

Научно-теоретический и информационно-методический журнал  
Белорусского республиканского фонда  
фундаментальных исследований

Издается с III квартала 1997 г.



№ 3 [57], 2011

Зарегистрирован  
в Министерстве информации  
Республики Беларусь,  
свидетельство о регистрации  
№ 426 от 29.05.2009

**Учредитель:**  
Белорусский  
республиканский  
фонд  
фундаментальных  
исследований

220072, г. Минск,  
пр. Независимости, 66;  
тел. 284-07-42,  
284-25-05

**Издатель:**  
РУП «Издательский дом  
«Беларуская навука»

**ВЕСТНИК  
ФОНДА  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

*Главный редактор*  
В. А. Орлович

*Заместители главного редактора*  
Е. М. Бабосов  
В. И. Недилько

*Ответственный секретарь*  
Н. Н. Костюкович

*Члены редколлегии:*

В. Ф. Багинский	М. И. Мушинский
Н. Н. Бамбалов	П. Г. Никитенко
А. В. Бильдюкевич	В. Н. Новиков
П. А. Витязь	В. П. Пархоменко
И. В. Гайшун	Б. А. Плотников
М. И. Демчук	В. И. Прокошин
А. К. Карабанов	В. И. Стражев
А. В. Кильчевский	Л. М. Томильчик
А. В. Кухарев	Ю. С. Харин
П. Д. Кухарчик	Л. В. Хотылева
А. И. Лесникович	И. И. Цыркун
А. А. Махнач	В. Н. Шимов
А. Г. Мрочек	

Минск, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

### ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФОНДА

Соглашение о взаимодействии Министерства образования Республики Беларусь и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в области науки и научно-инновационной деятельности .....	9
Протокол договоренности о планируемой тематике, сроках проведения и объемах финансирования совместного тематического конкурса «БРФФИ – Минобразование-2012М» на основании Соглашения о взаимодействии Министерства образования Республики Беларусь и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в области науки и научно-инновационной деятельности .....	12

### МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

Протокол договоренности о планируемой тематике и сроках проведения совместного конкурса исследовательских проектов «БРФФИ–НТФМ-2012» на основании Соглашения о сотрудничестве между Научно-технологическим фондом Монголии и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований .....	13
Працoкoл аб намерах па навуковым супрацоўніцтве паміж Беларускаім рэспубліканскім фондам фундаментальных даследаванняў і Фондам развіцця навукі пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі .....	14

### КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Условия конкурса совместных научных проектов БРФФИ и Российского гуманитарного научного фонда «БРФФИ–РГНФ-2012» .....	16
Условия совместного двустороннего межрегионального конкурса в приграничных Витебской, Могилевской, Псковской и Смоленской областях на проведение фундаментальных исследований по приоритетным для Российской Федерации и Республики Беларусь научным проблемам общественно-гуманитарного и экономического профиля «БРФФИ–РГНФ (ПР)-2012» .....	22
Условия конкурса совместных проектов БРФФИ и Российского фонда фундаментальных исследований «БРФФИ–РФФИ-2012» .....	27
Условия объединенного республиканского конкурса БРФФИ «Наука (НАНБ-вузы)-2012» .....	33
Условия конкурса совместных научных проектов БРФФИ и Румынской академии «БРФФИ–РА-2012» .....	37
Условия совместного тематического конкурса исследовательских проектов БРФФИ и Объединенного института ядерных исследований «БРФФИ–ОИЯИ-2012» .....	43
Условия конкурса совместных проектов БРФФИ и Научно-технологического фонда Монголии «БРФФИ–НТФМ-2012» .....	48
Условия конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки ученых – авторов монографий для их издания на 2011–2012 годы .....	54
Условия конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях на 2011–2012 годы .....	56
Условия конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки республиканских и международных научных мероприятий на 2011–2012 годы .....	58

## ИТОГИ КОНКУРСОВ

Конкурс совместных проектов фундаментальных исследований БРФФИ и Государственного комитета по науке Министерства образования и науки Республики Армения «БРФФИ–ГКН Арм-2011».....	61
Перечень международных научно-технических проектов «ГКНТ–Польша».....	65
Перечень международных научно-технических проектов «ГКНТ–Украина».....	67
Перечень международных научно-технических проектов «ГКНТ–Сербия».....	69
Перечень научных трудов, изданных при финансовой поддержке БРФФИ в 2010 г. ....	72
Перечень республиканских и международных научных мероприятий, поддержанных БРФФИ в 2010 г. ....	73

## ПОДДЕРЖКА НАУКИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

<b>Кривошеева А. В., Борисенко В. Е., Лаззари Ж.-Л., Арно д’Авитая Ф.</b> Белорусско-французское сотрудничество в области новых материалов для электроники .....	75
--	----

## НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

<b>Витязь П. А., Сениуть В. Т., Хейфец М. Л., Колмаков А. Г. Баранов Е. Е., Цоохуу Х., Энхтур Л.</b> Влияние термобарической обработки на макро-, мезо- и микроструктуру углеродных материалов шунгитовой породы.....	80
<b>Боровой А. А., Шароваров Г. А.</b> Ядерная безопасность объекта «Укрытие».....	89
<b>Конон П. Н., Шпортько В. В.</b> Исследования плоских и осесимметричных слоев жидкости, неподвижных относительно внутренней поверхности вращающегося цилиндра.....	98
<b>Докторов В. В., Ильющенко А. Ф., Мазюк В. В., Мороз А. Л., Шаповал А. А.</b> Особенности спекания пористых порошково-волоконных структур.....	111
<b>Попеску А. М., Константин В., Ольтеану М., Демиденко О. Ф., Янушкевич К. И.</b> Рентгенографические исследования кристаллической структуры электроосажденных Ag, Sn, Ni из ионных жидкостей на медные подложки .....	121

## ЮБИЛЕИ ИЗВЕСТНЫХ УЧЕНЫХ

Петр Александрович Витязь: ученый, руководитель, учитель и человек (к 75-летию со дня рождения).....	126
--	-----

Национальная академия наук Беларуси

**The scientific-theoretical and information-methodical journal  
of the Belarusian Republican Foundation  
for Fundamental Research**

Issued since the 3<sup>rd</sup> quarter of 1997



**N 3 [57], 2011**

Registered in  
The Ministry of Information  
of the Republic of Belarus,  
Certificate  
№ 426 of May 29, 2009

**The founder:**

The Belarusian  
Republican  
Foundation  
for Fundamental  
Research

220072, Minsk,  
Independence Av., 66;  
ph. 284-07-42,  
284-25-05

**The publisher:**

RUE «Publishing House  
«Belaruskaya navuka»

**VESTNIK  
OF THE FOUNDATION  
FOR FUNDAMENTAL  
RESEARCH**

**EDITORIAL BOARD:**

*Editor-in-Chief*  
V. A. Orlovich

*Deputy Editors-in-Chief*  
E. M. Babosov  
V. I. Nedit'ko

*Executive Secretary*  
N. N. Kostyukovich

*Editorial board members:*

V. F. Baginsky	A. G. Mrochek
N. N. Bambalov	M. I. Mushinsky
A. V. Bilydukevich	P. G. Nikitenko
I. V. Gaishun	V. N. Novikov
M. I. Demchuk	V. P. Parkhomenko
A. K. Karabanov	B. A. Plotnikov
Yu. S. Kharin	V. I. Prokoshin
L. V. Khotylyova	V. N. Shimov
A. V. Kilchevsky	V. I. Strazhev
P. D. Kukharchik	L. M. Tomilchik
A. V. Kukharev	I. I. Tsyркun
A. I. Lesnikovich	P. A. Vityaz
A. A. Makhnach	

**Minsk, 2011**

## CONTENTS

### THE FOUNDATION ACTIVITIES

The Agreement on Cooperation of the Ministry of Education of the Republic of Belarus and the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research in the field of science and scientific-innovative activity .....	9
The Protocol of agreement on the proposed topics, terms and level of funds for joint thematic competition «BRFFR – Ministry of Education-2012» on the basis of the Agreement on Cooperation between the Ministry of Education of the Republic of Belarus and the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research in the field of science and scientific-innovative activity .....	12

### INTERNATIONAL RELATIONS

The Protocol of agreement on the proposed topics and terms for joint competition of research projects «BRFFR-MFST-2012» on the basis of the Cooperation Agreement between the Mongolian Foundation for Science and Technology and the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research .....	13
Memorandum of Understanding on Scientific Cooperation between the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research and the Science Development Fund under the Azerbaijani President .....	14

### BRFFR COMPETITIONS: NORMATIVE BASE

Terms of joint scientific projects competition «BRFFR–RHF-2012» of the BRFFR and the Russian Humanitarian Foundation .....	16
Terms of joint bilateral interregional competition «BRFFR–RHF-2012 (PR)» in the cross-border Vitebsk, Mogilev, Pskov and Smolensk regions to conducting fundamental research on the priority for the Russian Federation and the Republic of Belarus scientific problems of the social-humanitarian and economic profile .....	22
Terms of joint scientific projects competition «BRFFR–RFBR-2012» of the BRFFR and the Russian Foundation for Basic Research .....	27
Terms of the BRFFR joint republican competition «Science (NASB–HEI)-2012» .....	33
Terms of joint scientific projects competition «BRFFR–RA-2012» of the BRFFR and the Romanian Academy .....	37
Terms of joint thematic competition «BRFFR–JINR-2012» of research projects of the BRFFR and the Joint Institute for Nuclear Research .....	43
Terms of joint scientific projects competition «BRFFR–MFST-2012» of the BRFFR and the Mongolian Foundation for Science and Technology .....	48
Terms of the BRFFR competition of proposals for grants for financial supporting the authors of monographs for their publishing for 2011–2012 .....	54
Terms of the BRFFR competition of proposals for grants for financial supporting the participation in foreign scientific conferences for 2011–2012 .....	56
Terms of the BRFFR competition of proposals for grants for financial supporting the organization of republican and international scientific conferences for 2011–2012 .....	58

## COMPETITIONS RESULTS

Joint competition «BRFFR–SCS Arm-2011» of fundamental research projects of the BRFFR and the State Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Armenia .....	61
A list of the international scientific-technical projects «SCST–Poland» .....	65
A list of the international scientific-technical projects «SCST–Ukraine» .....	67
A list of the international scientific-technical projects «SCST–Serbija» .....	69
A list of scientific works published under BRFFR financial support in 2010 .....	72
A list of republican and international scientific conferences supported by BRFFR in 2010 .....	73

## SUPPORT OF SCIENCE: THE INTERNATIONAL EXPERIENCE

<b>Krivosheeva A. V., Borisenko V. E., Lazzari J.-L., Arnaud d'Avitaya F.</b> Belarusian-French cooperation in the field of new materials for electronics .....	75
---	----

## SCIENTIFIC PUBLICATIONS

<b>Vitiaz P. A., Senyut V. T., Kheifetz M. L., Kolmakov A. G., Baranov E. E., Tsoohuu H., Enkhtor L.</b> Influence of high pressure–high temperature treatment on macro-, meso- and microstructure of carbon materials of schungite rock .....	80
<b>Borovoy A. A., Sharavarau H. A.</b> Nuclear safety of the object Shelter .....	89
<b>Konon P. N., Shportko V. V.</b> Investigation of plane and axisymmetric liquid layers being immovable relatively the interior surface of the rotating cylinder .....	98
<b>Doktarau V. V., Ilyushchanka A. F., Maziuk V. V., Moroz A. L., Shapoval A. A.</b> Regularities of sintering of powder-fiber porous structures .....	111
<b>Popescu A. M., Constantin V., Olteanu M., Demidenko O. F., Yanushkevich K. I.</b> X-ray investigation crystal structure of Ag, Sn, Ni electrodeposition from ionic liquids at the copper substrate .....	121

## ANNIVERSARIES OF FAMOUS SCIENTISTS

Petr Aleksandrovich Vityaz: scientist, leader, teacher and man (to the 75th birthday anniversary)...	126
--	-----

Национальная академия наук Беларуси

## **ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФОНДА**

### **СОГЛАШЕНИЕ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ**

#### **Министерства образования Республики Беларусь и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в области науки и научно-инновационной деятельности**

Министерство образования Республики Беларусь (далее – Минобразование) в лице Министра профессора Маскевича Сергея Александровича и Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – Фонд) в лице Председателя Научного совета Фонда академика Орловича Валентина Антоновича, именуемые далее Сторонами, пришли к следующему Соглашению.

#### **1. Общие положения**

1.1. Стороны, признавая важность подготовки современных высококвалифицированных кадров, интеграции фундаментальных и прикладных научных исследований, широкого использования их результатов для создания новых технологий и современной техники, будут развивать взаимовыгодное сотрудничество в сфере реализации государственной научно-технической политики.

1.2. Стороны руководствуются Конституцией Республики Беларусь, актами Президента Республики Беларусь и Совета Министров Республики Беларусь, Положением о Минобразовании, Уставом Фонда и другими нормативными документами, определяющими вопросы научно-технического развития и инновационной деятельности.

1.3. Стороны будут осуществлять согласованную деятельность, направленную на содействие развитию и использованию достижений фундаментальных научных исследований, поддержку молодых ученых с целью воспроизводства уникального научно-технического потенциала Республики Беларусь, его использования для экономического, социального и культурного развития страны, а также других направлений, сформулированных в Государственных целевых программах Республики Беларусь.

## **2. Взаимодействие в области науки и научно-инновационной деятельности**

2.1. Стороны намерены осуществлять взаимодействие по следующим видам деятельности:

- проведение совместного конкурса проектов молодых ученых на выполнение фундаментальных исследований;
- организация проведения фундаментальных исследований по тематике, предложенной Минобразованием, с совместным финансированием работ;
- совместный отбор научных результатов завершенных научно-исследовательских проектов для их использования в интересах создания прорывных технологий, новых материалов, приборов и услуг;
- создание условий и стимулов для привлечения сотрудников учреждений высшего образования Минобразования к выполнению проектов по конкурсам Фонда;
- расширение участия ученых учреждений высшего образования в работе экспертных советов Фонда;
- периодическое рассмотрение итогов научно-технического сотрудничества, обобщение накопленного в этой области опыта, организация обмена информацией в форме проведения научных мероприятий (семинаров, симпозиумов, конференций);
- другие научно-организационные мероприятия, представляющие обоюдный интерес для координации усилий Сторон по планированию, финансированию и проведению научных исследований.

## **3. Взаимодействие в области использования экспертных систем оценки научных проектов**

3.1. Стороны намечают сотрудничать в области экспертной оценки научной деятельности, используя механизмы экспертизы, разработанные и успешно апробированные ими при проведении конкурсов научных проектов.

3.2. Стороны планируют выработать, при необходимости, скоординированную политику в этой области, обеспечивающую предложение и отбор для дальнейшего финансирования проектов, прошедших экспертизу Сторон и отвечающих интересам достижения приоритетных целей.

## **4. Действие Соглашения**

4.1. Стороны поручают координацию и контроль:

- со стороны Минобразования – управлению науки и инновационной деятельности;
- со стороны Фонда – отделу организации исследований и использования результатов.

По итогам каждого года координаторы представляют Сторонам информацию о ходе и результатах реализации Соглашения.

4.2. Соглашение вступает в силу со дня подписания. Соглашение может быть дополнено или изменено по обоюдному согласию Сторон.

4.3. Соглашение действует в 2011–2015 годах и автоматически продлевается на следующие пять лет, если ни одна из Сторон не сделает письменного заявления о своем желании прекратить действие Соглашения не позднее, чем за 6 месяцев до окончания соответствующего периода.

4.4. Стороны в рамках Соглашения договариваются о заключении, при необходимости, отдельных договоров, конкретизирующих направления сотрудничества и области взаимодействия между Сторонами, а также взаимные обязательства Сторон по реализации этих направлений, с учетом соблюдения условий конфиденциальности.

Совершено 2 сентября 2011 года в г. Минске в двух экземплярах, имеющих одинаковую силу.

**От Министерства образования  
Республики Беларусь**

**Министр  
профессор**

**С. А. Маскевич**

**От Белорусского республиканского  
фонда фундаментальных исследований**

**Председатель Научного совета  
академик**

**В. А. Орлович**

**ПРОТОКОЛ****договоренности о планируемой тематике, сроках проведения и объемах финансирования совместного тематического конкурса «БРФФИ – Минобразование-2012М» на основании Соглашения о взаимодействии Министерства образования Республики Беларусь и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в области науки и научно-инновационной деятельности**

Мы, нижеподписавшиеся, представители сторон Соглашения о взаимодействии Министерства образования Республики Беларусь (далее – Минобразование) и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (далее – БРФФИ) в области науки и научно-инновационной деятельности в лице Министра профессора С. А. Маскевича и председателя Научного совета БРФФИ академика В. А. Орловича, удостоверяем, что сторонами достигнута договоренность о проведении в 2012–2014 гг. совместного молодежного конкурса «БРФФИ – Минобразование-2012М» по организации фундаментальных и поисковых научных исследований молодых ученых в следующих областях знаний: физико-математические науки, информатика, технические науки.

Установлены сроки проведения конкурса:

окончание приема заявок	30 ноября 2011 г.,
экспертиза и утверждение проектов	до 1 марта 2012 г.,
начало финансирования	со 2-го квартала 2012 г.,
окончание финансирования	конец 1-го квартала 2014 г.

Общий объем финансирования в 2012 году каждой из сторон составит по 300 (триста) миллионов белорусских рублей.

Протокол подписан 2 сентября 2011 года в двух экземплярах.

За Министерство образования  
Республики Беларусь

Министр  
профессор

С. А. Маскевич

За Белорусский республиканский  
фонд фундаментальных исследований

Председатель Научного совета  
академик

В. А. Орлович

## **МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ**

### **ПРОТОКОЛ**

#### **договоренности о планируемой тематике и сроках проведения совместного конкурса исследовательских проектов «БРФФИ–НТФМ-2012» на основании Соглашения о сотрудничестве между Научно-технологическим фондом Монголии и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований**

Мы, нижеподписавшиеся, представители Сторон Соглашения о сотрудничестве между Научно-технологическим фондом Монголии и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований в лице Директора НТФМ профессора Т. Ганн-Эрдене и Председателя Научного совета БРФФИ академика В. А. Орловича удостоверяем, что Сторонами достигнута договоренность о проведении в 2012–2014 гг. совместного конкурса исследовательских проектов «БРФФИ–НТФМ-2012» по следующим направлениям научных исследований:

- физика, математика и информатика;
- технические науки;
- химия и науки о Земле;
- биологические, медицинские и аграрные науки;
- гуманитарные науки.

Сроки проведения конкурса:

прием заявок на участие в конкурсе – по 1 декабря 2011 г.;

экспертиза и утверждение проектов – по 1 марта 2012 г.;

начало финансирования – со 2-го квартала 2012 г.;

окончание финансирования – конец 1-го квартала 2014 г.

Заявки на конкурс подаются одновременно в фонды обеих стран в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в БРФФИ, монгольскими – в НТФМ.

Каждая Сторона оплачивает расходы своих исследователей в соответствии с утвержденными сметами и калькуляциями расходов.

Протокол подписан 02.06.2011 в двух экземплярах на русском и монгольском языках, при этом оба экземпляра имеют одинаковую силу.

От Белорусского республиканского  
фонда фундаментальных исследований  
В. А. Орлович

От Научно-технологического  
фонда Монголии  
Т. Ганн-Эрдене

## ПРАТАКОЛ

### аб намерах па навуковым супрацоўніцтве

Баку, 7 ліпеня 2011 г.

1. Фонд развіцця навукі пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі (далей – ФРН), з аднаго боку, у асобе Выканаўчага дырэктара ФРН, і Беларускі рэспубліканскі фонд фундаментальных даследаванняў (далей – БРФФД), з другога боку, у асобе Старшыні Навуковага савета – дырэктара выканаўчай дырэкцыі, якія называюцца ў далейшым – Бакі, улічваючы ўзаемную зацікаўленасць Бакоў у рэалізацыі сумесных навуковых і навукова-тэхнічных праграм і праектаў, падпісалі дадзены Праатакол аб намерах па навуковым супрацоўніцтве (далей – Праатакол) у г. Баку ў ходзе візіту 7–8 ліпеня 2011 г. Старшыні Навуковага савета – дырэктара выканаўчай дырэкцыі БРФФД па запрашэнні Выканаўчага дырэктара ФРН. Падчас гэтага візіту адбылося абмеркаванне ўзроўню і стану супрацоўніцтва беларускіх і азербайджанскіх вучоных. Улічваючы вялікі навуковы патэнцыял і ўзаемны інтарэс да супрацоўніцтва, абодва Бакі адзінадушна пагадзіліся з тым, што ўсебаковае пашырэнне навуковага супрацоўніцтва двух Фондаў адпавядае карэнным інтарэсам вучоных абедзвюх краін.

2. Бакі, кіруючыся ўзаемным жаданнем умацоўваць адносіны і развіваць традыцыйныя навуковыя сувязі паміж вучонымі дзвюх рэспублік, зыходзячы з інтарэсаў развіцця навукі ў Азербайджанскай Рэспубліцы і Рэспубліцы Беларусь, улічваючы адпаведныя пункты Пагаднення паміж Урадам Рэспублікі Беларусь і Урадам Азербайджанскай Рэспублікі аб супрацоўніцтве ў галіне навукі і тэхналогій ад 3 чэрвеня 2010 года, выражаюць намер актыўна супрацоўнічаць у рэалізацыі сумесных навуковых праграм і праектаў праз правядзенне сумесных грантавых конкурсаў і арганізацыі іншых навуковых мерапрыемстваў, якія ўяўляюць цікавасць для абодвух бакоў і не супярэчаць заканадаўствам абедзвюх рэспублік, а таксама статутам і правілам правядзення конкурсаў абодвух Фондаў.

