыбохозяйственной деятельности при проектировании речных закидных неводов, промысловых механизмов и процесса лова; непосредственно на промысле для повышения эффективности лова и уменьшения прилова молоди рыб, при изучении профилирующих дисциплин по промышленному рыболовству в вузах и колледжах.

ВРЕМЕННАЯ ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ПРОБОИНЫ В КОРПУСЕ СУДНА С ПОМОЩЬЮ ЛЕДЯНОЙ ПРОБКИ

Бухарин П.И., Беззубиков Л.Г.

*Государственный технический университет,
ИБП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Предлагаемое устройство представляет собой оригинальное инновационное усовершенствование устройства для заделки пробоины в корпусе в подводной части судна, содержащее прилегающий к корпусу пластырь, снабженный по краям постоянными магнитами, и систему подачи хладоносителя в район пробоины, отличающееся тем, что по краям пластыря, выполненного из гибкого водонепроницаемого материала, установлены электромагниты, плотно прижимающие края пластыря к внешней стороне корпуса судна в районе пробоины, верхняя часть пластыря выполнена сетчатой, коллектор с дроссельными соплами выполнен в виде дугообразной металлической трубки и закреплен в средней части пластыря, образуя полузамкнутый объем заборной воды в районе пробоины и герметичную ледяную пробку, которая и обеспечивает временную герметизацию пробоины. Используемый воздух уходит в атмосферу через сетку в верхней части пластыря. Изобретение относится к судостроению, в частности к устройствам для заделки пробоин в подводной части корпуса судна. Довольно часто суда получают пробоины в корпусе в труднодоступных и неудобных для ликвидации течи местах, в связи с чем, наиболее простыми и доступными средствами (пробками, пластырями и др.) такие повреждения не устранить. Известно устройство для заделки пробоины в корпусе судна (см. А.С. СССР, №12004479, 1986г.), содержащее пластырь из водонепроницаемого материала, снабженный по краям постоянными магнитами. Пластырь намотан на барабан, на оси которого установлены муфты для свободного разматывания пластыря при установке его в районе пробоины. Недостатком данного устройства является сложность конструкции устройства в целом и использование постоянных магнитов, в частности. Наиболее близким к заявленному является устройство для заделки пробоины в корпусе судна (см. А.С. СССР, №1188045, 1985г.), содержащее прилегающие к корпусу судна гибкие шланги уплотнения, соединенные с холодиль-

ным агрегатом, и дополнительные гибкие шланги, связанные между собой тросами и гидравлическими соединениями со шлангами уплотнения. Недостатком данного устройства является сложность установки его внутри корпуса судна, где при наличии конструктивного набора корпуса судна невозможно обеспечить прилегание гибких шлангов уплотнения к корпусу, а также наличие на судне холодильного агрегата со специальной системой подачи и возврата хладагента. Техническая задача – создание устройства, обеспечивающего герметизацию пробоины в корпусе судна на плаву. Технический результат заявленного устройства – повышение надежности в эксплуатации. Он достигается тем, что по краям пластыря, выполненного из гибкого водонепроницаемого материала, установлены электромагниты, обеспечивающие при их включении плотное прижатие краев пластыря с внешней стороны корпуса судна в районе пробоины, верхняя часть пластыря для обеспечения выхода использованного воздуха выполнена сетчатой, коллектор с дроссельными соплами выполнен в виде дугообразной металлической трубки и закреплен в средней части пластыря, что не дает пластырю полностью прижаться к пробоине, благодаря чему в районе пробоины образуется полужамкнувший объем заборной воды, а при выходе из коллектора через дроссельные сопла сжатого воздуха происходит ее охлаждение и замерзание, образуется ледяная пробка, которая и обеспечивает временную герметизацию пробоины. Устройство содержит пластырь из гибкого водонепроницаемого материала с электромагнитами и коллектором в виде дугообразной металлической трубки с дроссельными соплами, электрокабель, шланг подачи сжатого воздуха. Коллектор крепится к пластырю узлами, корпус судна, пробоина, ледяная пробка. Устройство работает следующим образом: Пластырь устанавливается с наружной стороны на корпусе судна так, чтобы дроссельные сопла располагались в средней части пробоины. Подается электропитание к электромагнитам, и они фиксируют пластырь на корпусе судна в районе пробоины. Затем по шлангу подается сжатый воздух в коллектор. Воздух под давлением 50-60 кг/см², проходя через дроссельные сопла, охлаждает заборную воду в районе пробоины, что приводит к образованию ледяной пробки между корпусом судна и пластырем, за счет чего и происходит временная герметизация пробоины. Использованный воздух при этом уходит в атмосферу через сетку в верхней части пластыря. Положительный эффект заключается в том, что для использования данного устройства не требуется специального холодильного оборудования, так как достаточно обычного воздушного компрессора, который имеется практически на любом судне, что позволяет оперативно и эффективно применять устройство на практике. Преимущества устройства - небольшой расход недорогих и недефицитных материалов и энергии, быстрота изготовления, невысокая се-

бестоимость по сравнению с существующими устройствами, простота в эксплуатации. Безопасность обеспечивается тем, что устройство управляется дистанционно, не требует присутствия человека в опасной зоне, в отличие от существующих. Высокая надежность и безотказность устройства достигается простотой его конструкции. При эксплуатации устройства вредного воздействия на окружающую среду не происходит. Применение данного устройства на морских судах будет способствовать снижению загрязнения и улучшению экологической обстановки на морских акваториях, затраты на изготовление устройства и его эксплуатацию минимальны, а его ресурсоёмкость небольшая. Данный проект может представлять значительный интерес для судоходных компаний морского и речного транспорта как в России, так и за рубежом в качестве штатного средства по БЖ на морских и речных судах. Авторами разработана концепция, получен патент на изобретение №2409498. Дата публикации 20.01.2011г., Бюл. №2. Ведутся переговоры с потенциальными изготовителями опытного образца.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙНОГО ВЫЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ПОВРЕЖДЁННОГО ТРУБОПРОВОДА

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.

*Государственный технический университет,
ИВП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Изобретение относится к области охраны окружающей среды от загрязнения, в частности к устройствам предотвращения аварийных разливов нефти и нефтепродуктов при повреждении трубопроводов. Известно устройство «Разливопредотвратитель нефтепродуктов» по заявке на изобретение 94009414/26, опубликованной 10.04.1996г. Сущность изобретения состоит в том, что разливопредотвратитель содержит корпус с встроенным в него устройством для хранения сжатого воздуха под давлением, и абсорбент, хранящийся в остальном объеме корпуса. При повороте поворотной штанги на 3-5° совмещают отверстия в нижней неподвижной и верхней подвижной крышках устройства для хранения сжатого воздуха, и воздух, выходящий под давлением 5-8 атмосфер из отверстий, увлекает частицы абсорбента, находящегося в части корпуса, выполненного в виде усеченного конуса, из выходного устройства, которым служит верхнее основание усеченного конуса, распыляют на поверхность нефтепродуктов, истекающих в окружающую среду при авариях, что позволяет значительно снизить риск попадания нефтепродуктов в почву и воду за счёт превращения нефтепродуктов в желеобразное состояние при попадании в них абсорбента и повысить вероятность извлечения нефтепродуктов при их утилизации. Недостатком известного устройства является сложность его конструкции, необходимость наличия, как сжатого воздуха, так и абсорбента, и оно не позволяет пре-

дотворить вылив нефти и нефтепродуктов из аварийного трубопровода.