3. Бакі прышлі да высновы аб мэтазгоднасці падрыхтоўкі і заключэння на высокім узроўні ўсебаковага Пагаднення аб навуковым супрацоўніцтве паміж ФРН і БРФФД пасля ўзаемных кансультацый і ўзгадненняў у адпаведнасці з заканадаўствам абедзвюх рэспублік. Пагадненне можа быць падпісана або ў г. Баку, або ў г. Мінск па ўзаемным узгадненні Бакоў. ФРН адобрыла намер Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі быць саўдзельнікам названага Пагаднення.

4. Для рэалізацыі намеру дадзенага Пратакола і апэратыўнай каардынацыі сумесных дзеянняў ствараецца Рабочая група з прыцягненнем прадстаўнікоў абодвух Бакоў. Сакіраўнікамі Рабочай групы з'яўляюцца Выканаўчы дырэктар ФРН і Старшыня Навуковага савета – дырэктар выканаўчай дырэкцыі БРФФД.

5. Дадзены Пратакол складзены ў 2 (двух) арыгінальных экзэмплярах, кожны з якіх мае аднолькавую юрыдычную сілу на азербайджанскай і беларускай мовах.

**Фонд развіцця навукі пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі**

Адрас: AZ-1069, Азербайджанская Рэспубліка, г. Баку, пр. Атацюрка, 48Б.

Тэлефон: +994125636111

Факс: +994125613390

Электронная пошта: info@sdf.gov.az

Інтэрнэт-старонка: www.sdf.gov.az

**Беларускі рэспубліканскі фонд фундаментальных даследаванняў**

Адрас: 220072, Рэспубліка Беларусь, г. Мінск, пр. Незалежнасці, 66

Тэлефон: +375172840742

Факс: +375172840897

Электронная пошта: fond@it.org.by

Інтэрнэт-старонка: www.fond.bas-net.by

**За Фонд развіцця навукі пры Прэзідэнце  
Азербайджанскай Рэспублікі**

**Выканаўчы дырэктар**

**Эльчын С. Бабаеў**

**За Беларускі рэспубліканскі фонд  
фундаментальных даследаванняў**

**Старшыня Навуковага савета –  
дырэктар выканаўчай дырэкцыі**

**Валянцін Антонавіч Арловіч**

## **КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА**

УТВЕРЖДЕНЫ  
решением Научного совета БРФФИ  
от 08.04.2011 (протокол № 1)

### **У С Л О В И Я**

#### **конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского гуманитарного научного фонда «БРФФИ–РГНФ-2012»**

##### **Общие положения**

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ) и Российский гуманитарный научный фонд (РГНФ), в соответствии с заключенным между ними Соглашением о сотрудничестве, объявляют конкурс совместных проектов фундаментальных исследований с целью консолидации усилий для финансирования научных исследований, выполняемых совместно учеными Республики Беларусь и Российской Федерации по актуальным для обеих сторон научным направлениям в области гуманитарных наук, в частности, для белорусской стороны – соответствующим перечню, утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585.

2. Конкурс проводится по следующим направлениям гуманитарных наук:  
история, археология, этнография;

экономика;

философия, социология, правоведение, политология, науковедение;

филология, искусствоведение;

комплексное изучение человека, психология, педагогика;

социальные проблемы медицины и экологии человека.

3. На конкурс принимаются научные проекты следующих видов:

3.1. Исследовательские проекты, выполняемые небольшими научными коллективами белорусских и российских ученых;

3.2. Проекты организации белорусско-российских и российско-белорусских научных мероприятий (конференций, семинаров и т. д.) на территории Республики Беларусь и Российской Федерации;

3.3. Проекты организации совместных белорусско-российских научных экспедиций, полевых исследований, экспериментально-лабораторных и научно-реставрационных работ.

Заявки на конкурс подаются одновременно в БРФФИ и РГНФ в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в БРФФИ, российскими – в РГНФ.

В БРФФИ принимаются заявки ученых, проживающих в Республике Беларусь и работающих в организациях, являющихся резидентами Республики Беларусь. Заявки представляются на русском или белорусском языке.

Состав участников, наименование проекта, ключевые слова, основные формулировки в обоих вариантах заявки должны быть идентичными, а программа исследований – взаимно согласованной по срокам и содержанию. В программе исследований должно быть четко отражено, какие задачи выполняет белорусская сторона, какие – российская.

Одно и то же лицо с белорусской стороны может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2012 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в Фонд): одного общереспубликанского («Наука», «Наука М», «Ученый»), одного целевого республиканского «БРФФИ–Брест», «Наука (НАНБ-вузы)» и др.) и одного международного, включая конкурс «Наука МС», или одного республиканского любого вида и двух международных, включая конкурс «Наука МС». Проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 2012 г., не учитываются.

При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

Если при подаче заявки на конкурс 2012 г. обнаружится нарушение любого из вышеперечисленных ограничений, то эта заявка не будет допущена к конкурсу.

4. Конкурсный отбор проектов осуществляется в установленном порядке. По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обеих организациях, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ белорусских ученых осуществляется на основе договоров между Фондом и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета. В случае необходимости организации-исполнители белорусской и российской сторон заключают между собой Соглашение о защите и использовании прав интеллектуальной собственности (типовое соглашение находится в формах заявочных материалов).

Приветствуется доленое участие в финансировании работ организаций – исполнителей проектов, а также заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных исследований по конкретным научным направлениям.

Условия финансирования российских исполнителей проектов определяются правилами РГНФ.

5. Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке БРФФИ и РГНФ.

В итоговом и промежуточном отчетах по проекту, представляемых белорусскими исполнителями в БРФФИ, кратко должны быть отражены в отдельном разделе (главе, параграфе и т. п.) результаты, полученные учеными российской стороны и (или) совместно.

6. Гранты, по которым исполнители не заключили без уважительных причин договоры в течение двух месяцев со дня утверждения итогов конкурса, отменяются.

#### **Требования к проектам, представляемым на конкурс в БРФФИ**

7. На конкурс проектов вида 3.1 и 3.3 представляются проекты по приоритетным направлениям фундаментальных исследований, способные внести существенный вклад в расширение и углубление научных знаний, отличающиеся новизной в постановке и методах проведения исследований и имеющие большую научную и практическую значимость.

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

- актуальность тематики;
- соответствие целей, задач и тематики проектов приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также мировым тенденциям развития науки;
- наличие четко сформулированной и обоснованной идеи (гипотезы) проекта, степень ее оригинальности;
- научная значимость запланированных результатов и возможность их практической реализации в будущем:
  - в виде экспериментальных или опытных образцов, опытных партий или промышленных серий в различного вида производствах;
  - при выполнении заданий государственных научно-технических программ или программ Союзного государства Беларуси и России;
  - в изданиях учебников и других учебных материалов в системе образования;
  - в патентах на изобретения, подтверждающих предпосылку для практической реализации, в том числе и на производстве;
  - в заключении контрактов с зарубежными организациями на выполнение работ по результатам фундаментальных исследований и выполнении международных проектов;
  - в использовании результатов НИР в материалах государственных органов Республики Беларусь;
- соответствие программы исследования целям и задачам проекта, а также возможность достижения запланированных конечных результатов;
- научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;

- наличие необходимой материально-технической базы;
- результативность предыдущих проектов по Фонду, выполненных под руководством данного ученого.

Преимущество отдается проектам, направленным на решение актуальных научных проблем по приоритетным направлениям научно-технического и социально-экономического развития Республики Беларусь, а также проектам, в состав исполнителей которых входят представители региональных организаций и/или отраслевых НИИ и КБ.

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних трех лет.

9. Срок выполнения проекта вида 3.1, как правило, не должен превышать двух лет, а проекта вида 3.3 – одного года.

Дублирование плановой тематики не допускается.

Если в процессе конкурса исполнители получили по заявленной теме финансирование из другого источника, то они обязаны в месячный срок поставить Фонд об этом в известность. В противном случае заявка будет снята с конкурса (в случае получения гранта он будет отменен), а исполнители лишены права участвовать во всех конкурсах Фонда в течение 5 лет.

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах Фонда, а также получившие ранее поддержку других фондов и организаций Республики Беларусь, к участию в конкурсе «БРФФИ–РГНФ-2012» не допускаются.

10. Заявка на конкурс вносится по установленным формам в трех отдельно скрепленных экземплярах. В обязательном порядке представляется также электронный вариант заявочных материалов, сформированных в соответствии с инструкцией по составлению электронного варианта заявки.

Заявитель несет ответственность, вплоть до снятия проекта с конкурса, за соответствие электронного варианта заявки заявке на бумажном носителе.

Материалы заявки должны включать:

- титульный лист заявки (форма П1Р-Г);
- аннотацию (форма П2Р-Г);
- обоснование проекта (форма П3Р-Г), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены российским партнером белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – российской стороне, также приводится план работы партнера;
- научную биографию руководителя проекта с белорусской стороны (форма П4Р-Г);
- калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П5Р-Г) с расшифровкой статей затрат. Количество штатных единиц не должно

превышать пяти. Командировки планируются в пределах СНГ, затраты по соответствующей статье не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета Фонда по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой стоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей с белорусской стороны представляется также лист согласования расходов, ограничение на количество штатных единиц в этом случае сохраняется;

– перечень научных трудов руководителя проекта с белорусской стороны по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет на дату подачи заявки (форма ПБР-Г).

При представлении заявок на исследования, требующие использования дорогостоящей инфраструктуры (сложных приборов коллективного пользования и др.) и дорогостоящих образцов, добытых в рамках других программ и проектов (образцов горных пород, биологических образцов и препаратов и др.), авторам необходимо приложить письменное согласие руководителей соответствующих организаций на доступ к такой инфраструктуре и образцам.

Авторам предоставляется право указывать нежелательных экспертов (но не организации) по своему проекту. Информация об этом приводится на отдельном листе, который прилагается к материалам заявки.

Фонд воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета Фонда имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений, которые обязательны к исполнению руководителями проектов на стадии подготовки договоров на выполнение НИР.

К материалам заявки прилагаются в двух экземплярах копии опубликованных научных трудов по тематике проекта и/или в смежных областях (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

На конкурс проектов вида 3.2 представляются:

титульный лист заявки (форма ППР-Г) и материалы конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки республиканских и международных научных мероприятий на 2011–2012 годы (если научное мероприятие проводится в Республике Беларусь);

титульный лист заявки (форма ППР-Г) и материалы конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях на 2011–2012 годы (если научное мероприятие проводится в России).

### Сроки и условия участия в конкурсе

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются по 5 октября 2011 г. Для иногородних дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

К конкурсу не допускаются заявки, оформленные с отклонениями от правил или представленные после объявленного срока. Не допускаются последующие замены страниц и изменения в тексте поданного проекта.

Информация о поступлении в Фонд и регистрации заявок выдается авторам по их запросу.

12. Фонд сообщает только окончательные результаты конкурса, информируя руководителей проектов в течение месяца после его завершения и публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на сайте Фонда.

Апелляции на решения Научного совета и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая рецензии на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы белорусских ученых на конкурс направляются в исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу:

220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101,

тел. для справок:

294-93-36 (медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (аграрно-биологические науки, отдел зарубежных связей),

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

Условия конкурса и формы заявочных материалов могут быть скопированы на электронный носитель в исполнительной дирекции Фонда или с сайта Фонда <http://fond.bas-net.by> в разделе «Объявленные конкурсы».

УТВЕРЖДЕНЫ  
решением Научного совета БРФФИ  
от 08.04.2011 (протокол № 1)

## У С Л О В И Я

**совместного двустороннего межрегионального конкурса  
в приграничных Витебской, Могилевской, Псковской и Смоленской  
областях на проведение фундаментальных исследований  
по приоритетным для Российской Федерации и Республики Беларусь  
научным проблемам общественно-гуманитарного и экономического  
профиля «БРФФИ–РГНФ (ПР)-2012»**

### Общие положения

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ) и Российский гуманитарный научный фонд (РГНФ), в соответствии с заключенным между ними Соглашением о сотрудничестве, объявляют совместный двусторонний межрегиональный конкурс в приграничных Витебской, Могилевской, Псковской и Смоленской областях на проведение фундаментальных исследований по приоритетным для Российской Федерации и Республики Беларусь научным проблемам общественно-гуманитарного и экономического профиля «БРФФИ–РГНФ (ПР)-2012».

2. Конкурс проводится по следующим направлениям гуманитарных наук:  
история, археология, этнография;

экономика;

философия, социология, правоведение, политология, науковедение;

филология, искусствоведение;

комплексное изучение человека, психология, педагогика;

социальные проблемы медицины и экологии человека.

3. На конкурс принимаются научные проекты следующих видов:

3.1. Исследовательские проекты, выполняемые небольшими научными коллективами белорусских и российских ученых;

3.2. Проекты организации белорусско-российских и российско-белорусских научных мероприятий (конференций, семинаров и т. д.) на территории Республики Беларусь и Российской Федерации;

3.3. Проекты организации совместных белорусско-российских научных экспедиций, полевых исследований, экспериментально-лабораторных и научно-реставрационных работ.

Заявки на конкурс подаются одновременно в БРФФИ и РГНФ в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в БРФФИ, российскими – в РГНФ.

В БРФФИ принимаются заявки ученых, проживающих в Республике Беларусь и работающих в организациях, являющихся резидентами Республики Беларусь. Заявки представляются на русском или белорусском языке. В конкурсе обеспечивается приоритетное участие научных коллективов из Витебской, Могилевской, Псковской и Смоленской областей.

Состав участников, наименование проекта, ключевые слова, основные формулировки в обоих вариантах заявки должны быть идентичными, а программа исследований – взаимно согласованной по срокам и содержанию. В программе исследований должно быть четко отражено, какие задачи выполняет белорусская сторона, какие – российская.

Одно и то же лицо с белорусской стороны может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2012 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в Фонд): одного общереспубликанского («Наука», «Наука М», «Ученый»), одного целевого республиканского «БРФФИ–Брест», «Наука (НАНБ-вузы)» и др.) и одного международного, включая конкурс «Наука МС», или одного республиканского любого вида и двух международных, включая конкурс «Наука МС». Проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 2012 г., не учитываются.

При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

Если при подаче заявки на конкурс 2012 г. обнаружится нарушение любого из вышеперечисленных ограничений, то эта заявка не будет допущена к конкурсу.

4. Конкурсный отбор проектов осуществляется в установленном порядке. По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обеих организациях, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ белорусских ученых осуществляется на основе договоров между Фондом и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета. В случае необходимости организации-исполнители белорусской и российской сторон заключают между собой Соглашение о защите и использовании прав интеллектуальной собственности (типовое соглашение находится в формах заявочных материалов).

Приветствуется доленое участие в финансировании работ организаций – исполнителей проектов, а также заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных исследований по конкретным научным направлениям.

Условия финансирования российских исполнителей проектов определяются правилами РГНФ.

5. Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке БРФФИ и РГНФ.

В итоговом и промежуточном отчетах по проекту, представляемых белорусскими исполнителями в БРФФИ, кратко должны быть отражены в отдельном разделе (главе, параграфе и т. п.) результаты, полученные учеными российской стороны и (или) совместно.

6. Гранты, по которым исполнители не заключили без уважительных причин договоры в течение двух месяцев со дня утверждения итогов конкурса, отменяются.

### **Требования к проектам, представляемым на конкурс в БРФФИ**

7. На конкурс представляются проекты по приоритетным направлениям фундаментальных исследований, способные внести существенный вклад в расширение и углубление научных знаний, отличающиеся новизной в постановке и методах проведения исследований и имеющие большую научную и практическую значимость.

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

- актуальность тематики;
- соответствие целей, задач и тематики проектов приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также мировым тенденциям развития науки;
- наличие четко сформулированной и обоснованной идеи (гипотезы) проекта, степень ее оригинальности;
- научная значимость запланированных результатов и возможность их практической реализации в будущем:
  - в виде экспериментальных или опытных образцов, опытных партий или промышленных серий в различного вида производствах;
  - при выполнении заданий государственных научно-технических программ или программ Союзного государства Беларуси и России;
  - в издании учебников и других учебных материалов в системе образования;
  - в патентах на изобретения, подтверждающих предпосылку для практической реализации, в том числе и на производстве;
  - в заключении контрактов с зарубежными организациями на выполнение работ по результатам фундаментальных исследований и выполнении международных проектов;
  - в использовании результатов НИР в материалах государственных органов Республики Беларусь;
- соответствие программы исследования целям и задачам проекта, а также возможность достижения запланированных конечных результатов;
- научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;
- наличие необходимой материально-технической базы;
- результативность предыдущих проектов по Фонду, выполненных под руководством данного ученого.

Преимущество отдается проектам, направленным на решение актуальных научных проблем по приоритетным направлениям научно-технического и социально-экономического развития Республики Беларусь, а также проектам, в состав исполнителей которых входят представители региональных организаций и/или отраслевых НИИ и КБ.

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних трех лет.

9. Срок выполнения проекта вида 3.1, как правило, не должен превышать двух лет, а проекта вида 3.3 – одного года.

Дублирование плановой тематики не допускается.

Если в процессе конкурса исполнители получили по заявленной теме финансирование из другого источника, то они обязаны в месячный срок поставить Фонд об этом в известность. В противном случае заявка будет снята с конкурса (в случае получения гранта он будет отменен), а исполнители лишены права участвовать во всех конкурсах Фонда в течение 5 лет.

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах Фонда, а также получившие ранее поддержку других фондов и организаций Республики Беларусь, к участию в конкурсе «БРФФИ–РГНФ(ПР)-2012» не допускаются.

10. Заявка на конкурс вносится по установленным формам в трех отдельно скрепленных экземплярах. В обязательном порядке представляется также электронный вариант заявочных материалов, сформированных в соответствии с инструкцией по составлению электронного варианта заявки.

Заявитель несет ответственность, вплоть до снятия проекта с конкурса, за соответствие электронного варианта заявки заявке на бумажном носителе.

Материалы заявки должны включать:

- титульный лист заявки (форма П1РП-Г);
- аннотацию (форма П2РП-Г);
- обоснование проекта (форма П3РП-Г), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены российским партнером белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – российской стороне, также приводится план работы партнера;
- научную биографию руководителя проекта с белорусской стороны (форма П4РП-Г);
- калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П5РП-Г) с расшифровкой статей затрат. Количество штатных единиц не должно превышать пяти. Командировки планируются в пределах СНГ, затраты по соответствующей статье не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения

проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета Фонда по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой стоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей с белорусской стороны представляется также лист согласования расходов, ограничение на количество штатных единиц в этом случае сохраняется;

– перечень научных трудов руководителя проекта с белорусской стороны по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет на дату подачи заявки (форма ПБРП-Г).

При представлении заявок на исследования, требующие использования дорогостоящей инфраструктуры (сложных приборов коллективного пользования и др.) и дорогостоящих образцов, добытых в рамках других программ и проектов (образцов горных пород, биологических образцов и препаратов и др.), авторам необходимо приложить письменное согласие руководителей соответствующих организаций на доступ к такой инфраструктуре и образцам.

Авторам предоставляется право указывать нежелательных экспертов (но не организации) по своему проекту. Информация об этом приводится на отдельном листе, который прилагается к материалам заявки.

Фонд воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета Фонда имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений, которые обязательны к исполнению руководителями проектов на стадии подготовки договоров на выполнение НИР.

К материалам заявки прилагаются в двух экземплярах копии опубликованных научных трудов по тематике проекта и/или в смежных областях (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

На конкурс проектов вида 3.2 представляются:

титульный лист заявки (форма ППРП-Г) и материалы конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки республиканских и международных научных мероприятий на 2011–2012 годы (если научное мероприятие проводится в Республике Беларусь);

титульный лист заявки (форма ППРП-Г) и материалы конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях на 2011–2012 годы (если научное мероприятие проводится в России).

### **Сроки и условия участия в конкурсе**

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются по 5 октября 2011 г. Для иногородних дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

К конкурсу не допускаются заявки, оформленные с отклонениями от правил или представленные после объявленного срока. Не допускаются последующие замены страниц и изменения в тексте поданного проекта.

Информация о поступлении в Фонд и регистрации заявок выдается авторам по их запросу.

12. Фонд сообщает только окончательные результаты конкурса, информируя руководителей проектов в течение месяца после его завершения и публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на сайте Фонда.

Апелляции на решения Научного совета и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая рецензии на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы белорусских ученых на конкурс направляются в исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу:

220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101,

тел. для справок:

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-36 (медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (отдел международных связей, аграрно-биологические науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

Условия конкурса и формы заявочных материалов могут быть скопированы на электронный носитель в исполнительной дирекции Фонда или с сайта Фонда <http://fond.bas-net.by> в разделе «Объявленные конкурсы».

УТВЕРЖДЕНЫ

решением Научного совета БРФФИ

от 08.04.2011 (протокол № 1)

## У С Л О В И Я

**конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского фонда фундаментальных исследований «БРФФИ–РФФИ-2012»**

### Общие положения

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ) и Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ), в соответствии с заключенным между ними Соглашением о сотрудничестве, объявляют

конкурс совместных проектов фундаментальных исследований с целью консолидации усилий для финансирования научных исследований, выполняемых совместно учеными Республики Беларусь и Российской Федерации по актуальным для обеих сторон научным направлениям, в частности, для белорусской стороны – соответствующим перечню, утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585.