Наиболее близким к заявленному по технической сущности и достигаемому результату является «Способ предотвращения аварийных разливов нефти и нефтепродуктов из грузового танка нефтеналивного судна» по заявке 4922243/11(025229) от 25.03.1991г. (признана изобретением решением патентной экспертизы 09.01.1992г.). В известном способе предотвращения разливов нефти и нефтепродуктов из грузового танка нефтеналивного судна при повреждении корпуса судна путём снижения их текучести достигается за счёт подачи в нефть и нефтепродукты связующего агента-сжатого воздуха, причём подачу сжатого воздуха осуществляют через дросселирующие сопла в район днищевой и бортовой обшивки судна.

Известно, что за счёт дросселирования воздуха под давлением 180-200 кг/см² на выходе из дроссельного сопла можно получить температуру до минус 90°С. Известно также, что основная масса сырых нефтей и нефтепродуктов (мазут, масло и т.д.), в зависимости от их вязкости, имеют температуру замерзания в пределах от минус 5° С до минус 15°С. Таким образом основная масса транспортируемых по трубопроводам нефти и нефтепродуктов теряют свою текучесть даже при небольших отрицательных температурах. Данный способ и устройство для его осуществления могут быть использованы на нефтеналивных судах в грузовых танках, но не может быть использован для предотвращения вылива нефти и нефтепродуктов из аварийных нефтепроводов.

Техническая задача заявленного изобретения – устройство для предотвращения вылива нефти и нефтепродуктов из аварийного трубопровода. Технический результат заявленного устройства для предотвращения вылива нефти и нефтепродуктов из аварийного трубопровода, содержащего трубопровод сжатого воздуха с дроссельным соплом, достигается тем, что трубопровод сжатого воздуха с дросселирующим соплом подведён к перфорированному кожуху, закреплённому на аварийном участке трубопровода, при этом сжатый воздух под давлением, в зависимости от исходной вязкости жидкости, чем больше вязкость, тем ниже давление сжатого воздуха.

Устройство содержит перфорированный кожух, к которому подведён трубопровод сжатого воздуха с дросселирующим соплом. Кожух закреплён над аварийным участком трубопровода. Устройство работает следующим образом: В закреплённой над аварийным участком трубопровода перфорированный кожух подают сжатый воздух из трубопровода сжатого воздуха через дроссельное сопло к месту выхода нефти из аварийного трубопровода. При выходе воздуха из дросселирующего сопла его давление резко падает, а воздух охлаждается до минусовой температуры, что приводит к быстрому снижению текучести нефти и нефтепродуктов в месте их вы-

хода из аварийного трубопровода и полному прекращению их вылива. Снижение температуры под кожухом приводит к охлаждению аварийного трубопровода, и уже на подходе к аварийному участку снижает текучесть нефти и нефтепродуктов в аварийном трубопроводе, т.е. происходит закупорка аварийного трубопровода. Перфорированный кожух не создаёт препятствий для выхода нефти при его установке на повреждённом трубопроводе, и для выхода отработанного воздуха при работе устройства. Данное устройство может быть использовано, в случае аварии, для предотвращения вылива нефти и нефтепродуктов как на наземном, так и на подводном трубопроводе.

Разработана концепция идеи, получен патент на изобретение №2436895 от 20.12.2011. Опубликовано 20.12.2011. Бюл. № 35. Ведутся поиски инвесторов.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ ИЗ ПОДВОДНОГО НЕФТЕПРОВОДА

Бухарин П.И., Беззубиков Л.Г., Бухарин А.П.,
Беззубиков А.Г.

*Государственный технический университет,
ИВП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Изобретение относится к области охраны окружающей среды от загрязнения, в частности к устройствам предотвращения аварийных разливов нефти и нефтепродуктов при повреждении подводных нефтепроводов.

Известно устройство «Розливопредотвратитель нефтепродуктов» по заявке на изобретение 94009414/26, опубликованной 10.04.1996г. Сущность изобретения состоит в том, что розливопредотвратитель содержит корпус с встроенным в него устройством для хранения сжатого воздуха под давлением, и абсорбент, хранящийся в остальном объёме корпуса. При повороте поворотной штанги на 3-5° совмещают отверстия в нижней неподвижной и верхней подвижной крышках устройства для хранения сжатого воздуха, и воздух, выходящий под давлением 5-8 атмосфер из отверстий, увлекает частицы абсорбента, находящегося в части корпуса, выполненного в виде усечённого конуса, из выходного устройства, которым служит верхнее основание усечённого конуса, распыляют на поверхность нефтепродуктов, истекающих в окружающую среду при авариях, что позволяет значительно снизить риск попадания нефтепродуктов в почву и воду за счёт превращения нефтепродуктов в желеобразное состояние при попадании в них абсорбента и повысить вероятность извлечения нефтепродуктов при их утилизации. Недостатком известного устройства является сложность его конструкции, необходимость наличия, как сжатого воздуха, так и абсорбента, и оно не позволяет предотвратить вылив нефти и нефтепродуктов из аварийного подводного нефтепровода.

Наиболее близким к заявленному по технической сущности и достигаемому результату является «Способ предотвращения аварийных

разливов нефти и нефтепродуктов из грузового танка нефтеналивного судна» по заявке 4922243/11(025229) от 25.03.1991г. (признана изобретением решением патентной экспертизы 09.01.1992г.). В известном способе предотвращения разливов нефти и нефтепродуктов из грузового танка нефтеналивного судна при повреждении корпуса судна путём снижения их текучести достигается за счёт подачи в нефть и нефтепродукты связующего агента-сжатого воздуха, причём подачу сжатого воздуха осуществляют через дросселирующие сопла в район днищевой и бортовой обшивки судна.

Известно, что за счёт дросселирования воздуха под давлением 180-200 кг/см² на выходе из дроссельного сопла можно получить температуру до минус 90°С. Известно также, что основная масса сырых нефтей и нефтепродуктов (мазут, масло и т.д.), в зависимости от их вязкости, имеют температуру замерзания в пределах от минус 5°С до минус 15°С. Таким образом основная масса транспортируемых по трубопроводам нефти и нефтепродуктов теряют свою текучесть даже при небольших отрицательных температурах. Данный способ и устройство для его осуществления могут быть использованы на нефтеналивных судах в грузовых танках, но не может быть использован для предотвращения вылива нефти и нефтепродуктов из аварийных подводных нефтепроводов.

Техническая задача заявленного изобретения - предотвращение вылива нефти и нефтепродуктов из аварийного подводного нефтепровода. Технический результат заявленного устройства для предотвращения вылива нефти и нефтепродуктов из аварийного подводного нефтепровода, включающего магистральный нефтепровод с задвижками, достигается тем, что на противоположных берегах водоёма устанавливают насосы, приёмы которых соединяют с подводным нефтепроводом ниже уровня водоёма и ёмкость для приёма нефти на берегу со стороны подачи нефти, а выходы насосов соединяют на одном берегу с ёмкостью, на противоположном берегу – с магистральным нефтепроводом после задвижки. Устройство содержит магистральный нефтепровод с задвижками, подводный нефтепровод, насосы с приёмами и выходами и, ёмкость для приёма нефти с клапаном для возврата нефти из ёмкости в подводный нефтепровод.

Устройство работает следующим образом: При повреждении подводного нефтепровода, расположенного под дном водоёма с помощью задвижек перекрывается магистральный нефтепровод. Используя насосы, расположенные на противоположных берегах водоёма часть нефти из аварийного подводного нефтепровода закачивается в ёмкость, расположенную на берегу со стороны подачи нефти, так как на этом участке магистральный нефтепровод находится под давлением, а на противоположном берегу часть нефти из аварийного подводного нефтепровода откачивается в магистральный нефтепровод, так как давление в нём отсутствует. В результате от-

качки нефти в подводный нефтепровод через повреждение попадает вода, что препятствует выливу нефти в водоём на время, необходимое для ликвидации аварии. Для освобождения подводного нефтепровода от воды после ликвидации аварии необходимо открыть задвижку магистрального нефтепровода на противоположном от ёмкости берега и насосом, связанным с ёмкостью откачать воду из подводного нефтепровода в ёмкость.

Авторами разработана концепция идеи, получен патент на изобретение №2470113. Ведутся поиски инвесторов.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ ПЛАВУЧЕЕ СРЕДСТВО ДЛЯ СБОРА НЕРАСТВОРИМЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.

*Государственный технический университет,
ИВП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Плавучее средство для сбора нерастворимых жидкостей и мусора с поверхности воды, содержащее бесконечную сетчатую ленту, механизм для очистки ленты и ёмкость для сбора загрязнений, отличается от существующих тем, что корпус плавучего средства выполнен в виде катамарана, механизм для очистки ленты выполнен в виде раструба и соединен с вакуумной системой, а лента выполнена съёмной и снабжена сетчатыми корзинами для захвата мусора, при этом механизм для очистки ленты расположен под её верхней ветвью, по всей её ширине, на расстоянии 0,6-0,8 м над уровнем воды водоема, сетчатые корзины для захвата и перемещения мусора расположены по всей ширине ленты по её периметру на расстоянии 0,8-1,0 м друг от друга, носовая часть плавучего средства снабжена раздвижными створками, обеспечивающими в рабочем (развернутом) положении более широкую полосу захвата загрязнений. Изобретение относится к охране окружающей среды и может быть использовано при сборе нерастворимых в воде жидкостей, например нефтепродуктов, и плавающего мусора с водной поверхности. Известно устройство для улавливания частиц, плавающих на поверхности воды (см. а.с. СССР №1712533, 1992г.), содержащее бесконечную ленту со сквозными отверстиями, в которых закреплены чашеобразные ячейки, захватывающие плавающие на поверхности воды твердые частицы. Недостатком данного изобретения является сложность конструкции и возможность сбора твердых частиц небольших размеров, соответствующих размерам чашеобразных ячеек. Известно также изобретение: устройство для сбора нерастворимых жидкостей с поверхности воды (см. а.с. СССР №371303, 1973г.), содержащее ленту транспортера с сетчатыми перегородками, пространство между которыми засыпано измельченным сорбентом, отжимные ролики, ёмкость для сбора отжатой жидкости. К недостаткам данного изобретения относится необходимость в использовании сорбента и механизма

для его отжима. Наиболее близким к заявленному объекту является устройство для сбора нерастворимых жидкостей с поверхности воды (см. а.с. СССР №651083, 1979г.), содержащее бесконечную сетчатую ленту и механизм для очистки ленты в виде перфорированного трубопровода, к которому подается сжатый воздух и емкость для сбора жидкости. Недостатком указанного изобретения является расположение сетчатой ленты, которое не исключает естественной потери жидкости из сетчатых ячеек еще до зоны обдувания их сжатым воздухом и невозможность сбора плавающего мусора. Техническая задача – полная очистка водной поверхности от нерастворимых жидкостей и плавающего мусора. Технический результат – повышение эффективности сбора плавающих нерастворимых жидкостей и плавающего мусора. Он достигается тем, что механизм для очистки ленты расположен под верхней ветвью ленты по всей ее ширине на расстоянии 0,6-0,8 м над уровнем воды водоема (во избежание попадания воды), сетчатые корзины для захвата и перемещения мусора расположены по всей ширине ленты по ее периметру на расстоянии 0,8-1,0 м относительно друг друга, носовая часть плавучее средство снабжено раздвижными створками, в рабочем положении обеспечивающими более широкую полосу захвата загрязненной водной поверхности. Плавучее средство для сбора нерастворимых жидкостей и мусора с поверхности воды содержит корпус, выполненный в виде катамарана, вращающуюся ленту из съемного сетчатого полотна, раструб для очистки ленты, шланг вакуумной системы, сетчатые корзины, раздвижные створки корпуса 6, емкость для мусора. Плавучее средство работает следующим образом: При движении сетчатого полотна, находящиеся на поверхности воды нефть, нефтепродукты, масло, захватываются его ячейками, так как имеют большее, чем у воды, поверхностное натяжение, перемещаются к механизму очистки – раструбу, через который отсасываются по шлангу 4 вакуумной системы. Одновременно сетчатые корзины подхватывают плавающих на воде мусор и перемещают его в емкость для мусора. Раздвижные створки 6 обеспечивают более широкую полосу захвата загрязненной водной поверхности при работе плавучего средства. При движении плавучего средства раздвижные створки находятся в сложенном положении. Сетчатое полотно для повышения эффективности сбора нерастворимых жидкостей выполнено съемным, в нескольких вариантах, отличающихся разным размером ячеек, и устанавливается, в зависимости от величины поверхностного натяжения собираемой жидкости. С мелкой ячейкой – для легких сортов нефтепродуктов, с более крупной ячейкой – для тяжелых сортов нефтепродуктов и сырой нефти. Использование данного плавучего средства позволит собирать нерастворимые жидкости без примеси

воды. Преимущества: небольшой расход недорогих и недефицитных материалов и энергии, быстрота изготовления, невысокая себестоимость по сравнению с существующими устройствами. Простота в эксплуатации и ремонте. Минимальные затраты на изготовление устройства и его эксплуатацию. Небольшая ресурсоёмкость устройства. Безопасность обеспечивается тем, что устройство, в отличие от существующих, полностью исключает непосредственный контакт обслуживающего персонала с нефтепродуктами. Высокая надёжность и безотказность устройства достигается простотой его конструкции. При эксплуатации устройства отсутствует вредное воздействие на окружающую среду. Применение данного устройства будет способствовать быстрой и полной очистке от нефтепродуктов и плавающего мусора водной поверхности, и, как следствие – снижению загрязнения и улучшению экологической обстановки на водных акваториях. Данный проект может представлять интерес для судоходных компаний морского и речного транспорта, подразделений МЧС, как в России, так и за рубежом. Проект предполагается осуществлять за счёт внебюджетных средств заинтересованных отечественных и зарубежных компаний и организаций-инвесторов. Ведутся переговоры с потенциальными изготовителями опытного образца. Предлагаются инженеринговые услуги по внедрению технологии на базе существующих астраханских судостроительных и судоремонтных предприятий. Разработана концепция идеи, получен патент на изобретение №2411323 от 10.02.2011. Опубликовано 10.02.2011. Бюл. № 4. Ведутся поиски инвесторов. В 2011г проект участвовал в конкурсе инновационных проектов в рамках 17-й специализированной выставки «Образование – инвестиции в успех - 2011» и получил Диплом победителя конкурса.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ УСТРОЙСТВО
ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ
СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.,
Сайкин М.И., Арманский А.Г.