2. Конкурс проводится по следующим направлениям естественных наук:

- физика, математика и информатика (01);
- технические науки (02);
- химия и науки о Земле (03);
- медико-фармацевтические науки (04);
- аграрно-биологические науки (05);
- гуманитарные науки (06).

3. Заявки на конкурс подаются одновременно в БРФФИ и РФФИ в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в БРФФИ, российскими – в РФФИ.

В БРФФИ принимаются заявки ученых, проживающих в Республике Беларусь и работающих в организациях, являющихся резидентами Республики Беларусь. Заявки представляются на русском или белорусском языке.

Состав участников, наименование проекта, ключевые слова, основные формулировки в обоих вариантах заявки должны быть идентичными, а программа исследований – взаимно согласованной по срокам и содержанию. В программе исследований должно быть четко отражено, какие задачи выполняет белорусская сторона, какие – российская.

Одно и то же лицо с белорусской стороны может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2012 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в Фонд): одного общереспубликанского («Наука», «Наука М», «Ученый»), одного целевого республиканского «БРФФИ–Брест», «Наука (НАНБ-вузы)» и др.) и одного международного, включая конкурс «Наука МС», или одного республиканского любого вида и двух международных, включая конкурс «Наука МС». Проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 2012 г., не учитываются.

При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

Если при подаче заявки на конкурс 2012 г. обнаружится нарушение любого из вышеперечисленных ограничений, то эта заявка не будет допущена к конкурсу.

4. Конкурсный отбор проектов осуществляется в установленном порядке. По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обеих организациях, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ белорусских ученых осуществляется

на основе договоров между Фондом и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета. В случае необходимости организации-исполнители белорусской и российской сторон заключают между собой Соглашение о защите и использовании прав интеллектуальной собственности (типовое соглашение находится в формах заявочных материалов).

Приветствуется долевое участие в финансировании работ организаций – исполнителей проектов, а также заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных исследований по конкретным научным направлениям.

Условия финансирования российских исполнителей проектов определяются правилами РФФИ.

5. Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке БРФФИ и РФФИ.

В итоговом и промежуточном отчетах по проекту, представляемых белорусскими исполнителями в БРФФИ, кратко должны быть отражены в отдельном разделе (главе, параграфе и т. п.) результаты, полученные учеными российской стороны и (или) совместно.

6. Гранты, по которым исполнители не заключили без уважительных причин договоры в течение двух месяцев со дня утверждения итогов конкурса, отменяются.

### **Требования к проектам, представляемым на конкурс в БРФФИ**

7. На конкурс представляются проекты по приоритетным направлениям фундаментальных исследований, способные внести существенный вклад в расширение и углубление научных знаний, отличающиеся новизной в постановке и методах проведения исследований и имеющие большую научную и практическую значимость.

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

- актуальность тематики;
- соответствие целей, задач и тематики проектов приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также мировым тенденциям развития науки;

- наличие четко сформулированной и обоснованной идеи (гипотезы) проекта, степень ее оригинальности;

- научная значимость запланированных результатов и возможность их практической реализации в будущем:

- в виде экспериментальных или опытных образцов, опытных партий или промышленных серий в различного вида производствах;

- при выполнении заданий государственных научно-технических программ или программ Союзного государства Беларуси и России;

- в изданиях учебников и других учебных материалов в системе образования;

в патентах на изобретения, подтверждающих предпосылку для практической реализации, в том числе и на производстве;

в заключении контрактов с зарубежными организациями на выполнение работ по результатам фундаментальных исследований и выполнении международных проектов;

в использовании результатов НИР в материалах государственных органов Республики Беларусь;

– соответствие программы исследования целям и задачам проекта, а также возможность достижения запланированных конечных результатов;

– научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;

– наличие необходимой материально-технической базы;

– результативность предыдущих проектов по Фонду, выполненных под руководством данного ученого.

Преимущество отдается проектам, направленным на решение актуальных научных проблем по приоритетным направлениям научно-технического и социально-экономического развития Республики Беларусь, а также проектам, в состав исполнителей которых входят представители региональных организаций и/или отраслевых НИИ и КБ.

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних трех лет.

9. Срок выполнения проекта, как правило, не должен превышать двух лет.

Дублирование плановой тематики не допускается.

Если в процессе конкурса исполнители получили по заявленной теме финансирование из другого источника, то они обязаны в месячный срок поставить Фонд об этом в известность. В противном случае заявка будет снята с конкурса (в случае получения гранта он будет отменен), а исполнители лишены права участвовать во всех конкурсах Фонда в течение 5 лет.

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах Фонда, а также получившие ранее поддержку других фондов и организаций Республики Беларусь, к участию в конкурсе «БРФФИ–РФФИ-2012» не допускаются.

10. Заявка на конкурс вносится по установленным формам в трех отдельно скрепленных экземплярах. В обязательном порядке представляется также электронный вариант заявочных материалов, сформированных в соответствии с инструкцией по составлению электронного варианта заявки.

Заявитель несет ответственность, вплоть до снятия проекта с конкурса, за соответствие электронного варианта заявки заявке на бумажном носителе.

Материалы заявки должны включать:

– титульный лист заявки (форма П1Р);

– аннотацию (форма П2Р);

– обоснование проекта (форма ПЗР), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены российским партнером белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – российской стороне, также приводится план работы партнера;

– научную биографию руководителя проекта с белорусской стороны (форма П4Р);

– калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П5Р) с расшифровкой статей затрат. Количество штатных единиц не должно превышать пяти. Командировки планируются в пределах СНГ, затраты по соответствующей статье не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета Фонда по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой стоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей с белорусской стороны представляется также лист согласования расходов, ограничение на количество штатных единиц в этом случае сохраняется;

– перечень научных трудов руководителя проекта с белорусской стороны по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет на дату подачи заявки (форма П6Р).

При представлении заявок на исследования, требующие использования дорогостоящей инфраструктуры (сложных приборов коллективного пользования и др.) и дорогостоящих образцов, добытых в рамках других программ и проектов (образцов горных пород, биологических образцов и препаратов и др.), авторам необходимо приложить письменное согласие руководителей соответствующих организаций на доступ к такой инфраструктуре и образцам.

Авторам предоставляется право указывать нежелательных экспертов (но не организации) по своему проекту. Информация об этом приводится на отдельном листе, который прилагается к материалам заявки.

Фонд воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета Фонда имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений, которые обязательны к исполнению руководителями проектов на стадии подготовки договоров на выполнение НИР.

К материалам заявки прилагаются в двух экземплярах копии опубликованных научных трудов по тематике проекта и/или в смежных областях (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

### Сроки и условия участия в конкурсе

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются по 1 ноября 2011 г. Для иногородних дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

К конкурсу не допускаются заявки, оформленные с отклонениями от правил или представленные после объявленного срока. Не допускаются последующие замены страниц и изменения в тексте поданного проекта.

Информация о поступлении в Фонд и регистрации заявок выдается авторам по их запросу.

12. Фонд сообщает только окончательные результаты конкурса, информируя руководителей проектов в течение месяца после его завершения и публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на сайте Фонда.

Апелляции на решения Научного совета и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая рецензии на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы белорусских ученых на конкурс направляются в исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу:

220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101,

тел. для справок:

294-92-16 (физика, математика и информатика),

284-27-22 (технические науки),

294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (аграрно-биологические науки, отдел зарубежных связей),

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

Условия конкурса и формы заявочных материалов могут быть скопированы на электронный носитель в исполнительной дирекции Фонда или с сайта Фонда <http://fond.bas-net.by> в разделе «Объявленные конкурсы».

УТВЕРЖДЕНЫ  
решением Научного совета БРФФИ  
от 08.04.2011 (протокол № 1)

## У С Л О В И Я

### **объединенного республиканского конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований «Наука (НАНБ-вузы)-2012»**

#### **Общие положения**

1. С целью обеспечения условий для дальнейшей интеграции науки и образования, стимулирования подготовки научных кадров высшей квалификации для высших учебных заведений, вовлечения ученых вузов в научно-исследовательскую деятельность Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – Фонд) объявляет объединенный республиканский конкурс совместных научных проектов, выполняемых учеными НАН Беларуси и высших учебных заведений страны «Наука (НАНБ-вузы)-2012». Конкурс направлен на решение актуальных проблем по приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585.

2. Конкурс «Наука (НАНБ-вузы)-2012» проводится в следующих областях фундаментальных исследований:

- физика, математика и информатика (01);
- технические науки (02);
- химия и науки о Земле (03);
- медико-фармацевтические науки (04);
- аграрно-биологические науки (05);
- гуманитарные науки (06).

3. На конкурс принимаются только совместные заявки научных коллективов из НАН Беларуси и высших учебных заведений Республики Беларусь, в число исполнителей каждой стороны должно входить не менее двух человек.

Заявки представляются на русском или белорусском языке.

4. По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов фундаментальных и поисковых исследований, прошедших отбор в экспертных советах и секциях Научного совета Фонда на основе заключений независимых экспертов и принятых к финансированию Научным советом Фонда.

Одно и то же лицо может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2012 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в Фонд): одного общереспубликанского («Наука», «Наука М», «Ученый»), одного целевого республиканского («Наука (НАНБ-вузы)», «БРФФИ–Брест» и др.) и одного

международного, включая конкурс «Наука МС», или одного республиканского любого вида и двух международных, включая конкурс «Наука МС». Проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 2012 г., не учитываются.

При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

Если при подаче заявки на конкурс 2012 г. обнаружится нарушение любого из вышеперечисленных ограничений, то эта заявка не будет допущена к конкурсу.

5. Финансирование работ по проектам осуществляется на основе договоров между Фондом и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета. Приветствуется доленое участие в финансировании работ организаций – исполнителей проектов, а также заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных исследований по конкретным научным направлениям.

Необходимым условием предоставления Фондом грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке Фонда.

6. Гранты Фонда, по которым исполнители не заключили без уважительных причин договоры в течение двух месяцев со дня объявления итогов конкурса, отменяются.

#### **Требования к проектам, представляемым на конкурс**

7. На конкурс представляются проекты по приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований, способные внести существенный вклад в расширение и углубление научных знаний, отличающиеся новизной в постановке и методах проведения исследований и имеющие большую научную и практическую значимость.

8. При рассмотрении проектов оценивается:

- актуальность тематики;
- соответствие целей, задач и тематики проектов приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также мировым тенденциям развития науки;

- наличие четко сформулированной и обоснованной идеи (гипотезы) проекта, степень ее оригинальности;

- научная значимость запланированных результатов и возможность их практической реализации:

- в виде экспериментальных образцов, прошедших испытания в производственных условиях, опытных образцов, опытных партий или промышленных серий в различного вида производствах;

- при выполнении заданий государственных научно-технических программ или программ Союзного государства Беларуси и России;

- в издании учебников и других учебных материалов в системе образования;

в патентах на изобретения, подтверждающих предпосылку для практической реализации, в том числе и на производстве;

в заключении контрактов с зарубежными организациями на выполнение работ по результатам фундаментальных исследований и выполнении международных проектов;

в использовании результатов НИР в материалах государственных органов Республики Беларусь;

– соответствие программы исследования целям и задачам проекта, а также возможность достижения ожидаемых конечных результатов;

– научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;

– наличие необходимой материально-технической базы;

– результативность предыдущих проектов по Фонду, выполненных под руководством данного ученого.

Преимущество отдается проектам, направленным на решение актуальных научных проблем по приоритетным направлениям научно-технического и социально-экономического развития Республики Беларусь, а также проектам, в состав исполнителей которых входят представители региональных научных организаций и высших учебных заведений.

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних трех лет.

9. Срок выполнения проекта, как правило, не должен превышать двух лет.

Дублирование плановой тематики не допускается.

Если в процессе конкурса исполнители получили по заявленной теме финансирование из другого источника, то они обязаны в месячный срок поставить Фонд об этом в известность. В противном случае заявка будет снята с конкурса (в случае получения гранта, он будет отменен), а исполнители лишены права участвовать во всех конкурсах Фонда в течение 5 лет.

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах Фонда, а также получившие ранее поддержку других фондов и организаций Республики Беларусь, к участию в конкурсе «Наука (НАНБ-вузы)-2012» не допускаются.

10. Заявка на конкурс вносится по установленным формам в трех отдельно скрепленных экземплярах. В обязательном порядке представляется также электронный вариант заявочных материалов, сформированных в соответствии с инструкцией по составлению электронного варианта заявки. Заявитель несет ответственность, вплоть до снятия проекта с конкурса, за соответствие электронного варианта заявки заявке на бумажном носителе.

Материалы заявки должны включать:

– титульный лист заявки (форма ПШоб). Если заявка подается из НАН Беларуси, то в число организаций-соисполнителей обязательно должен входить вуз; если заявка подается из вуза, то в число организаций-соисполнителей обязательно должна входить организация НАН Беларуси;

- аннотацию (форма П2об);
- обоснование проекта (форма П3об);
- научную биографию руководителя проекта (форма П4об);
- калькуляцию сметной стоимости проекта (форма П5об) с расшифровкой статей затрат, при этом количество штатных единиц не должно превышать шести. Командировки планируются в пределах СНГ, затраты по соответствующей статье не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета Фонда по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой себестоимости проекта. Представляется также лист согласования расходов между организацией-заявителем и организацией-соисполнителем проекта;
- перечень научных трудов руководителя проекта по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет на дату подачи заявки (форма П6об).

При представлении заявок на исследование, требующие использования дорогостоящей инфраструктуры (сложных приборов коллективного пользования и др.) и дорогостоящих образцов, добытых в рамках других программ и проектов (образцов горных пород, биологических образцов и препаратов и др.), авторам необходимо приложить письменное согласие руководителей соответствующих организаций на доступ к такой инфраструктуре и образцам.

Авторам предоставляется право указывать нежелательных экспертов (но не организации) по своему проекту. Информация об этом приводится на отдельном листе, который прилагается к материалам заявки.

Фонд воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции научного совета Фонда имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений, которые обязательны к исполнению руководителями проектов на стадии подготовки договоров на выполнение НИР.

К материалам заявки прилагаются в двух экземплярах копии опубликованных научных трудов по тематике проекта (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

#### **Сроки и условия участия в конкурсе**

11. Заявки на конкурс представляются по 15 ноября 2011 г. Для иногородних дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

Заявки, оформленные с отклонениями от правил или представленные после объявленного срока, к конкурсу не допускаются. Не допускаются последующие замены страниц и изменения в тексте поданного проекта.

Информация о поступлении в Фонд и регистрации заявок выдается авторам по их запросу.

12. Фонд сообщает только окончательные результаты конкурса, информируя руководителей проектов, получивших гранты, в течение месяца после его завершения и публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на сайте Фонда.

Апелляции на решения Научного совета и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая рецензии на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы направляются в исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу:

220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101,

тел. для справок:

294-92-16 (физика, математика и информатика),

284-27-22 (технические науки),

294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (аграрно-биологические науки),

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

Условия конкурса и формы заявочных материалов могут быть скопированы на электронный носитель в исполнительной дирекции Фонда или с сайта Фонда <http://fond.bas-net.by> в разделе «Объявленные конкурсы».

УТВЕРЖДЕНЫ

решением Научного совета БРФФИ

от 08.04.2011 (протокол № 1)

## У С Л О В И Я

### конкурса совместных научных проектов

### Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Румынской академии «БРФФИ–РА-2012»

#### Общие положения

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ) и Румынская академия (РА), в соответствии с заключенным между ними Соглашением о сотрудничестве, объявляют конкурс совместных проектов фундаментальных исследований с целью консолидации усилий для финансирования актуальных научных исследований, выполняемых совместно учеными Республики Беларусь и Румынии по актуальным для обеих сторон научным

направлениям, в частности, для белорусской стороны – соответствующим перечню, утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585.

2. Конкурс проводится в следующих областях фундаментальных исследований:

- физика, математика и информатика (01);
- технические науки (02);
- химия и науки о Земле (03);
- медико-фармацевтические науки (04);
- аграрно-биологические науки (05);
- гуманитарные науки (06).

3. На конкурс принимаются научные проекты следующих видов:

3.1. Исследовательские проекты, выполняемые небольшими научными коллективами белорусских и румынских ученых;

3.2. Проекты организации белорусско-румынских и румынско-белорусских научных мероприятий (конференций, семинаров и т. д.) на территории Республики Беларусь и Румынии;

3.3. Проекты организации совместных белорусско-румынских научных экспедиций, полевых исследований, экспериментально-лабораторных и научно-реставрационных работ.

Заявки на конкурс подаются одновременно в БРФФИ и РА в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в БРФФИ, румынскими – в РА.

В БРФФИ принимаются заявки ученых, проживающих в Республике Беларусь и работающих в организациях, являющихся резидентами Республики Беларусь. Заявки представляются на русском (белорусском) и английском языках.

Состав участников, наименование проекта, ключевые слова, основные формулировки в обоих вариантах заявки должны быть идентичными, а программа исследований – взаимно согласованной по срокам и содержанию. В программе исследований должно быть четко отражено, какие задачи выполняет белорусская сторона, какие – румынская.

Одно и то же лицо с белорусской стороны может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2012 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в Фонд): одного общереспубликанского («Наука», «Наука М», «Ученый»), одного целевого республиканского «БРФФИ–Брест», «Наука (НАНБ-вузы)» и др.) и одного международного, включая конкурс «Наука МС», или одного республиканского любого вида и двух международных, включая конкурс «Наука МС». Проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 2012 г., не учитываются.

При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

Если при подаче заявки на конкурс 2012 г. обнаружится нарушение любого из вышеперечисленных ограничений, то эта заявка не будет допущена к конкурсу.

4. Конкурсный отбор проектов проводится в установленном порядке. По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обеих организациях, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ белорусских ученых осуществляется на основе договоров между Фондом и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета. В случае необходимости организации-исполнители белорусской и румынской сторон заключают между собой Соглашение о защите и использовании прав интеллектуальной собственности (типовое соглашение находится в формах заявочных материалов).

Приветствуется доленое участие в финансировании работ организаций – исполнителей проектов, а также заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных исследований по конкретным научным направлениям.

Условия финансирования румынских исполнителей проектов определяются правилами РА.

5. Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке БРФФИ и РА.

В итоговом и промежуточном отчетах по проекту, представляемых белорусскими исполнителями в БРФФИ, кратко должны быть отражены в отдельном разделе (главе, параграфе и т. п.) результаты, полученные учеными румынской стороны и (или) совместно.

6. Гранты, по которым исполнители не заключили без уважительных причин договоры в течение двух месяцев со дня утверждения итогов конкурса, отменяются.

#### **Требования к проектам, представляемым на конкурс в БРФФИ**

7. На конкурс проектов вида 3.1 и 3.3 представляются проекты по приоритетным направлениям фундаментальных исследований, способные внести существенный вклад в расширение и углубление научных знаний, отличающиеся новизной в постановке и методах проведения исследований и имеющие большую научную и практическую значимость.

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

- актуальность тематики;
- соответствие целей, задач и тематики проектов приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также мировым тенденциям развития науки;
- наличие четко сформулированной и обоснованной идеи (гипотезы) проекта, степень ее оригинальности;

– научная значимость запланированных результатов и возможность их практической реализации в будущем:

в виде экспериментальных или опытных образцов, опытных партий или промышленных серий в различного вида производствах;

при выполнении заданий государственных научно-технических программ или программ Союзного государства Беларуси и России;

в издании учебников и других учебных материалов в системе образования;

в патентах на изобретения, подтверждающих предпосылку для практической реализации, в том числе и на производстве;

в заключении контрактов с зарубежными организациями на выполнение работ по результатам фундаментальных исследований и выполнении международных проектов;

в использовании результатов НИР в материалах государственных органов Республики Беларусь;

– соответствие программы исследования целям и задачам проекта, а также возможность достижения запланированных конечных результатов;

– научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;

– наличие необходимой материально-технической базы;

– результативность предыдущих проектов по Фонду, выполненных под руководством данного ученого.

Преимущество отдается проектам, направленным на решение актуальных научных проблем по приоритетным направлениям научно-технического и социально-экономического развития Республики Беларусь, а также проектам, в состав исполнителей которых входят представители региональных организаций и/или отраслевых НИИ и КБ.

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних трех лет.

9. Срок выполнения проекта вида 3.1, как правило, не должен превышать двух лет, а проекта вида 3.3 – одного года.

Дублирование плановой тематики не допускается.

Если в процессе конкурса исполнители получили по заявленной теме финансирование из другого источника, то они обязаны в месячный срок поставить Фонд об этом в известность. В противном случае заявка будет снята с конкурса (в случае получения гранта он будет отменен), а исполнители лишены права участвовать во всех конкурсах Фонда в течение 5 лет.

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах Фонда, а также получившие ранее поддержку других фондов и организаций Республики Беларусь, к участию в конкурсе «БРФФИ–РА-2012» не допускаются.

10. Заявка на конкурс вносится по установленным формам в четырех отдельно скрепленных экземплярах (на русском языке – 3 экз., на английском языке – 1 экз.). В обязательном порядке представляется также электронный вариант заявочных материалов, сформированных в соответствии с инструкцией по составлению электронного варианта заявки.

Заявитель несет ответственность, вплоть до снятия проекта с конкурса, за соответствие электронного варианта заявки заявке на бумажном носителе.

Материалы заявки должны включать:

- титульный лист заявки (форма П1Рум);
- аннотацию (форма П2Рум);
- обоснование проекта (форма П3Рум), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены румынским партнером белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – румынской стороне, также приводится план работы партнера;

- научную биографию руководителя проекта с белорусской стороны (форма П4Рум);

- калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П5Рум) с расшифровкой статей затрат. Количество штатных единиц не должно превышать пяти. Затраты по статье «Научно-производственные командировки» не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Зарубежные командировки (кроме СНГ) планируются только в организацию, где работает зарубежный партнер. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета Фонда по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой стоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей с белорусской стороны представляется также лист согласования расходов, ограничение на количество штатных единиц в этом случае сохраняется;

- перечень научных трудов руководителя проекта с белорусской стороны по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет на дату подачи заявки (форма П6Рум).

При представлении заявок на исследования, требующие использования дорогостоящей инфраструктуры (сложных приборов коллективного пользования и др.) и дорогостоящих образцов, добытых в рамках других программ и проектов (образцов горных пород, биологических образцов и препаратов и др.), авторам необходимо приложить письменное согласие руководителей соответствующих организаций на доступ к такой инфраструктуре и образцам.

Авторам предоставляется право указывать нежелательных экспертов (но не организации) по своему проекту. Информация об этом приводится на отдельном листе, который прилагается к материалам заявки.

Фонд воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета Фонда имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений, которые обязательны к исполнению руководителями проектов на стадии подготовки договоров на выполнение НИР.

К материалам заявки прилагаются в двух экземплярах копии опубликованных научных трудов по тематике проекта и/или в смежных областях (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

На конкурс проектов вида 3.2 представляются:

титульный лист заявки (форма ППРум) и материалы конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки республиканских и международных научных мероприятий на 2011–2012 годы (если научное мероприятие проводится в Республике Беларусь);

титульный лист заявки (форма ППРум) и материалы конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях на 2011–2012 годы (если научное мероприятие проводится в Румынии).

### **Сроки и условия участия в конкурсе**

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются по 15 ноября 2011 г. Для иногородних дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

К конкурсу не допускаются заявки, оформленные с отклонениями от правил или представленные после объявленного срока. Не допускаются последующие замены страниц и изменения в тексте поданного проекта.

Информация о поступлении в Фонд и регистрации заявок выдается авторам по их запросу.

12. Фонд сообщает только окончательные результаты конкурса, информируя руководителей проектов в течение месяца после его завершения и публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на сайте Фонда.

Апелляции на решения Научного совета и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая рецензии на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы белорусских ученых на конкурс направляются в исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу:

220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101,

тел. для справок:

294-92-16 (физика, математика и информатика),

284-27-22 (технические науки),

294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (аграрно-биологические науки, отдел зарубежных связей),

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

Условия конкурса и формы заявочных материалов могут быть скопированы на электронный носитель в исполнительной дирекции Фонда или с сайта Фонда <http://fond.bas-net.by> в разделе «Объявленные конкурсы».

УТВЕРЖДЕНЫ

решением Научного совета БРФФИ  
от 08.04.2011 (протокол № 1)

## У С Л О В И Я

### **совместного тематического конкурса исследовательских проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Объединенного института ядерных исследований «БРФФИ–ОИЯИ-2012»**

#### **Общие положения**

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ) и Объединенный институт ядерных исследований в г. Дубна (ОИЯИ), в соответствии с заключенным между ними Меморандумом о взаимодействии, объявляют совместный тематический конкурс исследовательских проектов «БРФФИ–ОИЯИ-2012».

2. Конкурс проводится по следующим научным направлениям:

– физика микромира,

– физика атомного ядра,

– физика элементарных частиц,

– теоретическая физика,

– изучение физики конденсированного состояния ядерно-физическими методами.

3. Заявки на конкурс подаются одновременно в БРФФИ и ОИЯИ в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в БРФФИ, дубненскими – в ОИЯИ.

В БРФФИ принимаются заявки ученых, проживающих в Республике Беларусь и работающих в организациях, являющихся резидентами Республики Беларусь. Заявки представляются на русском или белорусском языке.

Состав участников, наименование проекта, ключевые слова, основные формулировки в обоих вариантах заявки должны быть идентичными, а программа исследований – взаимно согласованной по срокам и содержанию. Число участников с каждой стороны не должно превышать пяти человек, при этом в составе каждого коллектива должно быть не менее одного молодого ученого в возрасте до 35 лет на 1 января 2012 г.

В программе исследований должно быть четко отражено, какие задачи выполняет белорусская сторона, какие – дубненская.

Одно и то же лицо с белорусской стороны может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2012 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в Фонд): одного общереспубликанского («Наука», «Наука М», «Ученый»), одного целевого республиканского «БРФФИ–Брест», «Наука (НАНБ-вузы)» и др.) и одного международного, включая конкурс «Наука МС», или одного республиканского любого вида и двух международных, включая конкурс «Наука МС». Проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 2012 г., не учитываются.

При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

Если при подаче заявки на конкурс 2012 г. обнаружится нарушение любого из вышеперечисленных ограничений, то эта заявка не будет допущена к конкурсу.

4. Конкурсный отбор проектов проводится в установленном порядке. По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обеих организациях, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ белорусских ученых осуществляется на основе договоров между Фондом и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета. В случае необходимости организация-исполнитель белорусской стороны и ОИЯИ заключают между собой Соглашение о защите и использовании прав интеллектуальной собственности (типовое соглашение находится в формах заявочных материалов).

Приветствуется долевое участие в финансировании работ организаций – исполнителей проектов, а также заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных исследований по конкретным научным направлениям.

Условия финансирования дубненских исполнителей проектов определяются правилами ОИЯИ.

5. Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке БРФФИ и ОИЯИ.

В итоговом и промежуточном отчетах по проекту, представляемых белорусскими исполнителями в БРФФИ, кратко должны быть отражены в отдельном разделе (главе, параграфе и т. п.) результаты, полученные учеными дубненской стороны и (или) совместно.

6. Гранты, по которым исполнители не заключили без уважительных причин договоры в течение двух месяцев со дня утверждения итогов конкурса, отменяются.

### **Требования к проектам, представляемым на конкурс в БРФФИ**

7. На конкурс представляются проекты по приоритетным направлениям фундаментальных исследований, способные внести существенный вклад в расширение и углубление научных знаний, отличающиеся новизной в постановке и методах проведения исследований и имеющие большую научную и практическую значимость.

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

- актуальность тематики;
- соответствие целей, задач и тематики проектов приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также мировым тенденциям развития науки;
- наличие четко сформулированной и обоснованной идеи (гипотезы) проекта, степень ее оригинальности;
- научная значимость запланированных результатов и возможность их практической реализации в будущем:
  - в виде экспериментальных или опытных образцов, опытных партий или промышленных серий в различного вида производствах;
  - при выполнении заданий государственных научно-технических программ или программ Союзного государства Беларуси и России;
  - в издании учебников и других учебных материалов в системе образования;
  - в патентах на изобретения, подтверждающих предпосылку для практической реализации, в том числе и на производстве;
  - в заключении контрактов с зарубежными организациями на выполнение разработок по результатам фундаментальных исследований и выполнении международных проектов;
  - в использовании результатов НИР в материалах государственных органов Республики Беларусь;
- соответствие программы исследования целям и задачам проекта, а также возможность достижения запланированных конечных результатов;
- научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;
- наличие необходимой материально-технической базы;
- результативность предыдущих проектов по Фонду, выполненных под руководством данного ученого.

Преимущество отдается проектам, направленным на решение актуальных научных проблем по приоритетным направлениям научно-технического и социально-экономического развития Республики Беларусь, а также проектам, в состав исполнителей которых входят представители региональных организаций и/или отраслевых НИИ и КБ.

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних трех лет.

9. Срок выполнения проекта, как правило, не должен превышать двух лет.

Дублирование плановой тематики не допускается.

Если в процессе конкурса исполнители получили по заявленной теме финансирование из другого источника, то они обязаны в месячный срок поставить Фонд об этом в известность. В противном случае заявка будет снята с конкурса (в случае получения гранта он будет отменен), а исполнители лишены права участвовать во всех конкурсах Фонда в течение 5 лет.

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах Фонда, а также получившие ранее поддержку других фондов и организаций Республики Беларусь, к участию в конкурсе «БРФФИ–ОИЯИ-2012» не допускаются.

10. Заявка на конкурс вносится по установленным формам в трех отдельно скрепленных экземплярах. В обязательном порядке представляется также электронный вариант заявочных материалов, сформированных в соответствии с инструкцией по составлению электронного варианта заявки.

Заявитель несет ответственность, вплоть до снятия проекта с конкурса, за соответствие электронного варианта заявки заявке на бумажном носителе.

Материалы заявки должны включать:

– титульный лист заявки (форма П1Д);

– аннотацию (форма П2Д);

– обоснование проекта (форма П3Д), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены дубненским партнером белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – дубненской стороне, также приводится план работы партнера;

– научную биографию руководителя проекта с белорусской стороны (форма П4Д);

– калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П5Д) с расшифровкой статей затрат. Количество штатных единиц не должно превышать пяти. Командировки планируются в пределах СНГ, затраты по соответствующей статье не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета Фонда по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой стоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей с белорусской стороны представляется также лист согласования расходов, ограничение на количество штатных единиц в этом случае сохраняется;

– перечень научных трудов руководителя проекта с белорусской стороны по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет на дату подачи заявки (форма П6Д).

При представлении заявок на исследования, требующие использования дорогостоящей инфраструктуры (сложных приборов коллективного пользования и др.) и дорогостоящих образцов, добытых в рамках других программ и проектов (образцов горных пород, биологических образцов и препаратов и др.), авторам необходимо приложить письменное согласие руководителей соответствующих организаций на доступ к такой инфраструктуре и образцам.

Авторам предоставляется право указывать нежелательных экспертов (но не организаций) по своему проекту. Информация об этом приводится на отдельном листе, который прилагается к материалам заявки.

Фонд воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета Фонда имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений, которые обязательны к исполнению руководителями проектов на стадии подготовки договоров на выполнение НИР.

К материалам заявки прилагаются в двух экземплярах копии опубликованных научных трудов по тематике проекта и/или в смежных областях (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

### **Сроки и условия участия в конкурсе**

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются по 1 декабря 2011 г. Для иногородних дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

К конкурсу не допускаются заявки, оформленные с отклонениями от правил или представленные после объявленного срока. Не допускаются последующие замены страниц и изменения в тексте поданного проекта.

Информация о поступлении в Фонд и регистрации заявок выдается авторам по их запросу.

12. Фонд сообщает только окончательные результаты конкурса, информируя руководителей проектов в течение месяца после его завершения и публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на сайте Фонда.

Апелляции на решения Научного совета и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая рецензии на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы белорусских ученых на конкурс направляются в исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу:

220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101,  
тел. для справок:  
294-92-16 (физика, математика и информатика),  
284-27-22 (технические науки),  
294-93-36 (химия и науки о Земле),  
294-92-17 (отдел зарубежных связей),  
294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

Условия конкурса и формы заявочных материалов могут быть скопированы на электронный носитель в исполнительную дирекцию Фонда или с сайта Фонда <http://fond.bas-net.by> в разделе «Объявленные конкурсы».

УТВЕРЖДЕНЫ

решением Научного совета БРФФИ  
от 08.04.2011 (протокол № 1)

## У С Л О В И Я

### **конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Научно-технологического фонда Монголии «БРФФИ–НТФМ-2012»**

#### **Общие положения**

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ) и Научно-технологический фонд Монголии (НТФМ), в соответствии с заключенным между ними Соглашением о сотрудничестве, объявляют конкурс совместных научных проектов «БРФФИ–НТФМ-2012» с целью консолидации усилий для финансирования фундаментальных научных исследований, выполняемых совместно учеными Республики Беларусь и Монголии по актуальным для обеих сторон научным направлениям, в частности, для белорусской стороны – соответствующим перечню, утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585.

2. Конкурс проводится в следующих областях фундаментальных исследований:

- физика, математика и информатика (01);
- технические науки (02);
- химия и науки о Земле (03);
- медико-фармацевтические науки (04);
- аграрно-биологические науки (05);
- гуманитарные науки (06).

3. На конкурс принимаются научные проекты следующих видов:

3.1. Исследовательские проекты, выполняемые небольшими научными коллективами белорусских и монгольских ученых;

3.2. Проекты организации белорусско-монгольских и монгольско-белорусских научных мероприятий (конференций, семинаров и т. д.) на территории Республики Беларусь и Монголии;

3.3. Проекты организации совместных белорусско-монгольских научных экспедиций, полевых исследований, экспериментально-лабораторных и научно-реставрационных работ.

Заявки на конкурс подаются одновременно в БРФФИ и НТФМ в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в БРФФИ, монгольскими – в НТФМ.

В БРФФИ принимаются заявки ученых, проживающих в Республике Беларусь и работающих в организациях, являющихся резидентами Республики Беларусь. Заявки представляются на русском (белорусском) и английском языках.

Состав участников, наименование проекта, ключевые слова, основные формулировки в обоих вариантах заявки должны быть идентичными, а программа исследований – взаимно согласованной по срокам и содержанию. В программе исследований должно быть четко отражено, какие задачи выполняет белорусская сторона, какие – монгольская.

Конкурсный отбор проектов осуществляется в установленном порядке.

Одно и то же лицо с белорусской стороны может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2012 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в Фонд): одного общереспубликанского («Наука», «Наука М», «Ученый»), одного целевого республиканского «БРФФИ–Брест», «Наука (НАНБ-вузы)» и др.) и одного международного, включая конкурс «Наука МС», или одного республиканского любого вида и двух международных, включая конкурс «Наука МС». Проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 2012 г., не учитываются.

При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

Если при подаче заявки на конкурс 2012 г. обнаружится нарушение любого из вышеперечисленных ограничений, то эта заявка не будет допущена к конкурсу.

4. По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обеих организациях, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ белорусских ученых осуществляется на основе договоров между Фондом и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета. В случае необходимости организации-исполнители белорусской и монгольской сторон заключают между собой Соглашение о защите и использовании прав интеллектуальной собственности (типовое соглашение находится в формах заявочных материалов).

Приветствуется доленое участие в финансировании работ организаций – исполнителей проектов, а также заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных исследований по конкретным научным направлениям.

Условия финансирования монгольских исполнителей проектов определяются правилами НТФМ.

5. Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке БРФФИ и НТФМ.

В итоговом и промежуточном отчетах по проекту, представляемых белорусскими исполнителями в БРФФИ, кратко должны быть отражены в отдельном разделе (главе, параграфе и т. п.) результаты, полученные учеными монгольской стороны и (или) совместно.

6. Гранты, по которым исполнители не заключили без уважительных причин договоры в течение двух месяцев со дня утверждения итогов конкурса, отменяются.

#### **Требования к проектам, представляемым на конкурс в БРФФИ**

7. На конкурс проектов вида 3.1 и 3.3 представляются проекты по приоритетным направлениям фундаментальных исследований, способные внести существенный вклад в расширение и углубление научных знаний, отличающиеся новизной в постановке и методах проведения исследований и имеющие большую научную и практическую значимость.

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

- актуальность тематики;
- соответствие целей, задач и тематики проектов приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также мировым тенденциям развития науки;
- наличие четко сформулированной и обоснованной идеи (гипотезы) проекта, степень ее оригинальности;
- научная значимость запланированных результатов и возможность их практической реализации в будущем:
  - в виде экспериментальных или опытных образцов, опытных партий или промышленных серий в различного вида производствах;
  - при выполнении заданий государственных научно-технических программ или программ Союзного государства Беларуси и России;
  - в издании учебников и других учебных материалов в системе образования;
  - в патентах на изобретения, подтверждающих предпосылку для практической реализации, в том числе и на производстве;
  - в заключении контрактов с зарубежными организациями на выполнение работ по результатам фундаментальных исследований и выполнении международных проектов;

в использовании результатов НИР в материалах государственных органов Республики Беларусь;

- соответствие программы исследования целям и задачам проекта, а также возможность достижения запланированных конечных результатов;
- научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;
- наличие необходимой материально-технической базы;
- результативность предыдущих проектов по Фонду, выполненных под руководством данного ученого.

Преимущество отдается проектам, направленным на решение актуальных научных проблем по приоритетным направлениям научно-технического и социально-экономического развития Республики Беларусь, а также проектам, в состав исполнителей которых входят представители региональных организаций и/или отраслевых НИИ и КБ.

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних трех лет.

9. Срок выполнения проекта вида 3.1, как правило, не должен превышать двух лет, а проекта вида 3.3 – одного года.

Дублирование плановой тематики не допускается.

Если в процессе конкурса исполнители получили по заявленной теме финансирование из другого источника, то они обязаны в месячный срок поставить Фонд об этом в известность. В противном случае заявка будет снята с конкурса (в случае получения гранта он будет отменен), а исполнители лишены права участвовать во всех конкурсах Фонда в течение 5 лет.

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах Фонда, а также получившие ранее поддержку других фондов и организаций Республики Беларусь, к участию в конкурсе «БРФФИ–НТФМ-2012» не допускаются.

10. Заявка на конкурс вносится по установленным формам в четырех отдельно скрепленных экземплярах (на русском языке – 3 экз., на английском языке – 1 экз.). В обязательном порядке представляется также электронный вариант заявочных материалов, сформированных в соответствии с инструкцией по составлению электронного варианта заявки.

Заявитель несет ответственность, вплоть до снятия проекта с конкурса, за соответствие электронного варианта заявки заявке на бумажном носителе.

Материалы заявки должны включать:

- титульный лист заявки (форма П1Мн);
- аннотацию (форма П2Мн);
- обоснование проекта (форма П3Мн), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены монгольским партнером

белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – монгольской стороне, также приводится план работы партнера;

– научную биографию руководителя проекта с белорусской стороны (форма П4Мн);

– калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П5Мн) с расшифровкой статей затрат. Количество штатных единиц не должно превышать пяти. Затраты по статье «Научно-производственные командировки» не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Зарубежные командировки (кроме СНГ) планируются только в организацию, где работает зарубежный партнер. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета Фонда по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой стоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей с белорусской стороны представляется также лист согласования расходов, ограничение на количество штатных единиц в этом случае сохраняется;

– перечень научных трудов руководителя проекта с белорусской стороны по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет на дату подачи заявки (форма П6Мн).

При представлении заявок на исследования, требующие использования дорогостоящей инфраструктуры (сложных приборов коллективного пользования и др.) и дорогостоящих образцов, добытых в рамках других программ и проектов (образцов горных пород, биологических образцов и препаратов и др.), авторам необходимо приложить письменное согласие руководителей соответствующих организаций на доступ к такой инфраструктуре и образцам.

Авторам предоставляется право указывать нежелательных экспертов (но не организации) по своему проекту. Информация об этом приводится на отдельном листе, который прилагается к материалам заявки.

Фонд воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета Фонда имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений, которые обязательны к исполнению руководителями проектов на стадии подготовки договоров на выполнение НИР.

К материалам заявки прилагаются в двух экземплярах копии опубликованных научных трудов по тематике проекта и/или в смежных областях (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

На конкурс проектов вида 3.2 представляются:

титульный лист заявки (форма П1Мн) и материалы конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки республиканских и международных научных мероприятий на 2011–2012 годы (если научное мероприятие проводится в Республике Беларусь);

титульный лист заявки (форма П1Мн) и материалы конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях на 2011–2012 годы (если научное мероприятие проводится в Монголии).

### Сроки и условия участия в конкурсе

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются по 1 декабря 2011 г. Для иностранных дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

К конкурсу не допускаются заявки, оформленные с отклонениями от правил или представленные после объявленного срока. Не допускаются последующие замены страниц и изменения в тексте поданного проекта.

Информация о поступлении в Фонд и регистрации заявок выдается авторам по их запросу.

12. Фонд сообщает только окончательные результаты конкурса, информируя руководителей проектов в течение месяца после его завершения и публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на сайте Фонда.

Апелляции на решения Научного совета и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая рецензии на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы на конкурс направляются в исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу:

220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101,

тел. для справок:

294-92-16 (физика, математика и информатика),

284-27-22 (технические науки),

294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (аграрно-биологические науки),

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

Условия конкурса и формы заявочных материалов могут быть скопированы на электронный носитель в исполнительной дирекции Фонда или с сайта Фонда <http://fond.bas-net.by> в разделе «Объявленные конкурсы».

УТВЕРЖДЕНЫ  
решением Научного совета БРФФИ  
от 08.04.2011 (протокол № 1)

## У С Л О В И Я

### **конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на соискание грантов финансовой поддержки ученых – авторов монографий для их издания на 2011–2012 годы**

#### **Общие положения**

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – Фонд) объявляет конкурс на соискание грантов частичной финансовой поддержки ученых – авторов монографий, освещающих актуальные проблемы мировой и отечественной науки, фундаментальные вопросы экономического и культурного развития Беларуси, для их публикации.

2. На конкурс принимаются заявки, предусматривающие финансовую поддержку авторов книг только на белорусском или русском языке. Переиздание книг не финансируется.

Максимальный размер гранта составляет 3,5 млн рублей, но грант не должен превышать 60 % отпускной цены издательства.