*Государственный технический университет,
ИВП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Предлагаемое устройство представляет собой оригинальное инновационное усовершенствование устройства для охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания, содержащее водяной, масляный холодильник и дополнительный холодильник для охлаждения забортной воды, отличающееся тем, что на входе в охлаждающую полость водяного и масляного холодильников установлены сопла дроссельного типа и подведен трубопровод подачи сжатого воздуха от судового компрессора. В результате, для использования данного устройства не требу-

ется специального холодильного оборудования, а достаточно обычного воздушного компрессора, который имеется на любом судне, что позволяет в любых климатических условиях эффективно применять данное устройство для обеспечения надёжной работы системы охлаждения двигателя и увеличения срока эксплуатации водяных и масляных холодильников. Изобретение относится к области машиностроения, в частности к системам охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания. Известна система охлаждения двигателя внутреннего сгорания, включающая использование забортной воды в качестве охладителя при подаче ее в теплообменные масляные и водяные аппараты (холодильники). Забортная вода, проходя через холодильники, охлаждает как масло, поступающее в систему смазки двигателя, так и пресную воду в системе замкнутого охлаждения в охлаждающих рубашках двигателя (см. кн. Чумаченко И.И. «Судовые двигатели внутреннего сгорания», §34 «Способ охлаждения». Изд. «Транспорт», М, 1967. С. 149-155.). Известная система имеет ряд недостатков. При плавании в реках и акваториях мелководных морских портов в холодильниках осаждаются грязь, песок, ил. При эксплуатации судна в ледовых условиях приемные отверстия забортной воды забиваются льдом, а при эксплуатации судна в теплых экваториальных водах забортная вода имеет высокую температуру и не может служить надежным источником охлаждения водяной и масляной систем двигателя. Наиболее близким к заявленному является судовая энергетическая установка, содержащая в системе забортной воды дополнительный холодильник, подключенный к холодильной машине при помощи трубопровода с управлением от датчика температуры (см. А.С. СССР, №870748, 1979г.). Недостатком данного устройства является то, что использование системы охлаждения предусматривает наличие на судне холодильной машины, установку дополнительного холодильника и дооборудования судовой системы охлаждения двигателя. Техническая задача – использование сжатого воздуха в судовой системе охлаждения двигателя внутреннего сгорания, что исключает использование забортной воды, обеспечивает надёжную работу системы охлаждения двигателя и увеличит срок эксплуатации водяных и масляных холодильников. Технический результат заявленного устройства – повышение надёжности в эксплуатации. Он достигается тем, что на входе в охлаждающую полость водяного и масляного холодильников установлены сопла дроссельного типа и подведен трубопровод сжатого воздуха от судового компрессора. Холодильник содержит корпус, входной и выходной патрубки входа и выхода сжатого воздуха и в охлаждающую полость холодильника, входного и выходного патрубков охлаждающей двигатель жидкости (масла и воды). Входной патрубок холодильника имеет сопла дроссельного типа, к которому подведен трубопровод сжатого воздуха. Устрой-

ство работает следующим образом: Одновременно с пуском в работу двигателя внутреннего сгорания в холодильники масла и пресной воды подается сжатый воздух по трубопроводу 8. Проходя через сопла дроссельного типа 7, сжатый воздух теряет давление, расширяется и охлаждается, охлаждая при этом масло и пресную воду до температуры, необходимой для нормальной работы двигателя. Необходимая температура в охлаждающей полости холодильников зависит только от давления сжатого воздуха и может быть отрегулирована по показанию приборов в масляной системе и замкнутой системе подачи пресной воды в двигатель. Положительный эффект заключается в том, что для использования данного устройства не требуется специального холодильного оборудования, а достаточно обычного воздушного компрессора, который имеется на любом судне, что позволяет в любых климатических условиях эффективно применять данное устройство для обеспечения надёжной работы системы охлаждения двигателя и увеличения срока эксплуатации водяных и масляных холодильников. Преимущества изобретения: - небольшой расход недорогих и недефицитных материалов и энергии, быстрота изготовления, невысокая себестоимость по сравнению с существующими устройствами, простота в эксплуатации. Безопасность обеспечивается тем, что устройство, в отличие от существующих, обеспечивает эффективное охлаждение двигателя в любых климатических условиях, и, тем самым обеспечивает надёжную его работу. Устройство также способствует созданию в машинном отделении оптимальных температурных условий для обслуживающего персонала. Высокая надёжность и безотказность устройства достигается простотой его конструкции. При эксплуатации устройства происходит уменьшение вредного воздействия на окружающую среду. Применение данного устройства на морских судах будет способствовать продлению срока безаварийной работы судовых двигателей внутреннего сгорания, увеличения срока эксплуатации водяных и масляных фильтров, и, как следствие – снижению загрязнения и улучшению экологической обстановки на морских акваториях. Затраты на изготовление устройства и его эксплуатацию минимальны. Данный проект может представлять значительный интерес для судоходных компаний морского и речного транспорта как в России, так и за рубежом, заинтересованных в оснащении судовых двигателей внутреннего сгорания, используемых на судах речного и морского плавания надёжной системой охлаждения в любых климатических условиях. Авторами разработана концепция идеи, получен патент на изобретение №2418177 от 10.05.2011г. Опубликовано 10.05.2011. Бюл. №13. В 2011г данный проект принимал участие в конкурсе инновационных проектов в рамках выставки «Образование – инвестиции в успех - 2011».

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДЪЕМА ЖИДКОСТИ ИЗ СКВАЖИНЫ

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г.

*Государственный технический университет,
ИВП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Изобретение относится к способам и устройствам для подъема жидкостей из скважин и может быть использовано для подъема, как нефти, так и воды из подземных источников.

Известен «Насос замещения для откачки нефти из скважины» [1], содержащий скважинную колонну, нижний конец которой установлен в жидкости, пневматическую камеру с нижним клапаном, газовую или воздушную магистральную трубу, нагнетательный трубопровод для выхода газожидкостной смеси, работающий в качестве эрлифта.

Недостатком известного изобретения является сложность конструкции насоса и его изготовления, необходимость подачи газа или воздуха для работы насоса. При этом на поверхность подается газожидкостная смесь.

Наиболее близким к заявленному является «Пневматический глубокий насос» [2], содержащий скважинную колонну, нижний конец которой установлен в жидкости, золотник, связанный со штангой с установленным на ней поплавком и имеющей верхний ограничитель для него.

Недостатком указанного изобретения является использование дорогостоящего насосного оборудования, необходимость подачи сжатого воздуха или газа для работы насоса.

Технической задачей заявленного изобретения является исключение использования насосного скважинного оборудования и подачи сжатого воздуха или газа для работы насоса.

Технический результат достигается тем, что скважинная колонна заполнена материалом, впитывающим жидкость и ее верхний размещен в вакуумной ёмкости, снабжённой воздушным и сливным клапанами, поплавков свободно установлен на штанге с возможностью открытия и закрытия клапанов при его перемещении и воздействии на верхний и нижний ограничители движения, при этом вакуумная ёмкость в ее верхней части соединена с вакуумным насосом, в нижней – с приёмной ёмкостью.

Технический результат достигается тем, что вакуумная ёмкость соединена с приёмной ёмкостью при помощи сливного клапана, а отбираемый из вакуумной ёмкости воздух подаётся в приёмную ёмкость.

Установка для подъема жидкостей из скважины содержит: скважинную колонну с впитывающим материалом, жидкость, вакуумную ёмкость с воздушным и сливным клапанами, снабжёнными золотниками и отверстиями, поплавков свободно перемещающийся по штанге, на штанге установлены верхний и нижний ограничители движения поплавка.

Верхняя часть вакуумной ёмкости соединена с вакуумным насосом, а нижняя часть с приёмной ёмкостью, через сливной клапан.

Вакуумный насос через патрубок отбирает воздух из вакуумной ёмкости, и подаёт его по патрубку в приёмную ёмкость.

Приёмная ёмкость соединена с атмосферой воздушной трубкой, для забора жидкости из приёмной ёмкости служит патрубок.

Установка работает следующим образом:

В скважинной колонне жидкость по впитывающему материалу поднимается в вакуумную ёмкость, что обусловлено капиллярным явлением, так как в тонких порах впитывающего материала создаётся высокое капиллярное давление.