3. В конкурсе на соискание грантов частичной финансовой поддержки авторов монографий могут участвовать ученые, которые работают в Республике Беларусь, в то же время допускается их соавторство с зарубежными учеными. При этом книга может не являться результатом выполнения проектов, финансируемых Фондом.

Одному и тому же автору (авторскому коллективу) поддержка может быть оказана не более одного раза в два года.

4. Конкурс проводится 2 раза в год, один раз в полгода. Финансовая поддержка ученых – авторов монографий осуществляется за счет средств республиканского бюджета, выделяемых Фонду на проведение фундаментальных исследований.

#### **Требования к проектам, представляемым на конкурс**

5. На конкурс финансовой поддержки ученых – авторов монографий выдвигаются работы, которые обобщают результаты фундаментальных исследований, имеющих большую теоретическую и практическую значимость.

6. Заявка на конкурс должна включать:
- письмо-обоснование организации, являющейся инициатором издания, с указанием объема запрашиваемых средств;
  - рукопись монографии;
  - выписку из протокола заседания ученого (научного, научно-технического) совета организации, в которой выполнено исследование, содержащую ходатайство о поддержке автора монографии;

- отзывы рецензентов;
- конкурентный лист, оформленный в соответствии с действующим законодательством.

#### **Экспертиза конкурсных заявок**

7. Экспертиза заявок, представленных на конкурс финансовой поддержки ученых – авторов монографий, осуществляется совместно секциями и экспертными советами Фонда.

При рассмотрении заявки оцениваются:

- актуальность и новизна тематики монографии;
- научная квалификация автора или авторского коллектива;
- научная и практическая значимость результатов исследований.

Рекомендации о поддержке авторов конкретных монографий принимаются открытым голосованием простым большинством голосов.

Решение о выделении грантов принимается бюро Научного совета Фонда. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая рецензии на них, является конфиденциальной. Фонд сообщает заявителю о результате конкурса по его заявке в случае положительного решения вопроса, в ином случае информация выдается по запросу.

Апелляции на решения бюро и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются.

#### **Условия финансирования авторов монографий**

8. Финансовая поддержка ученого – автора монографии для ее издания осуществляется путем заключения договора между Фондом, организацией – инициатором издания и издательством. Гранты, по которым заявители не заключили без уважительных причин договоры в течение одного месяца со дня принятия решения о его выделении, отменяются.

Заработная плата членам авторского коллектива, а также приобретение оборудования, командировочные и экспедиционные расходы, связанные с изданием монографии, не предусматриваются.

9. Срок использования гранта – до конца календарного года, в котором он выделен.

В случае выпуска многотомного (серийного) издания на очередной конкурс заявляются проекты томов, готовых к сдаче в издательство.

10. Необходимым условием выделения гранта является обязательство автора монографии дать в ней информацию о финансовой поддержке Фонда и поместить на обложке эмблему Фонда.

#### **Сроки и порядок представления материалов на конкурс**

Заявки принимаются:

- на 1-е полугодие текущего года – по 31 марта,
- на 2-е полугодие – по 30 сентября включительно

и рассматриваются после соответствующих дат.

Материалы направляются в адрес исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу: 220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101.

Тел. для справок: код города: +37517

294-92-16 (физика, математика и информатика),

284-27-22 (технические науки),

294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (аграрно-биологические науки),

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

УТВЕРЖДЕНЫ

решением Научного совета БРФФИ  
от 08.04.2011 (протокол № 1)

## УСЛОВИЯ

### **конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях на 2011–2012 годы**

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – Фонд) объявляет конкурс на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях (конгрессах, симпозиумах, конференциях и т. п.).

2. В конкурсе могут участвовать:

а) ученые – исполнители проектов фундаментальных и поисковых исследований, финансируемых Фондом;

б) ученые – сотрудники исполнительной дирекции Фонда для участия в научных конференциях и совещаниях по научно-методическим проблемам, имеющим непосредственное отношение к практике и перспективам деятельности Фонда.

3. Конкурс поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях проводится 4 раза в год, один раз в квартал. Заявки на 1-й квартал текущего года принимаются по 30 декабря предыдущего года, заявки на 2-й, 3-й и 4-й кварталы – соответственно по 31 марта, 30 июня и 30 сентября текущего года и рассматриваются после соответствующих дат.

4. Фонд не принимает к рассмотрению заявки на оплату участия ученых в научных мероприятиях, проходящих на территории стран СНГ, кроме случаев, оговоренных в п. 2б.

5. Экспертиза заявок, поступающих на конкурс, проводится совместно секциями и экспертными советами Фонда. При рассмотрении заявки учитывается:

- степень представления в программе научного мероприятия фундаментальных аспектов науки;
- соответствие представленного доклада тематике выполняемого проекта;
- наличие финансовой поддержки из других источников финансирования, в том числе со стороны оргкомитета мероприятия.

Предпочтение отдается ученым, имеющим устный, приглашенный, пленарный или ключевой (keynot) доклад на крупных международных конференциях.

Рекомендации о поддержке конкретных заявок принимаются открытым голосованием простым большинством голосов.

6. Решение о выделении грантов принимается бюро Научного совета Фонда. Фонд сообщает заявителю о результате конкурса по его заявке в случае положительного решения вопроса, в ином случае информация выдается по запросу.

Апелляции на решения бюро и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются.

7. Выделение грантов проводится по принципу «один проект – один грант», т. е. финансовая поддержка для участия в научном мероприятии может быть оказана только одному исполнителю конкретного проекта.

На протяжении срока выполнения проекта может быть оказана поддержка для участия в нескольких зарубежных научных мероприятиях, но общая сумма выделенных средств не может превышать максимального размера гранта, указанного в п. 8 настоящих Условий.

Одному и тому же ученому поддержка может быть оказана не более одного раза в 2 года.

8. Заявка на соискание гранта должна включать:

- ходатайство администрации организации, в которой выполняется проект, с указанием объема запрашиваемых средств и банковских реквизитов. При этом запрашиваемая сумма не должна превышать 3,0 млн руб.;
- обоснование руководителя проекта с указанием места и сроков проведения мероприятия, сведений о привлекаемых источниках финансирования поездки и расчетом всех затрат на участие в научном мероприятии;
- извещение оргкомитета о том, что представленный доклад включен в программу мероприятия (с указанием авторов, названия и типа доклада);
- копию тезисов доклада.

Все материалы на иностранных языках должны сопровождаться переводом на русский или белорусский язык.

Необходимым условием выделения гранта является обязательство ученого дать в публикуемом докладе информацию о финансовой поддержке Фонда.

9. Грант финансовой поддержки для участия в зарубежном научном мероприятии оформляется как составная часть финансируемого Фондом договора на выполнение проекта путем заключения дополнительного соглашения, кроме случаев, оговоренных в п. 2б.

Гранты, по которым заявители не заключили без уважительных причин договоры в течение одного месяца со дня принятия решения о его выделении, отменяются.

10. Заявки на соискание грантов направляются в адрес исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований: 220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101.

Тел. для справок: код города: +37517

294-92-16 (физика, математика и информатика),

284-27-22 (технические науки),

294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (аграрно-биологические науки),

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

УТВЕРЖДЕНЫ

решением Научного совета БРФФИ  
от 08.04.2011 (протокол № 1)

## У С Л О В И Я

### **конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на соискание грантов финансовой поддержки республиканских и международных научных мероприятий на 2011–2012 годы**

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – Фонд) объявляет конкурс на соискание грантов финансовой поддержки в организации республиканских и международных научных мероприятий (конгрессов, симпозиумов, конференций и т. п.). Гранты выделяются на издательскую деятельность, связанную с организацией и проведением научных мероприятий.

2. В конкурсе могут участвовать организационные комитеты республиканских и международных научных мероприятий, которые проводятся на территории Республики Беларусь в 2011–2012 годах.

3. Финансирование грантов осуществляется за счет средств республиканского бюджета, выделяемых Фонду на проведение фундаментальных научных исследований. Максимальный размер гранта составляет 3,0 млн руб.

4. Конкурс финансовой поддержки научных мероприятий проводится 2 раза в год, один раз в полгода.

Заявки на конкурс принимаются:

на 1-е полугодие текущего года – по 31 марта,

на 2-е полугодие – по 30 сентября

и рассматриваются после соответствующих дат.

5. Заявка на соискание гранта должна включать:

– ходатайство-обоснование организационного комитета на бланке базовой организации, где проводится мероприятие, с указанием места и сроков проведения, сведений о привлекаемых источниках финансирования, объема запрашиваемой финансовой поддержки;

– копию плана министерства, ведомства, в который включено данное мероприятие или решение ученого (научного, научно-технического) совета организации о его проведении;

– расчет затрат на проведение научного мероприятия;

– научную программу мероприятия.

Необходимым условием выделения гранта является обязательство оргкомитета мероприятия дать в научной программе и публикуемых материалах мероприятия информацию о финансовой поддержке Фонда.

6. Экспертиза заявок, поступающих на конкурс, проводится совместно секциями и экспертными советами Фонда.

При рассмотрении заявок и определении объемов финансовой поддержки учитывается:

– количество участников мероприятия (как правило не менее 100 человек), число участвующих в нем докладчиков из стран дальнего зарубежья (не менее 10 % от общего количества участников), наличие в Республике Беларусь крупных международно признанных научных школ по тематике мероприятия;

– заинтересованность представителей реального сектора экономики и органов государственного управления в проведении конкретного научного мероприятия;

– степень освещения в представляемых на мероприятии научных материалах фундаментальных аспектов соответствующей области знания, их соответствие приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований Республики Беларусь, а также мировым тенденциям развития науки.

Обязательным условием поддержки научно-практических мероприятий является наличие в программе мероприятия существенной доли материалов, посвященных новым результатам фундаментальных исследований;

– возможность финансовой поддержки мероприятия из других источников финансирования.

При этом предпочтение отдается регулярно проводимым симпозиумам, конференциям и т. п.

Рекомендации о поддержке конкретных мероприятий принимаются открытым голосованием простым большинством голосов.

7. Решение о выделении грантов принимается бюро Научного совета Фонда. Фонд сообщает заявителю о результате конкурса по его заявке в случае положительного решения вопроса, в ином случае информация выдается по запросу. Апелляции на решения бюро и рабочих органов Фонда не принимаются и не рассматриваются.

8. Финансовая поддержка научного мероприятия осуществляется путем заключения соответствующего договора между Фондом и организацией, на базе которой проводится мероприятие. Гранты, по которым заявители не заключили без уважительных причин договоры в течение одного месяца со дня принятия решения о его выделении, отменяются.

9. Заявки на соискание грантов направляются в адрес исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований: 220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101.

Тел. для справок: код города: +37517

294-92-16 (физика, математика и информатика),

284-27-22 (технические науки),

294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки),

294-92-17 (аграрно-биологические науки),

284-06-38 (гуманитарные науки),

294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

## **ИТОГИ КОНКУРСОВ**

### **КОНКУРС СОВМЕСТНЫХ ПРОЕКТОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕЛОРУССКОГО РЕСПУБЛИКАНСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА ПО НАУКЕ МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ «БРФФИ–ГКН АРМ-2011»**

*В декабре 2010 г. Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (БРФФИ) и Государственным комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Армения (ГКНА), в соответствии с заключенным между ними Соглашением о научно-техническом сотрудничестве был объявлен конкурс совместных проектов фундаментальных исследований «БРФФИ–ГКН Арм-2011», на который поступило 29 заявок. По результатам независимой экспертизы принято совместное решение о финансировании 17 проектов. Ниже публикуется перечень финансируемых совместных научных проектов, сгруппированных по 4 секциям. По каждому проекту приводится следующая информация: фамилия и инициалы руководителя с белорусской стороны, шифр и название проекта, название организации-исполнителя с белорусской стороны, название организации-исполнителя с армянской стороны. Срок выполнения проектов установлен с 01.07.2011 по 30.06.2013. В каждом из разделов перечня проекты перечислены в алфавитном порядке по фамилии руководителя.*

#### **Секция аграрно-биологических наук**

1. БУГА С. В.

*Проект* Б11АРМ-015

Генетическая гетерогенность и таксономический статус труднодифференцируемых групп экспансивных насекомых-фитофагов на фоне рецентных изменений климата (синтез молекулярно-биологических, цитогенетических и морфометрических подходов).

*Исполнители:* Белорусский государственный университет, Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН Армении.

## 2. РИЗЕВСКИЙ В. К.

*Проект* Б11АРМ-011

Оценка состояния популяций карася серебряного, интродуцированного в водоемы различных природно-климатических зон, и пути устойчивого использования его промысловых запасов.

*Исполнители:* Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН Армении.

## 3. ЯКУШЕВ Б. И.

*Проект* Б11АРМ-021

Повышение радиорезистентности зерновых культур путем модификации структуры оросительных вод.

*Исполнители:* Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Международный поствузовский учебный центр кафедры биологии ЮНЕСКО МОН Армении.

**Секция гуманитарных наук**

## 4. ЛИХАЧЁВ Н. Е.

*Проект* Г11АРМ-022

Сельские общины как механизм воспроизводства традиционных элементов национальной идентичности в транзитивных обществах (на примере Армении и Беларуси).

*Исполнители:* Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова, Ереванский государственный университет.

## 5. СОЛОДОВНИКОВ С. Ю.

*Проект* Г11АРМ-003

Интернационализация деятельности субъектов рынка Беларуси и Армении по привлечению, адаптации и внедрению новых технологий в экономические системы двух стран.

*Исполнители:* Институт экономики НАН Беларуси, Институт экономики им. М. Котаняна НАН Армении.

**Секция физики, математики и информатики**

## 6. АЖАРОНОК В. В.

*Проект* Ф11АРМ-016

Разработка способов диагностики и управления характеристиками активированной акустическими полями плазмы электрических разрядов для получения высокоэффективных рабочих сред газовых лазеров с контролируемыми параметрами генерируемого излучения.

*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Институт прикладных проблем физики НАН Армении.

## 7. БАТРАКОВ К. Г.

*Проект* Ф11АРМ-006

Мезоскопические объекты как источник генерации терагерцового излучения.

*Исполнители:* Институт ядерных проблем БГУ, Центр физики сильных полей Ереванского государственного университета.

8. БИБИЛО П. Н. *Проект Ф11АРМ-008*  
Разработка методов оценки и снижения энергопотребления заказных цифровых сверхбольших интегральных схем.  
*Исполнители:* Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Государственный инженерный университет Армении (Политехник).
9. ГАЛИЕВСКИЙ В. А. *Проект Ф11АРМ-017*  
Молекулярные зонды на основе новых водорастворимых порфиринов – исследование фотофизических свойств и специфических взаимодействий с белками и нуклеиновыми кислотами методами оптической спектроскопии и молекулярного докинга.  
*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Институт биохимии им. Г. Бунятына НАН Армении.
10. КУРОЧКИН Ю. А. *Проект Ф11АРМ-009*  
Интегрируемые (суперинтегрируемые) динамические системы на основе расширенного трехмерного пространства Лобачевского и их свойства симметрии.  
*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Ереванский государственный университет.
11. МИКЛАШЕВИЧ И. А. *Проект Ф11АРМ-010*  
Исследование свободных и интерфейсных колебаний оболочек переменной кривизны и особенностей их поведения при импульсном контактном взаимодействии.  
*Исполнители:* Белорусский национальный технический университет, Армянский государственный педагогический университет им Х. Абовяна.
12. МОГИЛЕВЦЕВ Д. С. *Проект Ф11АРМ-020*  
Нелинейное ландау-зинеровское туннелирование.  
*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Институт физических исследований НАН Армении.
13. ТОМИЛЬЧИК Л. М. *Проект Ф11АРМ-005*  
Математические модели малоразмерных квантовых структур во внешних полях.  
*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Ереванский государственный университет (Армения).
14. ХОДИН А. А. *Проект Ф11АРМ-025*  
Исследование фотовольтаических параметров многослойных наноструктур, используемых для разработки солнечных элементов третьего поколения.  
*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Институт радиофизики и электроники НАН Армении.

**Секция химии и наук о Земле**

15. АГАБЕКОВ В. Е.

*Проект* X11APM-001

Низкомолекулярные антиоксиданты экстрактов и эфирных масел и их роль в формировании и функционировании защитной системы растений.

*Исполнители:* Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Горисский государственный университет НАН Армении.

16. ГРОДА Я. Г.

*Проект* X11APM-002

Анализ конформационных свойств полимеров поливинилпироллидон (ПВП) и поливинилспирт (ПВС) на основе метода молекулярной динамики и статистико-механических расчетов.

*Исполнители:* Белорусский государственный технологический университет, Международным научно-образовательный центр НАН Армении.

17. ЛАНДО Д. Ю.

*Проект* X11APM-013

Термодинамика и спектральные свойства комплексов ДНК с различными типами противоопухолевых металлоорганических соединений.

*Исполнители:* Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Ереванский государственный университет.

## ПЕРЕЧЕНЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ «ГКНТ–ПОЛЬША»

Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ) в соответствии с пунктом 11 Положения о международных научно-технических проектах, выполняемых в рамках международных договоров Республики Беларусь, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 13.08.2003 № 1065, статьей 81 Бюджетного кодекса Республики Беларусь, статьей 6 Закона Республики Беларусь «О республиканском бюджете на 2011 год» и приказом ГКНТ от 14.02.2011 № 32 утвержден перечень международных научно-технических проектов, выполняемых в рамках международных договоров Республики Беларусь. Приказами ГКНТ от 26.05.2011 № 178 и от 05.07.2011 № 229 Белорусскому республиканскому фонду фундаментальных исследований выделены объемы финансирования для выполнения 5 совместных проектов с учеными из организаций Польши. Ниже публикуется перечень финансируемых совместных научно-технических проектов, сгруппированных по секциям. По каждому проекту приводится следующая информация: фамилия и инициалы руководителя с белорусской стороны, шифр и название проекта, название организации-исполнителя с белорусской стороны, название организации-исполнителя с польской стороны. В каждом из разделов перечня проекты перечислены в алфавитном порядке по фамилии руководителя. Продолжительность выполнения проектов – 2 года.

### Секция аграрно-биологических наук

1. ЗАВОДНИК И. Б. *Проект* Б11ПЛШ-005  
Растительные полифенолы как регуляторы биоэнергетической функции клеток: перспективы терапевтического применения.  
*Исполнители:* Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Белостокский университет.
2. НОВИК Г. И. *Проект* Б11ПЛШ-003  
Изоляция и характеристика пробиотических бактерий для использования в продуктах функционального питания.  
*Исполнители:* Институт микробиологии НАН Беларуси, Варшавский аграрный университет.

**Секция технических наук**

3. МЫШКИН Н. К.

*Проект* Т11ПЛШ-004

Исследование влияния графеноподобных наночастиц на триботехнические свойства твердых смазок при высоких нагрузках.

*Исполнители:* Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, Институт пластичной обработки.

**Секция химии и наук о Земле**

4. ДМИТРИЕВ Г. М.

*Проект* Х11ПЛШ-002

Получение биодобавок к моторному топливу с использованием жидких продуктов термохимического разложения биомассы.

*Исполнители:* Институт энергетики НАН Беларуси, Институт нефти и газа.

5. КРУЧЕК С. А.

*Проект* Х11ПЛШ-006

Биостратиграфия и седиментация пограничья eifel-zywet (среднего девона) в белорусском бассейне – сравнение с польской территорией.

*Исполнители:* Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт, Польский геологический институт.

## ПЕРЕЧЕНЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ «ГКНТ–УКРАИНА»

Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ) в соответствии с пунктом 11 Положения о международных научно-технических проектах, выполняемых в рамках международных договоров Республики Беларусь, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 13.08.2003 № 1065, статьей 81 Бюджетного кодекса Республики Беларусь, статьей 6 Закона Республики Беларусь «О республиканском бюджете на 2011 год» и приказом ГКНТ от 14.02.2011 № 32 утвержден перечень международных научно-технических проектов, выполняемых в рамках международных договоров Республики Беларусь. Приказом ГКНТ от 26.05.2011 № 178 Белорусскому республиканскому фонду фундаментальных исследований выделены объемы финансирования для выполнения 7 совместных проектов с учеными из организаций Украины. Ниже публикуется перечень финансируемых совместных научно-технических проектов, сгруппированных по секциям. По каждому проекту приводится следующая информация: фамилия и инициалы руководителя с белорусской стороны, шифр и название проекта, название организации-исполнителя с белорусской стороны, название организации-исполнителя с украинской стороны. В каждом из разделов перечня проекты перечислены в алфавитном порядке по фамилии руководителя. Продолжительность выполнения проектов – 2 года.

### Секция аграрно-биологических наук

#### 1. КОЗАРЕЗОВА Т. И.

Проект Б11УКР-001

Выявление молекулярных прогностических маркеров при хронических миелолипролиферативных заболеваниях и первичных миелодиспластических синдромах для определения тактики лечения.

*Исполнители:* Белорусская медицинская академия последипломного образования Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Научный центр радиационной медицины МОЗ Украины.

#### 2. САПЕГИН Л. М.

Проект Б11УКР-004

Состояние, рациональное использование и охрана фиторазнообразия луговых экосистем поймы реки Днепр трансграничных территорий Гомельской (Республика Беларусь) и Черниговской (Украина) областей.

*Исполнители:* Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Черниговский государственный педагогический университет им. Т. Г. Шевченко.

3. ТРУХОНОВЕЦ В. В.

*Проект* Б11УКР-026

Разработка биотехнологий интенсификации культивирования ценных видов съедобных и лекарственных грибов в промышленных условиях Беларуси и Украины.

*Исполнители:* Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины.

#### Секция технических наук

4. ПИЛИНЕВИЧ Л. П.

*Проект* Т11УКР-017

Исследование процессов управления характеристиками пористой структуры и контактными явлениями при изготовлении пористых волоконных и композиционных (волокно-порошок) материалов с использованием электроимпульсного воздействия, нагрузки при спекании и эффекта памяти формы.

*Исполнители:* Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины.

#### Секция физики, математики и информатики

5. АНУФРИК С. С.

*Проект* Ф11УКР-008

Создание и исследование новых активных сред для твердотельных перестраиваемых лазеров на красителях.

*Исполнители:* Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Институт радиофизики и электроники им. О. Я. Усикова НАН Украины.

6. КРАВЦОВ С. Л.

*Проект* Ф11УКР-019

Информационная технология оценки влажности, снеготалопа и риска паводков на основе данных ДЗЗ различных спектральных диапазонов.

*Исполнители:* Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Институт космических исследований НАН Украины и Национального космического агентства Украины.

#### Секция химии и наук о Земле

7. МАКСИМЕНКО С. А.

*Проект* Х11УКР-012

Разработка новых перспективных материалов для защиты от тепловых и ионизирующих излучений на основе фосфатных композиций, модифицированных микро- и наноразмерными волокнами из нитрида бора.

*Исполнители:* Институт ядерных проблем БГУ, Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины.

## ПЕРЕЧЕНЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ «ГКНТ–СЕРБИЯ»

Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ) в соответствии с пунктом 11 Положения о международных научно-технических проектах, выполняемых в рамках международных договоров Республики Беларусь, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 13.08.2003 № 1065, статьей 81 Бюджетного кодекса Республики Беларусь, статьей 6 Закона Республики Беларусь «О республиканском бюджете на 2011 год» и приказом ГКНТ от 14.02.2011 № 32 утвержден перечень международных научно-технических проектов, выполняемых в рамках международных договоров Республики Беларусь. Приказом ГКНТ от 05.07.2011 № 230 Белорусскому республиканскому фонду фундаментальных исследований выделены объемы финансирования для выполнения 10 совместных проектов с учеными из организаций Сербии. Ниже публикуется перечень финансируемых совместных научно-технических проектов, сгруппированных по секциям. По каждому проекту приводится следующая информация: фамилия и инициалы руководителя с белорусской стороны, шифр и название проекта, название организации-исполнителя с белорусской стороны, название организации-исполнителя с сербской стороны. В каждом из разделов перечня проекты перечислены в алфавитном порядке по фамилии руководителя. Продолжительность выполнения проектов – 2 года.

### Секция аграрно-биологических наук

1. КОЛОМИЕЦ Э. И. *Проект* Б11СРБ-001  
Разработка научных основ биологической защиты яблок от патогенов в период хранения.  
*Исполнители:* Институт микробиологии НАН Беларуси, Институт пестицидов и охраны окружающей среды.
2. КУЗЬМЕНКОВА С. М. *Проект* Б11СРБ-012  
Сравнительные флористическо-таксономические исследования растений степей Сербии, природной и культурной флор Беларуси, рациональное использование природных ресурсов.  
*Исполнители:* Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Естественно-математический факультет, Университет г. Нови Сад.

3. ЧЕКЕЛЬ Е. И.

*Проект* Б11СРБ-008

Селекция кормовых бобовых растений в Беларуси и Сербии: в двух восточно-европейских областях с различными экологическими условиями (КОРМОБОБ).

*Исполнители:* Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт полеводства и овощеводства.

#### **Секция технических наук**

4. МЫШКИН Н. К.

*Проект* Т11СРБ-003

Разработка антифрикционных металлополимерных микро- и нанокomпозиционных покрытий.

*Исполнители:* Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, Университет Крагуевац.

5. УРБАНОВИЧ В. С.

*Проект* Т11СРБ-013

Уплотнение монолитной и композитной керамики.

*Исполнители:* Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению, Институт ядерных наук «Винча».

#### **Секция физики, математики и информатики**

6. СИМОНЧИК Л. В.

*Проект* Ф11СРБ-002

Деконтаминация поверхностей и водных растворов под воздействием неравновесной плазмы атмосферного давления.

*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Университет г. Белград.

7. ФЕДОТОВА Ю. А.

*Проект* Ф11СРБ-006

Периодические (матричные) магнитоупорядоченные наноструктуры Pt-Ni(Co), Pd-Ni(Co) для нанoeлектронных и спинтронных устройств нового типа.

*Исполнители:* Национальный научно-учебный центр физики частиц и высоких энергий БГУ, Институт ядерных наук «Винча».

8. ФИЛАТОВА И. И.

*Проект* Ф11СРБ-015

Диагностика и применение радиочастотной плазмы для обработки биомедицинских и композиционных материалов.

*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Институт физики.

9. ЧУМАКОВ А.Н.

*Проект* Ф11СРБ-004

Наноструктурное модифицирование поверхности металлов и покрытий при многоимпульсном лазерном воздействии.

*Исполнители:* Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Институт ядерных наук «Винча» .

**Секция химии и наук о Земле**

10. ЛОГИНОВА Н. В.

*Проект* Х11СРБ-009

Создание новых эффективных средств для комбинированной химиотерапии инфекций.

*Исполнители:* Белорусский государственный университет, Университет Крагуевац.

Национальная академия наук Беларуси

**ПЕРЕЧЕНЬ НАУЧНЫХ ТРУДОВ,  
ИЗДАНЫХ ПРИ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКЕ БРФФИ В 2010 г.**

1. **Горбунов И. В.** Искусство батальной диорамы в военно-исторических музеях СССР и СНГ во второй половине XX века. – Витебск: УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2010. – 148 с.
2. **Нечипуренко Н. И., Степанова Ю. И., Василевская Л. А., Пашковская И. Д.** Лазерная гемотерапия при ишемических цереброваскулярных заболеваниях (экспериментальные и клинические аспекты). – Минск: Бизнесофсет, 2010. – 192 с.
3. **Шадров В. Г.** Межкристаллитное магнитное взаимодействие и свойства магнитных наноструктур. – Минск: Изд. центр БГУ, 2010. – 234 с.
4. **Маренкин С. Ф., Трухан В. М.** Фосфиды, арсениды цинка и кадмия. – Минск: Вараксин А. Н., 2010. – 224 с.
5. **Логинов В. Ф., Волчек А. А., Шпока И. Н.** Опасные метеорологические явления на территории Беларуси. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 129 с.
6. **Махнач А. А., Шиманович В. М., Стрельцова Г. Д., Михайлов Н. Д.** Хлоридные и сульфатные минералы Беларуси. – Минск: Бел НИЦ «Экология», 2010. – 149 с.
7. **Кадацкий В. Б.** Введение в ноосферологию. – Минск: БГПУ, 2010. – 131 с.

**ПЕРЕЧЕНЬ РЕСПУБЛИКАНСКИХ  
И МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ,  
ПОДДЕРЖАННЫХ БРФФИ В 2010 г.**

1. II Международная научная конференция молодых ученых и специалистов «Библиотеки в информационном пространстве: проблемы и тенденции развития» (Минск, 16 февраля), Центральная научная библиотека им. Я. Коласа НАН Беларуси.

2. XIV Республиканская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Теоретико-методологические и прикладные аспекты государственного управления» (Минск, 26–27 марта), Академия управления при Президенте Республики Беларусь.

3. VIII Международная конференция «Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы» (Минск, 2–3 апреля), Белорусский государственный университет.

4. X Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века» (Минск, 20–21 мая), Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова.

5. II Международная научно-практическая конференция «Инженерия поверхностного слоя деталей машин» (Минск, 27–28 мая), Белорусский национальный технический университет.

6. 23-е рабочее заседание Постоянной комиссии Международной федерации по теории механизмов и машин (IFToMM) «Стандартизация и терминология по ТММ» (Гомель, 21–26 июня), Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси.

7. Международная научная конференция «Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем» (Минск, 23–25 июня), Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси.

8. IX Международная конференция «Компьютерный анализ данных и моделирование (КАДМ-2010)» (Минск, 7–11 сентября), Белорусский государственный университет.

9. Международная научная конференция «Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития» (Брест, 8–10 сентября), Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси.

10. IV Международная научная конференция «Материалы и структуры современной электроники» (Минск, 23–24 сентября), Белорусский государственный университет.

11. Международный симпозиум «Актуальные проблемы прочности» (Витебск, 27 сентября – 1 октября), Институт технической акустики НАН Беларуси.

12. Международная научная конференция «Природопользование: экология, экономика, технологии» (Минск, 6–8 октября), Институт природопользования НАН Беларуси.

13. Международная научная конференция «Генетика и биотехнология на рубеже тысячелетий» (Минск, 25–29 октября), Институт генетики и цитологии НАН Беларуси.

14. Международная научная конференция «Процессы урбанизации в Беларуси: XIX – начало XXI ст.» (Гродно, 29–30 октября), Гродненский государственный университет им. Я. Купалы.

15. Международная научно-практическая конференция «2-й Белорусский инновационный форум» (Минск, 18–19 ноября), Инновационная ассоциация «Академтехнопарк».

16. VIII Международная научно-техническая конференция «Квантовая электроника» (Минск, 22–25 ноября), Белорусский государственный университет.

17. Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса» (Минск, 24–26 ноября), Белорусский государственный аграрный технический университет.

*Раздел подготовлен главным специалистом  
отдела зарубежных связей и информационного обеспечения*

***Н. Н. Половинко***

## **ПОДДЕРЖКА НАУКИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ**

*А. В. КРИВОШЕЕВА<sup>1</sup>, В. Е. БОРИСЕНКО<sup>1</sup>,  
Ж.-Л. ЛАЗЗАРИ<sup>2</sup>, Ф. АРНО Д'АВИТАЯ<sup>2</sup>*

### **БЕЛОРУССКО-ФРАНЦУЗСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ**

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь*

<sup>2</sup>*Междисциплинарный центр нанотехнологий, Франция*

Вот уже более 15 лет Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР) сотрудничает со Средиземноморским университетом и Междисциплинарным центром нанотехнологий (CINaM-CNRS) в Марселе (Франция). Основа этого сотрудничества была заложена в 1994 г. во время встречи В. Е. Борисенко – в то время профессора кафедры микроэлектроники БГУИР, и Ж. Дериена (J. Degien) – в то время профессора Средиземноморского университета, директора Центра изучения механизмов роста кристаллов (CRMC2-CNRS\*). Эта встреча состоялась в Берлине на Международном семинаре по получению и свойствам полупроводниковых силицидов, которые рассматривались в качестве новых перспективных материалов для оптоэлектроники и термоэлектрических преобразователей, проводимом доктором Х. Ланге (H. Lange) в Институте Гана-Мейтнер (Hahn-Meitner-Institute). Во время встречи были достигнуты договоренности, реализация и развитие которых впоследствии позволили эффективно сотрудничать не только в области научных исследований, но и в совместной подготовке кадров, а также в организации и проведении международных конференций. С 1995 г. активную роль в сотрудничестве с французской стороны взял на себя профессор Средиземноморского университета руководитель Лаборатории по исследованию передовых материалов и структур (GEMSA) Ф. А. д'Авитая (Francois Arnaud d'Avitaya). Наиболее значимые результаты этого сотрудничества представлены в данной статье.

В настоящее время д-р физ.-мат. наук профессор В. Е. Борисенко является заведующим кафедрой микро- и нанoeлектроники, а также научным руководителем Центра нанoeлектроники и новых материалов БГУИР, в котором проводятся исследования наноразмерных структур и ведется разработка нано-, микро- и оптоэлектронных устройств на их основе. В Центре освоены и широко применяются

\* В 2004 г. CRMC2-CNRS переименован в CRMCN-CNRS, а в 2008 г. – в CINaM-CNRS.

методы квантово-механического моделирования электронных, оптических и транспортных свойств наноразмерных структур, нано- и оптоэлектронных приборов.

Исследовательская работа CINaM организована по актуальным направлениям нанофизики, нанохимии и наноэлектроники. Лаборатория GEMSA специализируется на эпитаксиальном выращивании гетероструктур и наноструктур, нанолитографии, разработке квантовых приборов, молекулярной электронике и накопила значительный опыт в области проведения процессов осаждения, исследования поверхностей и границ разделов, выращивания кристаллов, измерения электрических и оптических свойств сложных гетероструктур и наноструктур на кремнии. В последние годы значительное внимание уделяется разработке и исследованию процессов превращения солнечного света в электрическую энергию и генерации водорода с использованием наноструктур. Данные вопросы в настоящее время являются предметом обоюдного интереса как Центра наноэлектроники и новых материалов БГУИР, так и Центра CINaM. Они активно изучаются их теоретическими и экспериментальными группами.

**Научное сотрудничество.** Совместно с французскими коллегами выполнен ряд европейских научных проектов: «Silicon modules for integrated light engineering» (Еврокомиссия, Бельгия, 1998–2000), «Etude des proprietes chimiques, structurales, electroniques et de transport des jonctions tunnel metal ferromagnetique/oxyde barriere/semi-conducteur pour de nouvelles cellules de memoires non volatiles basees sur l'injection d'electrons polarises en spin dans le silicium» (проект ECO-NET, Франция, 2006–2007), «Embedded magnetic components» (Еврокомиссия, Бельгия, 2006–2008). При финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) выполнялось три совместных проекта и проведено два международных семинара. В 2007–2009 гг. выполнялся совместный научный проект БРФФИ–НЦНИ «Механизмы инжекции и детектирования носителей заряда с определенным спином в наноструктурах на основе кремния для новых спинтронных приборов» (Ф07Ф-008). Исполнители проекта А. В. Кривошеева, Т. Н. Сидорова, В. Е. Борисенко были командированы в Марсель, где, помимо проведения поисковой работы, представили результаты своих исследований перед французскими коллегами для обсуждения и поиска новых возможностей сотрудничества. Данный визит позволил выработать стратегию и определить тематику дальнейших двусторонних исследований.

При выполнении совместных проектов БРФФИ–НЦНИ (Ф07Ф-008) и проекта ECONNET исполнителями были установлены условия возникновения стабильного ферромагнитного состояния, закономерности изменения магнитных свойств разбавленных полупроводниковых халькопиритов, легированных атомами переходных металлов, и определены соединения, обладающие максимальной спиновой поляризацией, а также получены сведения об электронных и оптических свойствах тройных соединений. Была разработана модель спин-зависимого токопереноса в туннельных наноструктурах ферромагнетик/диэлектрик/полупроводник на основе уравнения Шредингера и транспортного уравнения без использования

квазиклассического приближения и исследовано влияние рассеяния носителей заряда на туннельное магнитосопротивление наноструктур ферромагнетик/диэлектрик/ферромагнетик (полупроводник).

В ходе выполнения задания «Влияние низкоразмерных эффектов на фотоэлектрохимические свойства нанопористого оксида титана и их применение для генерации водорода» международного совместного научного проекта БРФФИ–НЦНИ (2009–2011 гг.) в ноябре 2009 г. в Марселе в Междисциплинарном центре нанотехнологий проведен совместный французско-белорусский семинар «Возможности наноразмерной спинтроники и фотоэлектрической энергетики», в котором наряду с представителями БГУИР свои разработки представили ученые Национальной академии наук Беларуси. Были рассмотрены проблемы моделирования и синтеза неорганических, органических и гибридных материалов и наноструктур, результаты исследования электронных, магнитных и оптических свойств таких материалов с целью их применения в новом поколении спинтронных и фотоэлектрических устройств, а также исследованы вопросы и тематики дальнейшего научного сотрудничества.

Сегодня совместная научная деятельность направлена на исследования в области спинтроники, фотоэлектрической энергетики, изучение закономерностей фотокаталитических процессов с участием наноструктур, в частности процессов получения водорода разложением воды, а также очистки воды и воздуха от органических загрязнений. В области спинтроники внимание сфокусировано на перспективных полупроводниковых соединениях и транспортных процессах в наноструктурах. Для фотокатализа сформированы нанопористые оксиды тугоплавких металлов (Ti, W, Ta) и ведется исследование их эффективности для получения водорода, очистки воды и воздуха. Выполняются исследования электронных, магнитных и оптических свойств чистых и легированных атомами металлов соединений  $A^I_2B^{IV}C^{VI}_3$  и  $A^{II}B^{IV}C^V_2$  с целью их использования в спинтронных и фотовольтаических приборах. По данной тематике получил поддержку совместный белорусско-французский проект БРФФИ–НЦНИ «Электронные и оптические свойства полупроводниковых соединений  $Cu_2(Si, Sn, Ge)_3S_3$  в качестве CIGS-замещающих материалов для фотоэлектрических преобразователей энергии и тройных соединений  $(Mg, Zn)(Si, Ge, Sn)Sb_2$  для фотодетекторов дальнего ИК-диапазона» (2011–2013 гг.). В рамках данного проекта при финансовой поддержке БРФФИ и НЦНИ, в мае 2011 г. был проведен белорусско-французский семинар «Перспективы нанотехнологий и наноматериалов в энергетике» по вопросам моделирования и синтеза материалов для наноструктур и устройств аккумуляции энергии, а также исследования свойств таких материалов с целью их применения в новом поколении фотоэлектрических устройств. Данный семинар позволил объединить специалистов разных областей нанонаук, при этом особое внимание уделялось низкочастотным наноматериалам и нанотехнологиям, нацеленным на производство источников возобновляемой энергии. Были представлены основные перспективы в области фотоэлектрических преобразователей и материаловед-

ческие аспекты, а также рассмотрен новый подход к производству нанопористых оксидов тугоплавких металлов и предложены пути использования тугоплавких металлов для фотоэлектрических приложений. Итогом проведения семинара стало установление исследовательских приоритетов с упором на международное сотрудничество, а также объединение усилий для осуществления обмена опытом между экспериментальными и теоретическими группами двух стран.

Результаты совместных научных исследований регулярно докладываются на престижных научных конференциях. Среди **недавних следует отметить International Conference on Nano-Materials and Renewable Energies (ICNMRE2010, Safi, Марокко); 1st International Photovoltaic Technical Conference: Thin Films2010 (Aix en Provence, Франция); 13èmes Journées Nano, Micro et Optoélectronique (JNMO2010, Les Issambres, Var, Франция), 17th International Conference on Ternary and Multinary Compounds (2010 г., Баку, Азербайджан), «Nanomeeting-2011» (Минск, Беларусь).** Приоритет полученных результатов закреплен совместными публикациями в авторитетнейших научных журналах: *Physical Review B, Physica Status Solidi, Journal of Physics: Condensed Matter, Microelectronics and Reliability, Inorganic Materials, Global Journal of Physical Chemistry.* Результаты фундаментальных исследований были в дальнейшем использованы при подготовке ряда проектов в государственные программы научных исследований («Конвергенция», «Электроника», «Нанотех», «Кристаллические и молекулярные структуры»), а также внедрены в учебный процесс кафедры микро- и нанoeлектроники БГУИР. За годы совместной деятельности в рамках Европейских проектов (EMAC-project, Strep-No. 017412, ECONET № 12583ZM) были проведены совместные разработки интегральных схем с ячейками памяти на спиновых эффектах на основе кремниевой структуры. Используя теоретические сведения, полученные белорусской стороной, французскими коллегами проведены формирование, экспериментальное исследование структурных, электрических и магнитных характеристик экспериментальных образцов, спроектирован и изготовлен прототип интегрированного в кремний спинтронного устройства памяти и выработаны рекомендации для промышленного освоения таких устройств. В настоящее время создается универсальная память, базирующаяся на субмикронных магнитных элементах, которая сочетает высокую скорость доступа, высокую плотность, неразрушаемость после выключения питания.

**Подготовка научных кадров** является составной частью сотрудничества. В 1998–2000 гг. профессор В. Е. Борисенко в качестве приглашенного профессора Средиземноморского университета читал лекции студентам и магистрантам, а также консультировал аспирантов. Эта практика сохраняется и сегодня. Со своей стороны, профессор Ф. Арно д'Авитая во время своих визитов в Минск регулярно консультирует магистрантов и аспирантов БГУИР. По результатам совместных работ были защищены кандидатские диссертации «Электронные и оптические свойства наноразмерных кремниевых кластеров и пленок» (1998 г., А. Н. Холод, специальность «Твердотельная электроника, микроэлектроника

и наноэлектроника») и «Перенос носителей заряда и электролюминесценция в наноразмерных периодических структурах кремний/диэлектрик» (2002 г., Ю. А. Берашевич, специальность «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»). В 2005 г. защищена докторская диссертация “Développement des Approches Théoriques pour la Modélisation d’Effets Physiques et des Problèmes de Telecommunication” (А. Н. Холод).

По материалам совместных исследований французскими молодыми учеными подготовлено и защищено две кандидатские диссертации – Л. Вервортом (L. Vervoort) и С. Менардом (S. Menard).

В настоящее время проходит стадию подготовки к защите диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Элементы памяти на эффекте туннельного магнитосопротивления в интегральном исполнении на кремнии» (А. И. Костров). Ежегодно во Франции проходят стажировку 1–2 специалиста из БГУИР, аспиранты и магистранты получают доступ к современному оборудованию и используют накопленный опыт при подготовке диссертаций.