Низкое давление в вакуумной ёмкости обеспечивает отделение жидкости из впитывающего материала, и отбор её. По мере накопления жидкости в вакуумной ёмкости поплавков поднимается вслед за уровнем жидкости и упирается в верхний ограничитель и поднимает штангу и золотники в воздушном и сливном б клапанах, открывая отверстия. Таким образом, открывается доступ атмосферного воздуха в вакуумную ёмкость и слив жидкости в приёмную ёмкость.

Работа вакуумного насоса связана с воздушным клапаном. При открытии воздушного клапана насос выключается, при закрытии – включается с помощью концевых выключателей. Таким образом, установка работает в автоматическом режиме: заполнение вакуумной ёмкости – насос работает, слив жидкости из вакуумной ёмкости – насос не работает.

Так как в вакуумной ёмкости вместе с воздухом содержатся пары нефти, то насос выбрасывает воздух из вакуумной системы по патрубку в приёмную ёмкость. Из приёмной ёмкости жидкость откачивается по патрубку.

Предлагаемое изобретение позволяет осуществить подъём жидкости из скважины на поверхность без использования сложного скважинного оборудования, что значительно снизит стоимость затрат на производстве по добыче жидкости.

Авторами разработана концепция идеи, получен патент на изобретение, ведутся переговоры с потенциальными изготовителями опытного образца.

Список литературы

1. Авторское свидетельство СССР на изобретение № 41346, 31.01.1935г.
2. Авторское свидетельство СССР на изобретение № 40719, 31.12.1934г.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДЪЕМА ЗАТОНУВШИХ ОБЪЕКТОВ

Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г., Ветрова А.А.,
Белая В.А.

*Государственный технический университет,
ИВП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Изобретение относится к области проведения работ по подъёму затонувших объектов и может быть использовано при подъёме судов, контейнеров, всевозможных ёмкостей и грузов. Известен способ создания сил собственной плавучести при судоподъёме (см. заявку на изобре-

тение №2006119392/11, публикация 2007г.). Создание сил собственной плавучести достигается вытеснением воды из помещений и отсеков затонувшего судна сжатым воздухом, который подаётся в специальные мягкие ёмкости из неэластичного воздухонепроницаемого материала, расположенные в помещениях и отсеках судна и снабжённые в донной части трубами для сжатия воздуха, а также петлями и линёвыми концами для скрепления ёмкостей друг с другом, с переборками и палубами отсеков и помещений, а ёмкости для создания отрывного усилия снабжают клапанами, управляемыми линёвыми тягами, концы которых без слабины присоединяют к якорям или грузам на дне. Недостатком способа создания собственной плавучести при судоподъёме является необходимость наличия специальных мягких ёмкостей из неэластичного воздухонепроницаемого материала, сложность в размещении и креплении ёмкостей в помещениях и отсеках судна.

Наиболее близким к заявленному является способ подъёма груза на поверхность жидкости (см. заявка на изобретение №93031682/11, публикация 1996г.). Подъём груза достигается тем, что в ёмкость, например, перфорированную или эластичную, или эластичную армированную помещают находящееся в пластичном состоянии вещество, которое изменяет свою плотность при затвердевании, опускают на погружённый в жидкость груз так, чтобы вещество обволокло искомый груз, затвердело и изменило свою плотность, после чего вещество вместе с грузом поднимают на поверхность с помощью крана, причём при превышении подъёмной силы затвердевшим веществом веса груза вещество вместе с грузом всплывает самостоятельно. Обволакивание груза веществом осуществляется по максимально возможной поверхности груза. Таким образом, после затвердевания вещества груз оказывается как бы в коконе, что обеспечивает полную целостность любого груза при его подъёме. Недостатком указанного способа подъёма груза на поверхность жидкости является необходимость в специальном веществе, обволакивающем груз, а также сложность в установке ёмкостей в районе затонувшего груза.

Технической задачей заявленного изобретения является снижение затрат, надёжность и эффективность проведения работ по подъёму затонувшего объекта. Технический результат заявленной установки для подъёма затонувшего объекта, включающий вещество, обволакивающее затонувший объект и уменьшающее свою плотность при затвердевании, достигается тем, что в качестве обволакивающего вещества используют водную среду в виде ледяной оболочки, образующейся на переохлаждённой поверхности затонувшего объекта с помощью дроссельных сопел, в которые подают сжатый воздух, располагая их по периметру объекта (и, или внутри него, в зависимости от его размера и

формы) и закрепляя их на поверхности объекта или на дне водоёма в непосредственной близости от него.

Установка содержит дроссельное сопло, шланги подачи сжатого воздуха к соплам, крепления сопел на поверхности затонувшего объекта, крепление сопел на дне водоёма, базовое судно, подающее сжатый воздух к дроссельным соплам. Установка работает следующим образом. Дроссельные сопла закрепляют на поверхности затонувшего объекта или в непосредственной близости от него на дне водоёма. Для крепления сопел на поверхности объекта используют либо магниты, либо специальный клей, либо подводную сварку, а для крепления сопел на дне водоёма используют грузы. Сжатый воздух по шлангам подают с базового судна. На выходе из сопел при дросселировании сжатого воздуха создаётся низкая температура, что приводит к понижению температуры поверхности затонувшего объекта до отрицательных значений, охлаждению прилегающего к этой поверхности объема воды и образованию внутриводного льда. На переохлаждённой поверхности образуется пористый слой льда, который обволакивает весь объект снаружи и внутри его, вытесняя воду. Таким образом, затонувший объект оказывается как бы в коконе из льда, его объём значительно увеличивается, возникает положительная плавучесть и объект всплывает на поверхность водоёма.

В естественных условиях обволакивание льдом (обливание) металлических и неметаллических предметов под водой происходит в переохлаждённой воде результате образования внутриводного и донного льда. Известны и описаны в литературе случаи обливания лежащих на дне якорей, якорь-цепей, других предметов, и всплытие их на поверхность.

Авторами получен патент на изобретение №2446075. Дата публикации 27 марта 2012г., приоритет изобретения 08 февраля, 2011 года.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ В ТРЮМЕ И СОХРАНЕНИЯ ПЛАВУЧЕСТИ СУДНА

Бухарин П.И., Беззубиков Л.Г.

*Государственный технический университет,
ИВП РАН, Астрахань, e-mail: astrgo@mail.ru*

Предлагаемое устройство представляет собой оригинальное инновационное усовершенствование устройства для предотвращения смещения грузов в трюме и сохранения плавучести судна, содержащее размещенный в трюме судна настил из шарнирно прикрепленных к палубе и бортам секций из чередующихся по всей длине трюма судна мягких и жёстких панелей, а также узлов прижима секций к свободной поверхности грузов в виде силовых гидроцилиндров, отличающееся тем, что по всей длине трюма судна к палубе и бортам прикреплены сложенные в виде пакетов гибкие оболочки из воздухонепро-

нищаемого материала, которые через запорную арматуру подключены к судовой системе сжатого воздуха. Изобретение относится к области судостроения и позволяет предотвратить смещение грузов в трюме и сохранить плавучесть судна. Известно судно для перевозки массовых грузов по а.с. su № 1318481 (публикация 1987г.), содержащее подпалубные и скуловые переборки в виде пневмоблоков, изготовленных из газонепроницаемого материала, подключенных к системе сжатого воздуха с регулирующими клапанами. Недостатком данного изобретения является сложность конструкции переборок, а также необходимость использования балластно-осушительной системы судна. Наиболее близким к заявленному является устройство для предотвращения смещения пакетированных и сыпучих грузов в трюме судна по а.с. su № 1763285 (публикация 1992г.), содержащее размещенный в трюме судна настил из шарнирно прикрепленных к палубе и бортам секций из чередующихся по всей длине трюма судна мягких и жестких панелей, а также узлов прижима секций к свободной поверхности грузов в виде силовых гидроцилиндров. Недостатком указанного изобретения является металлоёмкость, сложность конструкции и высокая стоимость изготовления панелей, шарниров, гидроцилиндров и их установки в трюме судна. Техническая задача – упрощение конструкции, снижение стоимости, надежность в работе, а также сохранение плавучести судна при аварии. Технический результат заявленного устройства – повышение надежности в эксплуатации. Он достигается тем, что по всей длине трюма судна к палубе и бортам прикреплены сложенные в виде пакетов гибкие оболочки из воздухонепроницаемого материала, которые через запорную арматуру подключены к судовой системе сжатого воздуха. Устройство для предотвращения смещения грузов в трюме и сохранения плавучести судна содержит палубные и бортовые пакеты и с гибкими оболочками 6 и подведенные к ним трубы судовой системы сжатого воздуха с запорной арматурой. Устройство работает следующим образом: Сжатый воздух по трубам судовой системы сжатого воздуха, и запорную арматуру заполняет гибкие оболочки палубных и бортовых пакетов, и они опускаются на предварительно выровненный сыпучий груз (или ровно уложенные другие виды груза) и плотно прижимают его, препятствуя его перемещению в трюме. В зависимости от степени загрузки трюма судна возможны следующие варианты работы устройства:

Вариант I: Трюм заполнен небольшим количеством груза. При этом груз занимает нижнюю часть трюма. В этом случае груз прижимается гибкими оболочками только бортовых пакетов.

Вариант II: Трюм загружен полностью. В этом случае груз прижимается гибкими оболоч-

ками только палубных пакетов, предотвращая перемещение груза в подпалубные пространства.

Вариант III: Трюм частично заполнен грузом. В этом случае груз прижимается гибкими оболочками как палубных, так и бортовых пакетов.

Вариант IV: В случае образования пробоины в корпусе судна, для предотвращения затопления забортной водой трюма, гибкие оболочки палубных и бортовых пакетов и заполняют сжатым воздухом по трубам судовой системы сжатого воздуха и запорную арматуру, что способствует уменьшению интенсивности поступления забортной воды в трюм и сохраняет плавучесть судна при аварии. Возврат гибких оболочек в исходное состояние осуществляется стравливанием из них воздуха, просушкой и складыванием в виде палубных и бортовых пакетов, вновь готовых к применению. Положительный эффект заключается в том, что для использования данного устройства не требуется специального, дорогостоящего оборудования, достаточно обычного воздушного компрессора, который имеется на любом судне и несложной модернизации трюмов что позволяет эффективно применять данное устройство для обеспечения живучести судна. Разработана концепция идеи, получен патент на изобретение №2410281 от 27.01.2011г. Опубликовано 27.01.2011. Бюл. №3. Реализация данного проекта не требует большого расхода средств, дорогих и дефицитных материалов и энергии. Важными преимуществами предлагаемого устройства, по сравнению с существующими аналогичными устройствами, является быстрота изготовления, невысокая себестоимость и простота в эксплуатации, минимальные затраты на изготовление устройства и его эксплуатацию и небольшая ресурсоёмкость устройства. Безопасность работы устройства обеспечивается тем, что устройство управляется дистанционно, из рубки и не требует присутствия человека в опасной зоне, в отличие от существующих. Высокая надёжность и безотказность устройства достигается простотой его конструкции. При эксплуатации устройства не происходит вредного воздействия на окружающую среду. Массовое применение данного устройства на морских судах будет способствовать сокращению количества аварий, и, как следствие – снижению загрязнения и улучшению экологической обстановки на морских акваториях. Данный проект может представлять значительный интерес для коммерческих компаний морского транспорта как в России, так и за рубежом. Авторы проекта приняли участие в конкурсе инновационных проектов в рамках 17-й специализированной выставки «Образование – инвестиции в успех - 2011». Проект получил Диплом победителя конкурса.

Химические науки

**ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВА АЛКИЛСУЛЬФОХЛОРИДОВ**

Петрова В.Е., Медников Е.В.

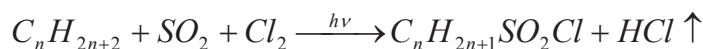
*Волгоградский государственный
технический университет, Волгоград,
email: lera_3500@mail.ru*

С 1963 года предприятие ВОАО «Химпром» производит многотоннажный промышленный синтез алкилсульфонатов и сульфоната-эмульгатора путём сульфохлорирования *n*-парафинов непрерывным методом [1].

Алкилсульфохлориды являются промежуточными продуктами в синтезе сульфоната-эмульгатора и алкилсульфоната - биоразлагаемых поверхностно-активных веществ. Сульфонат-эмульгатор используется при получении эмульсионного поливинилхлорида и сополимеров на основе винилхлорида. Алкилсульфонаты обладают хорошей пенообразующей, смачивающей и моющей способностью и применяются в качестве синтетических моющих средств [2].

Основные проблемы производства в том, что оно энергоёмкое, имеет недостаточно высокие технико-экономические показатели. Целью работы является повышение эффективности производства алкилсульфохлоридов.

Реакция сульфохлорирования протекает по химическому уравнению:



На действующем производстве парафины подают в реактор сверху, а сульфохлорирующий агент – снизу, через барботёры. Фазовое состояние системы – газ – жидкость. Реагенты движутся противотоком и реактор работает в режиме близком к РПС по жидкой фазе. В качестве инициатора реакции сульфохлорирования применяют УФ-облучение реакционной массы. Конверсию парафинов ограничивают до 20 до 25 % с целью уменьшения образования побочных про-

дуктов - ди- и полисульфохлоридов. Непрореагировавшие парафины используются повторно для получения алкилсульфоната по ТУ. Процесс проводят при низкой температуре 15-45 °С, так как с повышением температуры увеличивается степень хлорирования в углеродную цепь. Так же для подавления процессов хлорирования парафинов и сульфохлоридов берут 10% объёмный избыток диоксида серы по отношению к хлору. Парафин берётся в избытке по отношению к сульфохлорирующему агенту. Для сульфохлорирования используют парафиновую фракцию в пределах от C₁₂ до C₁₈.

Так как реакция сульфохлорирования парафинов высокоэкзотермична, то необходимо отводить тепло от реакционной массы. Охлаждение осуществляется в выносном холодильнике путём циркуляции через него части реакционной массы посредством насоса.

С целью снижения выхода побочных продуктов, ухудшающих качество готового продукта, предлагается добавлять к парафинам 0,0004% масс. йода в виде 10%-го спиртового раствора, что повышает селективность синтеза моносулфохлорида с 71% до 85% [3]. Степень превращения парафинов составляет 21,3 %. При этом сокращается время пребывания реакционной массы в реакторе, уменьшаются энергетические за-

траты на облучение реакционной массы УФ-светом, увеличивается производственная мощность с 12000 до 19800 т /год.

Список литературы

1. Производство алкилсульфоната. Постоянный технологический регламент №5-2003. ВОАО Химпром, 2003.
2. Новиков А.Я. Химические товары бытового назначения. – М.: Легкая индустрия, 1962. – С. 204.
3. Кутянин Л.И., Богач Е.В., Соколов Ф.П., Варшавер Е.В., Усачев Я.Л. Способ получения алкансульфохлоридов // А. С. СССР. – 1991. – № 1685929. – Бюл. № 39.