**Совместная организация и проведение международных конференций.** В сотрудничестве с французскими коллегами и при поддержке БРФФИ каждые два года, начиная с 1995 г., БГУИР проводит Международную конференцию по физике, химии и применению наноструктур (Nanomeeting). В. Е. Борисенко и Ф. Арно д’Авитая являются бессменными сопредседателями международного оргкомитета конференции. Все публикации проходят рецензирование высококвалифицированными специалистами, а сборники материалов конференции издаются на английском языке одним из ведущих мировых издателей научной литературы World Scientific (Сингапур) и уже получили высокую оценку специалистов. С 2009 г. при содействии БРФФИ и НЦНИ ответственными исполнителями проектов А. В. Кривошеевой (Беларусь) и Ж.-Л. Лаззари (J.-L. Lazzari, Франция) было организовано два упоминавшихся выше совместных белорусско-французских семинара – в 2009 г. в Марселе и в 2011 г. в Минске.

**Заключение.** Белорусско-французское сотрудничество в области получения и исследования новых материалов для электроники, сложившееся между БГУИР, Средиземноморским университетом и Междисциплинарным центром нанотехнологий в Марселе, уже принесло и продолжает приносить существенную обоюдную пользу в научных исследованиях и в подготовке научных кадров. Полученные результаты легли в основу трех контрактов, выполненных БГУИР по заказам белорусских организаций, в том числе ОАО «Интеграл».

Результативность сотрудничества во многом предопределена как поддержкой руководителей организаций-партнеров, так и финансированием совместных проектов со стороны БРФФИ и НЦНИ, за что авторы этой статьи выражают им свою искреннюю признательность.

## НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

УДК 539.2+536.75

П. А. ВИТЯЗЬ<sup>1</sup>, В. Т. СЕНЮТЬ<sup>1</sup>, М. Л. ХЕЙФЕЦ<sup>2</sup>, А. Г. КОЛМАКОВ<sup>3</sup>,  
Е. Е. БАРАНОВ<sup>3</sup>, Х. ЦООХУУ<sup>4</sup>, Л. ЭНХТУР<sup>4</sup>

### ВЛИЯНИЕ ТЕРМОБАРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МАКРО-, МЕЗО- И МИКРОСТРУКТУРУ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ШУНГИТОВОЙ ПОРОДЫ

<sup>1</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,

<sup>2</sup>Полоцкий государственный университет,

<sup>3</sup>Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН,

<sup>4</sup>Монгольский национальный университет

(Поступила в редакцию 25.07.2011)

Изучены образцы шунгитовой породы с содержанием углерода 96–98 %, термобарическую обработку которых осуществляли в аппарате высокого давления с диапазоном 1,0–3,5 ГПа при температуре более 1000 °С. Показано, что высокотемпературный отжиг активно влияет на структуру шунгитового углерода: наблюдается слияние глобул с образованием более крупных, увеличение размеров кристаллитов шунгитового углерода и частичное разрушение шунгитовых глобул с их графитизацией. При высокотемпературном отжиге в восстановительной и окислительной атмосферах с последующей термобарической обработкой наблюдается трансформация исходных глобул в кристаллы кубической формы, при этом размер исходных глобулярных образований увеличивается после отжига и обработки более чем на порядок. Наилучшие сочетания структурных характеристик и ожидаемых прочностных показателей получены при комплексной обработке шунгитовой породы, включающей отжиг в восстановительной атмосфере при 1000 °С с изотермической выдержкой в течение 1 ч и термобарическое спекание при 1,5 ГПа и 1200 °С в течение 10 с.

**Введение.** Современные тенденции развития техники требуют разработки и применения новых износо- и коррозионностойких материалов с повышенными прочностными характеристиками. Традиционные методы улучшения физико-

механических и триботехнических свойств машиностроительных материалов в значительной мере достигли своего предела. Резерв повышения характеристик машиностроительных материалов состоит в целенаправленном формировании в них наноразмерной структуры, например, путем введения в матрицу наноразмерных модифицирующих добавок. Широкое применение для этих целей получили углеродные наноматериалы (углеродные нанотрубки, фуллерены, ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза) [1].

Шунгитовый углерод, структуру которого составляют глобулярные или эллипсоидные многослойные частицы размером 6–10 нм, имеющие внутреннюю полость, также может быть отнесен к углеродным наноматериалам с ресурсом порядка  $25 \cdot 10^{10}$  т [2]. Шунгитовые порошки используются в качестве модифицирующей технологически активной добавки при производстве шин, резинотехнических изделий, полимерных, радиопоглощающих материалов, способствуют улучшению технических и эксплуатационных характеристик материалов и изделий на их основе [3]. Свойства наноматериалов в значительной степени зависят от их структуры и фазового состава [4], поэтому представляет значительный научный и практический интерес изучение структурных изменений, происходящих в шунгитовом углероде в результате его термобарической обработки при повышенных температурах и давлениях.

**Материалы и методы исследования.** *Оборудование термобарической обработки.* Изучались образцы шунгитовой породы месторождения Шуньга (Карелия, Россия) с содержанием углерода 96–98 %. Термическую обработку образцов шунгита осуществляли в печи Nabeg с программируемой установкой режимов в различных газовых средах (аммиак  $\text{NH}_3$ , углекислый газ  $\text{CO}_2$ ) при температуре 1000 °С, время изотермической выдержки составляло 1 ч.

Термобарическую обработку образцов шунгита осуществляли в аппарате высокого давления «наковальня с лункой» в диапазоне давления 1,0–3,5 ГПа. В качестве среды, передающей давление, служил контейнер из литографского камня, внутри которого размещался трубчатый графитовый нагреватель с исследуемым материалом [5]. Для оценки давления в камере синтеза использовали метод калибровки при комнатной температуре, основанный на сопоставлении усилия прессы и давления полиморфного превращения в реперном веществе. В качестве реперов использовали висмут (Bi). Измерение температуры осуществляли без приложения давления с помощью хромель-алюмелевой термопары.

*Аппаратура исследования.* Структура поверхности шунгита исследовалась в контактном режиме на атомно-силовом микроскопе (АСМ) ND-206 (ОДО «МикроТестМашины», Беларусь). Рентгеноструктурные исследования выполнялись на дифрактометре общего назначения ДРОН-3.0 в  $\text{CuK}_\alpha$  монохроматизированном излучении, вторичная монохроматизация осуществлялась пиролитическим графитом с вращением образца в собственной плоскости. Микроструктурные исследования образцов осуществлялись с помощью оптического микроскопа «Микро-200» (ПО «Планар», Беларусь).

*Методика мультифрактальной параметризации.* Для количественного описания структуры поверхности разрушения образцов шунгита использовали оригинальную методику мультифрактальной параметризации структур [6].

Наиболее информативными мультифрактальными характеристиками являются обобщенные энтропии (размерности) Реньи  $D_q$ , которые позволяют оценить термодинамические условия формирования изучаемых структур, а также эффективные количественные характеристики их однородности  $f_q$  и упорядоченности  $\Delta q$  [7; 8]. При сравнении большие значения  $D_q$  соответствуют более неравновесным условиям формирования структур, большие значения  $f_q$  отвечают более равномерному распределению единичных элементов рассматриваемой структуры в евклидовом пространстве, охватывающем эту структуру, а увеличение  $\Delta q$  для исследуемой серии структур показывает, что в них становится больше периодической составляющей.

В ходе дискретной аппроксимации составляющие изучаемой структуры выделялись на изображении черным цветом, а остальные – белым. В результате получали компьютерные черно-белые изображения в виде графических файлов формата bmp. Вычисление мультифрактальных характеристик –  $f(\alpha)$ -спектров и  $D_q$ -спектров размерностей Реньи с проверкой их корректности производилось для набора величин  $q \in [-100, +100]$ .

Из исследуемых аппроксимированных изображений поверхности разрушения размером  $10 \times 10$  мкм вырезали по 3–5 участков (что соответствовало матрице  $360 \times 360$  пикселей). Мультифрактальные характеристики для структуры получали как средние значения их величин для вырезанных участков. Среднеквадратичные отклонения рассчитывали для вероятности 95 %. Поскольку при мультифрактальном анализе рассматривается распределение заданной величины на геометрическом носителе, то в данном случае изучали распределение единичных элементов структуры поверхности разрушения. Черным пикселям на аппроксимированных изображениях соответствовали границы кристаллитов и поры (минимальная толщина границ составляла 5 пикселей). Перед расчетами все изображения структур приводились к одному масштабу.

**Структурное строение шунгитовых пород.** Природные шунгиты представляют собой силикатные образования, содержащие естественный углерод в количестве от единиц до 99,6 %. Эти неупорядоченные структуры характеризуются разнообразием состава и наряду с углеродом содержат кварц, оксиды металлов, алюмосиликаты, слюду и др. Все составляющие распределены в шунгитовой матрице равномерно, размер силикатных включений составляет 0,5–5 мкм [3]. Микроскопические исследования позволили установить специфичность структуры шунгитного углерода, которая состоит в том, что вследствие высокоразвитой межфазной границы между основными компонентами шунгитовой породы углеродом и кремнеземом, эти фазы образуют взаимопроникающие сетки. Поэтому в каждой частице порошка шунгитовой породы присутствуют углеродная и минеральная составляющие (рис. 1).

По данным электронно-микроскопических исследований (рис. 2, *a–в*; 3, *a–в*), основным элементом строения шунгитового вещества является глобула, представляющая собой углеродную частицу, по форме близкую к шаровидной, с размерами приблизительно 6–10 нм (рис. 2, *a*). В свою очередь, глобулы объединяются в сфероподобные образования с размерами 100–300 нм (рис. 2, *б*). Глобулярный углерод образует полиэдрические агрегаты размером 0,5–1 мкм (рис. 2, *в*).

Между глобулами находится углерод, обеспечивающий их связи. Структура глобул подобна «луковичной» форме углерода, образующейся при температуре свыше 1000 °С при отжиге наноалмазов детонационного синтеза в вакууме [1; 5].

Методами просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и масс-спектрометрии в шунгитовом углероде фиксируется присутствие фуллеренов, что подтверждается коллоидной экстракцией с использованием полярных растворителей следовых количеств фуллерена C<sub>60</sub> [2]. Выявлено морфологическое подобие глобулы шунгитового углерода и фуллерена: наличие внутренней полости и двухмерная гексагональноподобная ячейка углеродных атомов с характерной анизотропией искажений.

Следует отметить, что указанная «луковичная» форма углерода устойчива к графитизации – при высокотемпературном отжиге вплоть до 2800 °С шунгитовый углерод практически не графитизируется. В общем случае области когерентного рассеяния соответствуют областям однотипного расположения слоев глобулярных элементов, а слои со значительным искажением, обеспечивающие связь между глобулами, образуют случайную сетку [2].

Аппроксимированные по методике мультифрактальной параметризации структуры изучаемых образцов (рис. 2, *г–е*; 3, *г–е*) сравнивали с соответствующими АСМ-изображениями (рис. 2, *a–в*; 3, *a–в*). Основные рассчитанные мультифрактальные характеристики структур приведены в таблице.

**Мультифрактальные характеристики поверхности разрушения образцов шунгита**

Образец	Мультифрактальные характеристики структуры		
	$\Delta_{100}$	$f_{100}$	$D_{100}$
Исходные образцы	0,27 ± 0,08	0,3 ± 0,2	1,55 ± 0,04
Образцы после термобарического спекания при давлении 1,5 ГПа и температуре 1200 °С в течение 10 с	0,33 ± 0,04	0,3 ± 0,1	1,53 ± 0,02
Образцы после отжига в восстановительной атмосфере при 1000 °С с изотермической выдержкой в течение 1 ч и термобарического спекания при 1,5 ГПа и 1200 °С в течение 10 с	0,29 ± 0,03	0,3 ± 0,1	1,58 ± 0,07
Образцы после отжига в окислительной атмосфере при 1000 °С с изотермической выдержкой 1 ч и термобарического спекания при 1,5 ГПа и 1200 °С в течение 15 с	0,26 ± 0,07	0,29 ± 0,09	1,52 ± 0,03

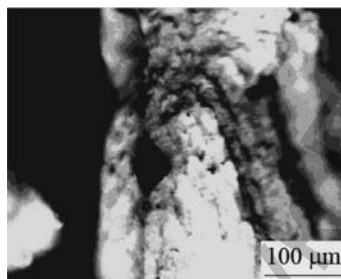


Рис. 1. Микроструктура образца шунгитового углерода

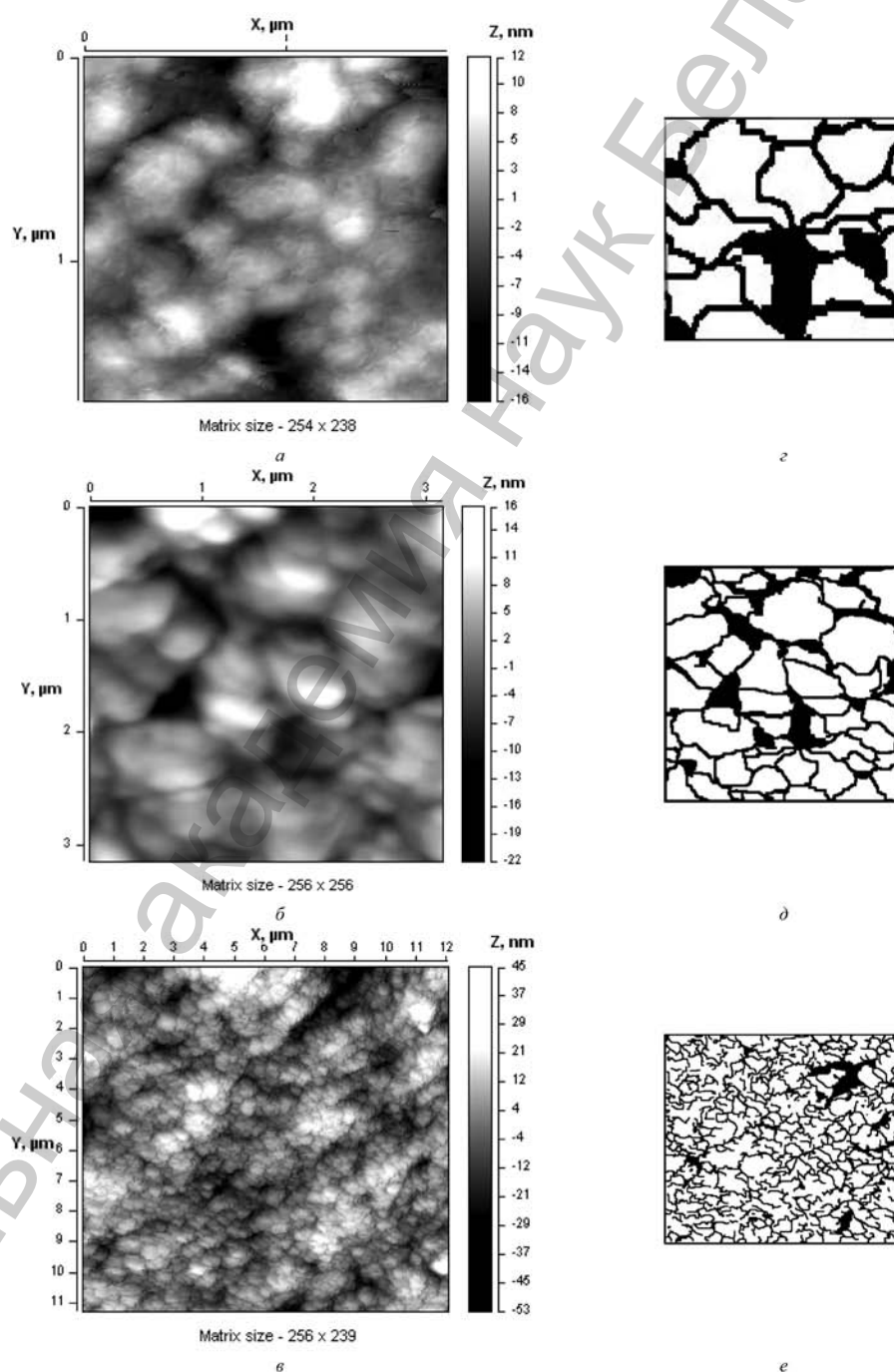


Рис. 2. АСМ-изображения структуры излома (*a–в*) и аппроксимированные структуры (*г–е*) исходных образцов шунгита с содержанием углерода 96–98 %; размер поля сканирования: 1,5 мкм (*a*); 3 мкм (*б*); 12 мкм (*в*)

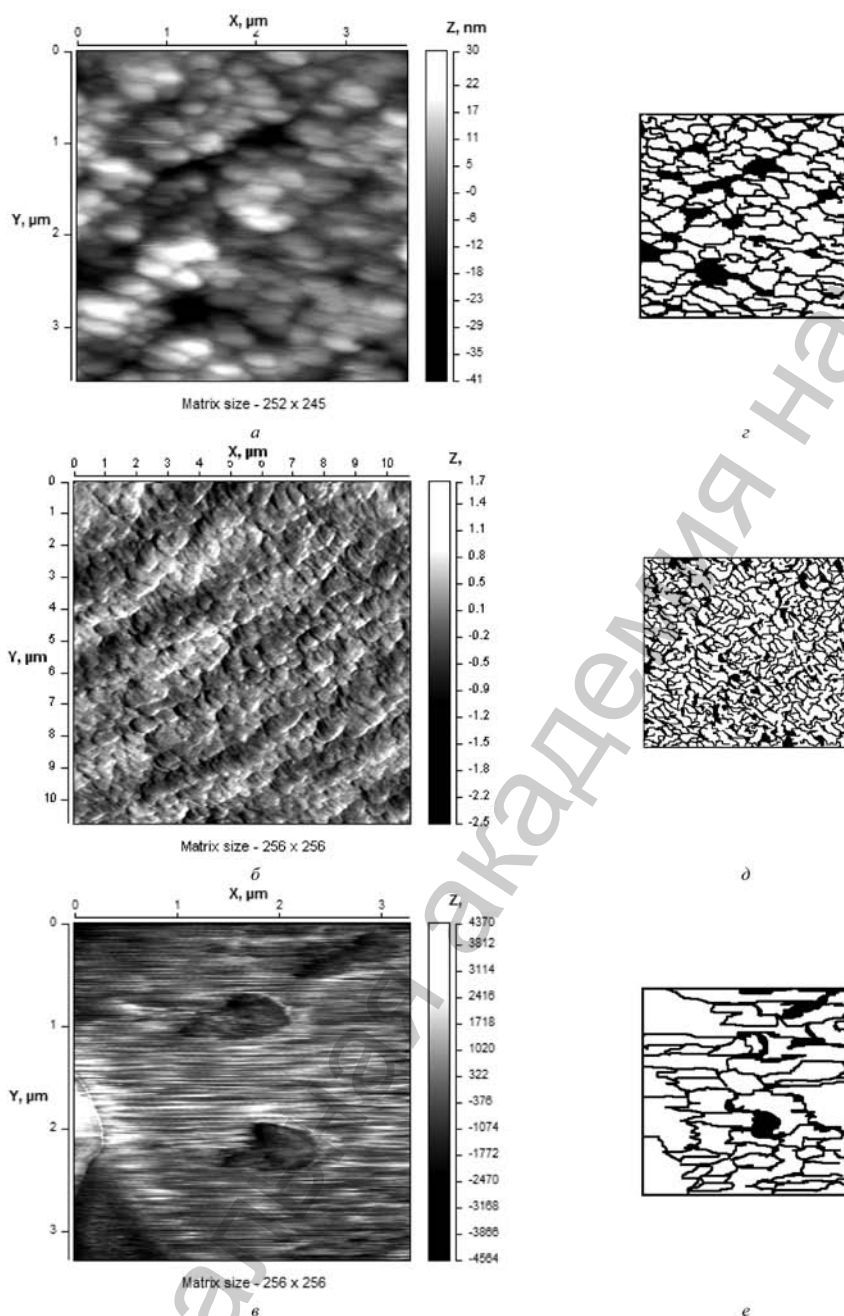


Рис. 3. АСМ-изображения структуры излома (а–в) и соответствующие аппроксимированные структуры образцов шунгита (z–e) после термобарического спекания при давлении 1,5 ГПа и температуре 1200 °С (а, z); после отжига в восстановительной атмосфере и термобарического спекания (б, d); после отжига в окислительной атмосфере и термобарического спекания (в, e); размер поля сканирования: 3 мкм (а, в); 12 мкм (б)

**Влияние вида обработки на структуру шунгита.** Термобарическая обработка. Термообработка до температуры в 1000 °С при нормальном давлении в инертной атмосфере не приводит к изменению структурных параметров шунгитового углерода. Сравнительный анализ структуры исходного образца шунгита и образца после термобарической обработки в аппарате высокого давления при давлении 1,5 ГПа и температуре 1200 °С в течение 10 с показал, что на макроструктурном уровне видимых изменений в материале не произошло.

Показатель однородности структуры  $f_{100}$  по сравнению с исходными образцами не изменяется (таблица). При этом после отжига внутри исходных полиэдрических агрегатов размером 1–2 мкм (рис. 2, б) наблюдается формирование овализованных частиц на основе глобул размером 100–200 нм (рис. 3, а) с направленным характером структуры. Этот эффект вызывает рост периодической составляющей в структуре, что находит отражение в некотором увеличении показателя упорядоченности  $\Delta_{100}$ . Значение  $D_{100}$  остается практически в том же интервале, что свидетельствует о протекании в сходных термодинамических условиях процессов разрушения исходных образцов шунгита и образцов после термобарической обработки.

При исследовании влияния термообработки в восстановительной или окислительной атмосферах на структуры шунгита, установлено, что в ходе предварительного термического отжига может наблюдаться перестройка наноструктурных элементов. Это свидетельствует о метастабильности структур шунгитового углерода.