**В журнале Российской Академии Естествознания
«Современные наукоемкие технологии» публикуются:**

Журнал публикует обзорные и теоретические статьи, материалы международных научных конференций (тезисы докладов) по:

- 1. Физико-математическим наукам.**
- 2. Химическим наукам.**
- 3. Геолого-минералогическим наукам.**
- 4. Техническим наукам.**

Редакция журнала просит авторов при направлении статей в печать руководствоваться изложенными ниже правилами. Работы, присланные без соблюдения перечисленных правил, возвращаются авторам без рассмотрения.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

По техническим наукам принимаются статьи по следующим направлениям:

- 05.02.00 Машиностроение и машиноведение
- 05.03.00 Обработка конструкционных материалов в машиностроении
- 05.04.00 Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение
- 05.05.00 Транспортное, горное и строительное машиностроение
- 05.09.00 Электротехника
- 05.11.00 Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы
- 05.12.00 Радиотехника и связь
- 05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление
- 05.16.00 Металлургия
- 05.17.00 Химическая технология
- 05.18.00 Технология продовольственных продуктов
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем
- 05.21.00 Технология, машины и оборудование лесозаготовок, лесного хозяйства, деревопереработки и химической переработки биомассы дерева
- 05.22.00 Транспорт
- 05.23.00 Строительство
- 05.26.00 Безопасность деятельности человека

При написании и оформлении статей для печати редакция журнала просит придерживаться следующих правил.

1. В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

2. 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.

3. 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.

4. Библиографические ссылки в тексте статьи следует давать в квадратных скобках в соответствии с нумерацией в списке литературы. Список литературы для оригинальной статьи – не более 10 источников. Список литературы составляется в алфавитном порядке – сначала отечественные, затем зарубежные авторы и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008.

5. 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.

6. При предъявлении рукописи необходимо сообщать индексы статьи (УДК) по таблицам Универсальной десятичной классификации, имеющейся в библиотеках.

7. К рукописи должен быть приложен краткий реферат (резюме) статьи на русском и английском языках.

Реферат объемом до 10 строк должен кратко излагать предмет статьи и основные содержащиеся в ней результаты.

Реферат подготавливается на русском и английском языках.

Используемый шрифт – курсив, размер шрифта – 10 пт.

Реферат на английском языке должен в начале текста содержать заголовок (название) статьи, инициалы и фамилии авторов также на английском языке.

8. Обязательное указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

9. Наличие ключевых слов для каждой публикации.

10. Указывается шифр основной специальности, по которой выполнена данная работа.

11. Редакция оставляет за собой право на сокращение и редактирование статей.

12. Статья должна быть набрана на компьютере в программе Microsoft Office Word в одном файле.

13. В редакцию по электронной почте edition@rae.ru необходимо предоставить публикуемые материалы, сопроводительное письмо и копию платежного документа. Оригиналы запрашиваются редакцией при необходимости.

14. Рукописи статей, оформленные не по правилам не рассматриваются. Присланные рукописи обратно не возвращаются. Не допускается направление в редакцию работ, которые посланы в другие издания или напечатаны в них.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 615.035.4

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРИОДА ТИТРАЦИИ ДОЗЫ ВАРФАРИНА У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ. ВЗАИМОСВЯЗЬ С КЛИНИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ¹Шварц Ю.Г., ¹Артанова Е.Л., ¹Салеева Е.В., ¹Соколов И.М.

¹ГОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава 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, стойкости фибрилляции предсердий, функционального класса сердечной недостаточности и наличия 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 FACTORS¹Shvarts Y.G., ¹Artanova E.L., ¹Saleeva E.V., ¹Sokolov I.M.

¹Saratov 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....

Список литературы

Единый формат оформления пристатейных библиографических ссылок в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008 «Библиографическая ссылка»

(Примеры оформления ссылок и пристатейных списков литературы)

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 : учеб. для вузов. – 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. / Саратов. гос. ун-т; [под ред. С. Ф. Мартыновича]. Саратов : Изд-во Саратов. 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.У. 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.], 2005-2007. 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.asp?nomers=366> (дата обращения: 17.04.07).

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).

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткие сообщения представляются объемом не более 1 стр. машинописного текста без иллюстраций. Электронный вариант краткого сообщения может быть направлен по электронной почте edition@rae.ru.

ФИНАНСОВЫЕ УСЛОВИЯ

Статьи, представленные членами Академии (профессорами РАЕ, членами-корреспондентами, действительными членами с указанием номера диплома) публикуются на льготных условиях. Члены РАЕ могут представить на льготных условиях не более одной статьи в номер.

Для членов РАЕ стоимость одной публикации – 350 рублей.

Для других специалистов (не членов РАЕ) стоимость одной публикации – 1250 рублей.

Краткие сообщения публикуются без ограничений количества представленных материалов от автора (300 рублей для членов РАЕ и 400 рублей для других специалистов). Краткие сообщения, как правило, не рецензируются. Материалы кратких сообщений могут быть отклонены редакцией по этическим соображениям, а также в виду явного противоречия здравому смыслу. Краткие сообщения публикуются в течение двух месяцев.

Оплата вносится перечислением на расчетный счет.

Получатель ИНН 5837035110 КПП 583701001 ООО «Издательство «Академия Естествознания»	Сч. №	40702810822000010498
	БИК	044525976
Банк получателя АКБ «АБСОЛЮТ БАНК» (ОАО) г. Москва	Сч. №	30101810500000000976

Назначение платежа: Издательские услуги. Без НДС. ФИО.

Публикуемые материалы, сопроводительное письмо, копия платежного документа направляются по адресу:

– г. Москва, 105037, а/я 47, АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ, редакция журнала «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» (для статей)

или

– по электронной почте: edition@rae.ru. При получении материалов для опубликования по электронной почте в течение семи рабочих дней редакцией высылается подтверждение о получении работы.

☎ (499)-7041341, (8452)-477677,

Факс (8452)-477677

✉ stukova@rae.ru;

edition@rae.ru

<http://www.rae.ru>;

<http://www.congressinform.ru>

**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.

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

ДЛЯ ВАШЕГО УДОБСТВА ПРЕДЛАГАЕМ РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ПОДПИСКИ НА ЖУРНАЛ «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Стоимость подписки

На 1 месяц (2014 г.)	На 6 месяцев (2014 г.)	На 12 месяцев (2014 г.)
720 руб. (один номер)	4320 руб. (шесть номеров)	8640 руб. (двенадцать номеров)

Заполните приведенную ниже форму и оплатите в любом отделении сбербанка.



Извещение	СБЕРБАНК РОССИИ <i>Форма № ПД-4</i>	
	ООО «Издательство «Академия Естествознания»	
	(наименование получателя платежа)	
	ИНН 5837035110	40702810822000010498
	(ИНН получателя платежа)	(номер счёта получателя платежа)
	АКБ «АБСОЛЮТ БАНК» (ОАО) г. Москва	
	(наименование банка получателя платежа)	
	БИК 044525976	30101810500000000976
	КПП 583701001	(№ кор./сч. банка получателя платежа)
	Ф.И.О. плательщика _____	
Адрес плательщика _____		
Подписка на журнал « _____ »		
(наименование платежа)		
Кассир	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	
	Подпись плательщика _____	
	СБЕРБАНК РОССИИ <i>Форма № ПД-4</i>	
	ООО «Издательство «Академия Естествознания»	
	(наименование получателя платежа)	
	ИНН 5837035110	40702810822000010498
	(ИНН получателя платежа)	(номер счёта получателя платежа)
	АКБ «АБСОЛЮТ БАНК» (ОАО) г. Москва	
(наименование банка получателя платежа)		
БИК 044525976	30101810500000000976	
КПП 583701001	(№ кор./сч. банка получателя платежа)	
Ф.И.О. плательщика _____		
Адрес плательщика _____		
Подписка на журнал « _____ »		
(наименование платежа)		
Кассир	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	
	Подпись плательщика _____	



Копию документа об оплате вместе с подписной карточкой необходимо выслать по факсу 845-2-47-76-77 или **E-mail: stukova@rae.ru**

Подписная карточка

Ф.И.О. ПОЛУЧАТЕЛЯ (ПОЛНОСТЬЮ)	
АДРЕС ДЛЯ ВЫСЫЛКИ ЗАКАЗНОЙ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ (ИНДЕКС ОБЯЗАТЕЛЬНО)	
НАЗВАНИЕ ЖУРНАЛА (укажите номер и год)	
Телефон (указать код города)	
E-mail, ФАКС	

ЗАКАЗ ЖУРНАЛА «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

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: stukova@rae.ru**.

Стоимость одного экземпляра журнала (с учетом почтовых расходов):

Для физических лиц – 615 рублей

Для юридических лиц – 1350 рублей

Для иностранных ученых – 1000 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	

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: 845-2-47-76-77.

По запросу (факс 845-2-47-76-77, E-mail: stukova@rae.ru) высылается счет для оплаты подписки.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ (РАЕ)

РАЕ зарегистрирована 27 июля 1995 г.

в Главном Управлении Министерства Юстиции РФ В г. Москва

Академия Естествознания рассматривает науку как национальное достояние, определяющее будущее нашей страны и считает поддержку науки приоритетной задачей. Важнейшими принципами научной политики Академии являются:

- опора на отечественный потенциал в развитии российского общества;
- свобода научного творчества, последовательная демократизация научной сферы, обеспечение открытости и гласности при формировании и реализации научной политики;
- стимулирование развития фундаментальных научных исследований;
- сохранение и развитие ведущих отечественных научных школ;
- создание условий для здоровой конкуренции и предпринимательства в сфере науки и техники, стимулирование и поддержка инновационной деятельности;
- интеграция науки и образования, развитие целостной системы подготовки квалифицированных научных кадров всех уровней;

– защита прав интеллектуальной собственности исследователей на результаты научной деятельности;

– обеспечение беспрепятственного доступа к открытой информации и прав свободного обмена ею;

– развитие научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций различных форм собственности, поддержка малого инновационного предпринимательства;

– формирование экономических условий для широкого использования достижений науки, содействие распространению ключевых для российского технологического уклада научно-технических нововведений;

– повышение престижности научного труда, создание достойных условий жизни ученых и специалистов;

– пропаганда современных достижений науки, ее значимости для будущего России;

– защита прав и интересов российских ученых.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АКАДЕМИИ

1. Содействие развитию отечественной науки, образования и культуры, как важнейших условий экономического и духовного возрождения России.

2. Содействие фундаментальным и прикладным научным исследованиям.

3. Содействие сотрудничеству в области науки, образования и культуры.

СТРУКТУРА АКАДЕМИИ

Региональные отделения функционируют в 61 субъекте Российской Федерации. В составе РАЕ 24 секции: физико-математические науки, химические науки, биологические науки, геолого-минералогические науки, технические науки, сельскохозяйственные науки, географические науки, педагогические науки, медицинские науки, фармацевтические науки, ветеринарные науки, экономические науки, философские науки, проблемы развития ноосферы, экология животных, исторические науки, регионоведение, психологические науки, экология и здоровье населения, юридические науки, культурология и искусствоведение, экологические технологии, филологические науки.

Членами Академии являются более 5000 человек. В их числе 265 действительных

членов академии, более 1000 членов-корреспондентов, 630 профессоров РАЕ, 9 советников. Почетными академиками РАЕ являются ряд выдающихся деятелей науки, культуры, известных политических деятелей, организаторов производства.

В Академии представлены ученые России, Украины, Белоруссии, Узбекистана, Туркменистана, Германии, Австрии, Югославии, Израиля, США.

В состав Академии Естествознания входят (в качестве коллективных членов, юридически самостоятельных подразделений, дочерних организаций, ассоциированных членов и др.) общественные, производственные и коммерческие организации. В Академии представлено около 350 вузов, НИИ и других научных учреждений и организаций России.

ЧЛЕНСТВО В АКАДЕМИИ

Уставом Академии установлены следующие формы членства в академии.

1) профессор Академии

2) коллективный член Академии

3) советник Академии

4) член-корреспондент Академии

5) действительный член Академии (академик)

6) почетный член Академии (почетный академик)

Ученое звание профессора РАЕ присваивается преподавателям высших и средних учебных заведений, лицеев, гимназий, колледжей, высококвалифицированным специалистам (в том числе и не имеющим ученой степени) с целью признания их достижений в профессиональной, научно-педагогической деятельности и стимулирования развития инновационных процессов.

Коллективным членом может быть региональное отделение (межрайонное объединение), включающее не менее 5 человек и выбирающее руководителя объединения. Региональные отделения могут быть как юридическими, так и не юридическими лицами.

Членом-корреспондентом Академии могут быть ученые, имеющие степень доктора наук, внесшие значительный вклад в развитие отечественной науки.

Действительным членом Академии могут быть ученые, имеющие степень доктора наук, ученое звание профессора и ранее избранные членами-корреспондентами РАЕ, внесшие выдающийся вклад в развитие отечественной науки.

Почетными членами Академии могут быть отечественные и зарубежные специалисты, имеющие значительные заслуги в развитии науки, а также особые заслуги перед Академией. Права почетных членов Академии устанавливаются Президиумом Академии.

С подробным перечнем документов можно ознакомиться на сайте www.rae.ru

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Региональными отделениями под эгидой Академии издаются: монографии, материалы конференций, труды учреждений (более 100 наименований в год).

Издательство Академии Естествознания выпускает шесть общероссийских журналов:

1. «Успехи современного естествознания»
2. «Современные наукоемкие технологии»
3. «Фундаментальные исследования»

4. «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований»

5. «Международный журнал экспериментального образования»

6. «Современные проблемы науки и образования»

Издательский Дом «Академия Естествознания» принимает к публикации монографии, учебники, материалы трудов учреждений и конференций.

ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНЫХ ФОРУМОВ

Ежегодно Академией проводится в России (Москва, Кисловодск, Сочи) и за рубежом (Италия, Франция, Турция, Египет, Та-

иланд, Греция, Хорватия) научные форумы (конгрессы, конференции, симпозиумы). План конференций – на сайте www.rae.ru.

ПРИСУЖДЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО СЕРТИФИКАТА КАЧЕСТВА РАЕ

Сертификат присуждается по следующим номинациям:

- Лучшее производство – производители продукции и услуг, добившиеся лучших успехов на рынке России;
- Лучшее научное достижение – коллективы, отдельные ученые, авторы приоритетных научно-исследовательских, научно-технических работ;
- Лучший новый продукт – новый вид продукции, признанный на российском рынке;

- Лучшая новая технология – разработка и внедрение в производство нового технологического решения;

- Лучший информационный продукт – издания, справочная литература, информационные издания, монографии, учебники.

Условия конкурса на присуждение «Национального сертификата качества» на сайте РАЕ www.rae.ru.

С подробной информацией о деятельности РАЕ (в том числе с полными текстами общероссийских изданий РАЕ) можно ознакомиться на сайте РАЕ – www.rae.ru

105037, г. Москва, а/я 47,
Российская Академия Естествознания.
E-mail: stukova@rae.ru
edition@rae.ru