**Термообработка в восстановительной атмосфере.** АСМ-изображение структуры скола образца шунгита с содержанием углерода 96–98 % после отжига в восстановительной атмосфере аммиака при температуре 1000 °С в течение 1 ч и последующего термобарического отжига при давлении 1,5 ГПа и температуре 1200 °С в течение 10 с приведено на рис. 3, б.

Слияние овализованных глобул происходит с образованием полиэдрических частиц порядка 0,5 мкм (рис. 3, б). Аналогичные перестройки наблюдаются на частицах углеродных саж, но происходят они при более высоких температурах (1000 и 2800 °С – для шунгита и сажи соответственно).

Внешне структура поверхности разрушения становится похожа на структуру исходных образцов. Дополнительная упорядоченность в структуре, связанная с наличием направленных овализованных частиц, исчезает, и показатель упорядоченности структуры  $\Delta_{100}$  снижается. Однако вследствие присутствия определенной волновой составляющей в структуре (рис. 3, б) значение  $\Delta_{100}$  выше, чем у остальных образцов. Показатель однородности  $f_{100}$  близок к таким у исходных образцов. В то же время разрушение шунгита со структурой полиэдрических частиц, имеющих меньший размер по сравнению с исходными образцами и образцами после термобарической обработки, происходит в более неравновесных условиях (некоторое увеличение показателя  $D_{100}$ ). Это может быть связано с большей прочностью этих образцов вследствие мелкозернистости (появление

разрушающей трещины происходит при больших значениях напряжения и скорости ее роста выше, чем в других образцах). Сходный эффект наблюдался для высокопрочных материалов [9; 10].

Проведенный рентгеноструктурный анализ образцов шунгита показал, что отжиг в восстановительной атмосфере аммиака не приводит к образованию графитоподобного углерода, поэтому рост частиц шунгитного углерода заторможен (рис. 3, б).

**Термообработка в окислительной атмосфере.** АСМ-изображение структуры скола образца шунгита с содержанием углерода 96–98 % после отжига в окислительной атмосфере углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) при температуре 1000 °С в течение 1 ч и последующего термобарического отжига при давлении 1,5 ГПа и температуре 1200 °С в течение 15 с приведено на рис. 3, в.

По росту структур (рис. 3, в) наблюдаются дальнейшие изменения в материале и образование достаточно крупных частиц призматической формы размером 6–10 мкм с гладкой поверхностью, обладающих четкой огранкой.

Образование крупных частиц призматической формы и без выраженного направленного характера приводит к появлению структуры достаточно похожей на структуру исходных образцов. Показатели упорядоченности  $\Delta_{100}$  и однородности  $f_{100}$  такой структуры разрушения располагаются в том же интервале, что и соответствующие показатели для исходных образцов. Значение  $D_{100}$  близко к его значению для исходных образцов и образцов после термобарической обработки в результате того, что процессы разрушения протекают в сходных условиях.

После предварительного отжига в окислительной атмосфере углекислого газа наблюдается появление рефлексов графита, причем с увеличением времени отжига интенсивность рефлексов увеличивается, что свидетельствует о разрушении углеродных глобул в шунгите, формировании графитоподобного углерода и его рекристаллизации при последующей термобарической обработке (рис. 3, в).

**Заключение.** Высокотемпературный отжиг оказывает активное влияние на структуру шунгитового углерода: наблюдается слияние глобул с образованием более крупных, увеличение размеров кристаллитов шунгитового углерода и частичное разрушение шунгитовых глобул с их графитизацией.

При высокотемпературном отжиге в восстановительной ( $\text{NH}_3$ ) и окислительной ( $\text{CO}_2$ ) атмосферах с последующей термобарической обработкой при высоких давлениях и температурах наблюдается трансформация исходных глобул в кристаллы кубической (полиэдрической) формы, при этом размер исходных глобулярных образований увеличивается после отжига и обработки более чем на порядок (с 0,1–0,3 до 5–10 мкм).

Наилучшие сочетания структурных характеристик и ожидаемых прочностных показателей обеспечивает комплексная обработка шунгитовой породы с высоким содержанием углерода (96–98 %), включающая отжиг в восстановительной атмосфере при 1000 °С с изотермической выдержкой в течении 1 ч и термобарическое спекание при 1,5 ГПа и 1200 °С в течение 10 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проекты № Ф10Мн-001, Т10Р-067).

### Литература

1. В и т я з ь П. А., Ж о р н и к В. И., К у к а р е к о В. А. и др. Модифицирование материалов и покрытий наноразмерными алмазосодержащими добавками / под общ. ред. П. А. Витязя. Минск, 2011. – 522 с.
2. Р о ж к о в а Н. Н., Е м е л ь я н о в а Г. И., Г о р л е н к о Л. Е., Л у н и н В. В. // Журн. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева. 2004. Т. XLVIII, № 5. С. 107–115.
3. Шунгиты – новое углеродистое сырье / под ред. В. А. Соколова, Ю. К. Калинина, Е. Ф. Дюк-киева. Петрозаводск, 1984. – 239 с.
4. В и т я з ь П. А. // Сб. науч. тр. VI МНТК «Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин»: В 3 т. Новополоцк, 2007. Т. 1. С. 3–10.
5. В и т я з ь П. А., Г р и ц у к В. Д., С е н ю т ь В. Т. Синтез и применение сверхтвердых мате-риалов. Минск, 2005. – 359 с.
6. В с т о в с к и й Г. В., К о л м а к о в А. Г., Б у н и н И. Ж. Введение в мультифрактальную параметризацию структур материалов. Ижевск, 2001. – 116 с.
7. К о л м а к о в А. Г. // Металлы. 2004. № 4. С. 98–107.
8. К о л м а к о в А. Г. // Нелинейный мир. 2006. Т. 4, № 3. С. 126–136.
9. С е в о с т ь я н о в М. А., К о л м а к о в А. Г., М о л о к а н о в В. В. и др. // Деформация и раз-рушение материалов. 2010. № 3. С. 28–35.
10. К о л м а к о в А. Г., Г е р о в В. В., Б а р а н о в Е. Е. и др. // Деформация и разрушение мате-риалов. 2006. № 1. С. 21–28.

*P. A. VITIAZ, V. T. SENYUT, M. L. KHEIFETZ, A. G. KOLMAKOV,  
E. E. BARANOV, H. TSOOHUU, L. ENKHTOR*

### **INFLUENCE OF HIGH PRESSURE–HIGH TEMPERATURE TREATMENT ON MACRO-, MESO- AND MICROSTRUCTURE OF CARBON MATERIALS OF SCHUNGITE ROCK**

#### **Summary**

The samples of schungite rock with the carbon concentration in the range of 96–98 % after high pressure–high temperature treatment in a high-pressure apparatus in a range of pressures 1.0–3.5 GPa and at temperature over 1000 °C have been studied. It has been shown that high-temperature annealing actively influences on structure of schungite carbon: coalescence of the globules with a formation of larger ones, increase in the sizes of crystallites of schungite carbon and partial destruction of schungite globules and their graphitization have been observed. Transformation of initial globules into the crystals of the cubic form after high-temperature annealing in reducing and oxidizing atmospheres with the subsequent high pressure–high temperature treatment have been taken place with increasing the size of initial globular aggregates more than 10 times after annealing and processing under pressure. The best combinations of structural characteristics and expected strength properties are received at complex processing of schungite rock, including annealing in reducing atmosphere at 1000 °C with isothermal exposure during 1 hour and high pressure–high temperature sintering at 1,5 GPa and 1200 °C during 10 s.

УДК 621.039.75

А. А. БОРОВОЙ<sup>1</sup>, Г. А. ШАРОВАРОВ<sup>2</sup>**ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»**<sup>1</sup>РНЦ «Курчатовский институт»<sup>2</sup>Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 15.11.2010)

*Работа посвящена проблемам ядерной безопасности чернобыльского объекта «Укрытие». На основе новых данных по топливному, радионуклидному и материальному балансу чернобыльской катастрофы сделан анализ ядерной безопасности лавообразной топливосодержащей массы и показаны условия образования критических масс.*

**Введение.** При разрушении реактора Чернобыльской АЭС образовалась топливосодержащая масса (ТСМ). Основным типом ТСМ – лавообразные материалы (ЛТСМ). Перед этим они прошли достаточно длинный путь (часто десятки метров) от места своего образования.

В статье на основе новых данных по топливному, радионуклидному и материальному балансу чернобыльской катастрофы, полученных авторами при выполнении проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Т08Р-034, приводятся результаты исследований по возможному образованию самоподдерживающейся цепной реакции (СЦР) в объекте «Укрытие» в настоящее время.

**Материалы и методы исследований.** В качестве исходных данных принимаются результаты исследований по проблемам обеспечения ядерной безопасности объекта «Укрытие», выполненных авторами [2; 3; 7; 8] и их коллегами [1; 4–6] при совместной работе в составе международной комплексной экспедиции РНЦ «Курчатовский институт» и Межотраслевого научно-технического центра «Укрытие» в г. Чернобыль. Современное представление вертикального распространения лавы по паросбросным каналам и трубам представлено на рис. 1.

Существующие сегодня в «Укрытии» композиции ТСМ разделяются на несколько групп:

реальные и способные образоваться на их основе композиции, в которых, однако, возникновение СЦР невозможно (по ядерно-физическим, геометрическим или другим причинам) (группа 1);

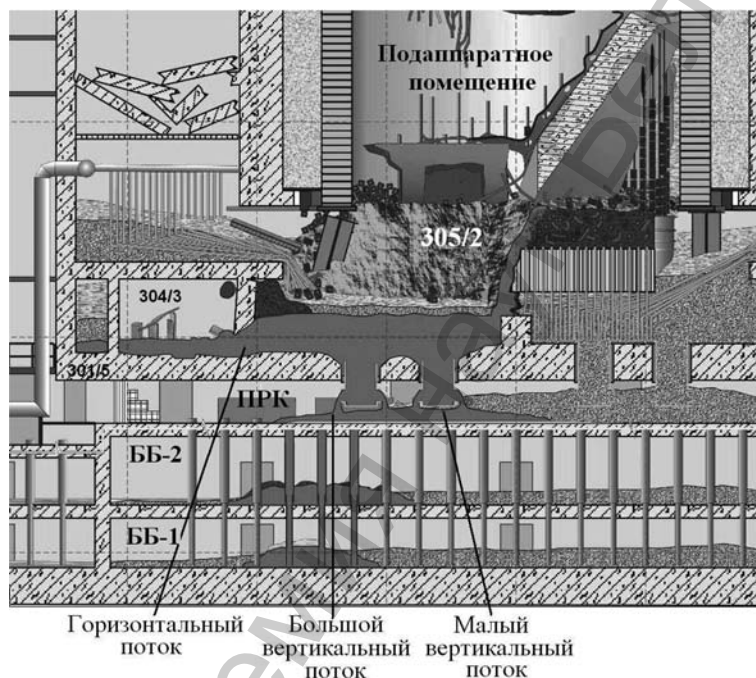


Рис. 1. Вертикальное распространение лавы по паросбросным каналам и трубам. Большой вертикальный поток: пом. 305/2 → пом. 210/7 → пом. 012/15 → пом. 012/7. Малый вертикальный поток: пом. 305/2 → пом. 210/6. ББ – бассейн-барботер, ПРК – парораспределительный коридор

реальные и способные образоваться на их основе композиции, для которых возникновение СЦР принципиально возможно, но это связано со стечением настолько маловероятных событий, что практически ядерная опасность отсутствует (группа 2);

способные образоваться новые композиции, в которых возникновение СЦР принципиально возможно, но на пути ее реализации существует ряд известных барьеров безопасности (группа 3);

способные образоваться новые композиции, в которых возникновение СЦР принципиально возможно, а о существовании барьеров безопасности достаточной информации нет (группа 4).

Для исследования использовались программы WIMS, КРАБ-1, РИТМ, КРАТЕР, МСНР, DECA, методы Монте-Карло и результаты баланса по ЛТСМ, фрагментам активной зоны, графита и воды.

**Результаты и их обсуждение.** На рис. 2 представлена зависимость коэффициента размножения нейтронов от содержания урана и выгорания топлива в системе (ЛТСМ + вода).

Вода служит замедлителем, и без нее возникновение критичности в ЛТСМ невозможно. Необходимо отметить, что содержание воды в каждой точке соответствует максимальному значению коэффициента размножения нейтронов

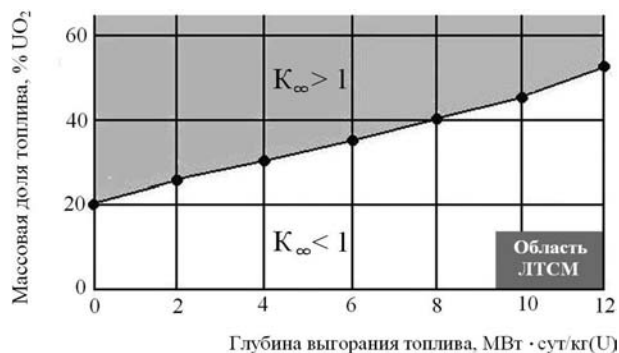


Рис. 2. Зависимость коэффициента размножения нейтронов от содержания урана и выгорания топлива в системе (ЛТСМ + вода)

(наиболее консервативный подход). Темная область – область, в которой возможна самоподдерживающаяся цепная реакция. Прямоугольник внизу – область экспериментальных параметров «чистой лавы» (активная лава без фрагментов активной зоны).

Обработка результатов большого числа анализов ЛТСМ показала, что реальная угольно-черная керамика содержит  $(5,5 \pm 1,5)$  % топлива (по урану), шоколадно-коричневая –  $(10 \pm 2)$  %. В то же время топливо в черной и коричневой керамике имеет практически одинаковое выгорание: коричневая керамика –  $(12,6 \pm 0,4)$ , черная –  $(12,5 \pm 0,5)$  МВт·сут/кг (U).

Поэтому «чистая лава» в любой смеси с водой не способна к СЦР. Учет любых других параметров, например наличия других химических элементов в составе лавы, присутствие поглотителей, конечные геометрические размеры и т. п. только усиливает это утверждение.

Таким образом, можно сделать вывод, что помещения, находящиеся на первом и втором этажах бассейна-барботера (отм. 0,0 м и 3,0 м), помещения, в которых распространялся горизонтальный поток лавы – коридоры 301/5, 301/6 (отм. +9,0 м), комнаты 303/3, 304/3 (отм. +9,0 м), 217/2 (отм. +6,0 м) и 017/2 (отм. 0,0 м) (см. рис. 3) относятся к 1-й и 2-й группам.

Взятые в помещениях ПРК пробы не обнаруживают каких-либо аномалий – вещество лавы хорошо перемешано. В реальной ситуации влажные, а тем более сухие ЛТСМ, находящиеся в этих помещениях, как видно из рис. 2, глубоко подкритичны. Композиция, в которой возникновение СЦР принципиально возможно, могла бы образоваться при обрушении потолка ПРК и объединении топливных композиций подаппаратного помещения 305/2 и парораспределительного коридора. Визуальными наблюдениями установлено, что часть потолка ПРК провисла, а результаты бурения показывают, что его бетон частично деструктурирован и содержит топливо.

Исходным событием для образования опасной композиции может быть, например, опускание схемы «Е» (верхней «крышки» реактора). При этом добавка

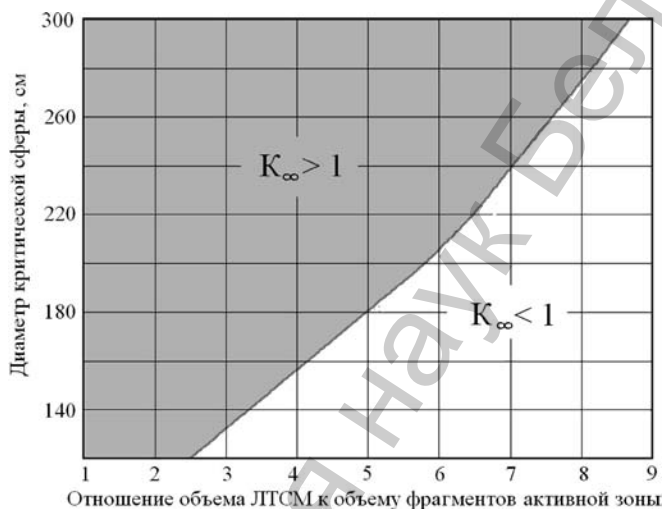


Рис. 3. Область возможных критических состояний системы (ЛТСМ + АФЗ + вода): изотопный состав топлива: 1 % урана-235, 0,2 % плутония-239 (выгорание ~10 МВт·сут/кг(U)); состав ячейки: твэлы РБМК, вода, ЛТСМ; состав ЛТСМ: двуокись урана – 0,2 г/см<sup>3</sup>, двуокись кремния – 2 г/см<sup>3</sup>; отражатель: бетон, 50 см; количество воды: выбрано из условия  $K_{\infty}$  – максимально

любого количества «чистой лавы» не изменит глубокой подкритичности ЛТСМ в ПРК, даже при гипотетическом попадании в нее воды. Другое дело, когда в образовавшуюся композицию добавится значительное количество топлива в виде фрагментов активной зоны.

На основании проведенных последних исследований по топливному, радионуклидному и материальному балансу было определено, что в объекте «Укрытие» находится 152 т топлива, из них 90 т топлива входит в состав ЛТСМ и 62 т находятся в разрушенном реакторе в виде фрагментов. Поэтому рассмотрим более подробно поведение такой сборки.

На рис. 3 приведена зависимость диаметра критической сферы от отношения объема ЛТСМ к объему фрагментов активной зоны (АФЗ).

Как видно из рис. 2, полученные из топливного баланса новые данные по количеству фрагментов повышают вероятность возникновения СЦР за счет уменьшения диаметра критической сферы. При снижении отношения объема ЛТСМ к объему фрагментов активной зоны с 7 до 2,5 диаметр критической сферы уменьшается в 2 раза.

При обогащении топлива 2 % по урану-235 (топливо с малым выгоранием) радиусы критических сфер уменьшаются примерно вдвое. В построенной для ПРК гипотетической композиции возникновение СЦР принципиально возможно, но, помимо малой вероятности иницирующих событий, на пути ее реализации существуют ряд известных и достаточно высоких барьеров безопасности. К ним относятся наличие перекрытия между помещением 305/2 и ПРК; отсутствие воды; наличие поглотителя.

Рассматривая эти барьеры с учетом новых данных по топливному балансу можно классифицировать помещения ПРК по их ядерной опасности, как находящиеся между 2-й и 3-й группой.

В соответствии с топливным балансом в южном бассейне выдержки на момент аварии находились 129 кассет отработавшего топлива с глубиной выгорания близкой к средней по загрузке. Визуальный осмотр помещения через перископ, проведенный в последнее время, показал целостность кассет и видимое сохранение структуры их размещения. Вода в бассейне выдержки отсутствует, видимо, из-за нарушения его целостности при взрыве.

Для выгоревшего топлива в бассейне выдержки, наполненном водой, получены значения коэффициента размножения нейтронов в бесконечной среде –  $K_{\infty}$  в зависимости от шага между пенами (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Значения коэффициента размножения нейтронов в бесконечной среде –  $K_{\infty}$  в зависимости от шага между пенами

Шаг, см	10	15	20
$K_{\infty}$	0,684	0,491	0,260

Из данных табл. 1 видно, что даже при полном заливе водой и малом шаге система остается глубоко подкритичной.

При разрушении подвесок, падении пеналов на дно и заливе водой система все равно остается подкритичной –  $K_{эфф} < 0,9$  [6].

Гипотетическая композиция, в которой возникновение СЦР принципиально возможно, могла бы образоваться при разрушении пеналов и объединении концевых частей сборок с малым выгоранием. В настоящее время проделаны расчеты критмасс сферических скоплений топлива с композицией (топливо + вода) для топлива с глубиной выгорания 5,4 МВт·сут/кг(U). Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Расчеты критических масс сферических скоплений топлива для композиции (топливо + вода)

UO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O (объемные доли), %	20/80	30/70	40/60	50/50
Диаметр критической сферы, см	123	98	104	126
UO <sub>2</sub> , г	2,04	1,55	2,47	5,5
Объем критической сферы, м <sup>3</sup>	0,974	0,493	0,598	1,047

В этой гипотетически построенной композиции возникновение СЦР принципиально возможно, но на пути ее реализации существует ряд известных и достаточно высоких барьеров безопасности. К последним относятся существующее взаиморасположение сборок; отсутствие в бассейне воды; негерметичность бассейна.

Учитывая эти барьеры, можно классифицировать бассейн выдержки по степени его ядерной опасности как помещение 2-й и 3-й групп.

Рассмотрим помещения, относящиеся к 3-й и 4-й группам, в которых возникновение СЦР принципиально возможно. Авария объединила подапаратное помещение и шахту реактора (см. рис. 1). Поэтому в дальнейшем речь пойдет об обоих, обозначаемых для краткости подапаратным, или пом. 305/2, тем более, что подавляющая часть ТСМ находится именно в нем.

Информационная схема об обнаруженных в пом. 305/2 скоплениях топлива содержится на рис. 4. Как видно из приведенных данных, здесь находятся все основные модификации ТСМ. Наибольшее количество топлива сосредоточено в лаве и фрагментах активной зоны. Элементный и радионуклидный состав ТСМ в помещении был определен на основании 80 проб с учетом современного топливного баланса. Большая часть из них представляет собой чистые ЛТСМ, но есть и пробы с высоким содержанием урана и с малым выгоранием.

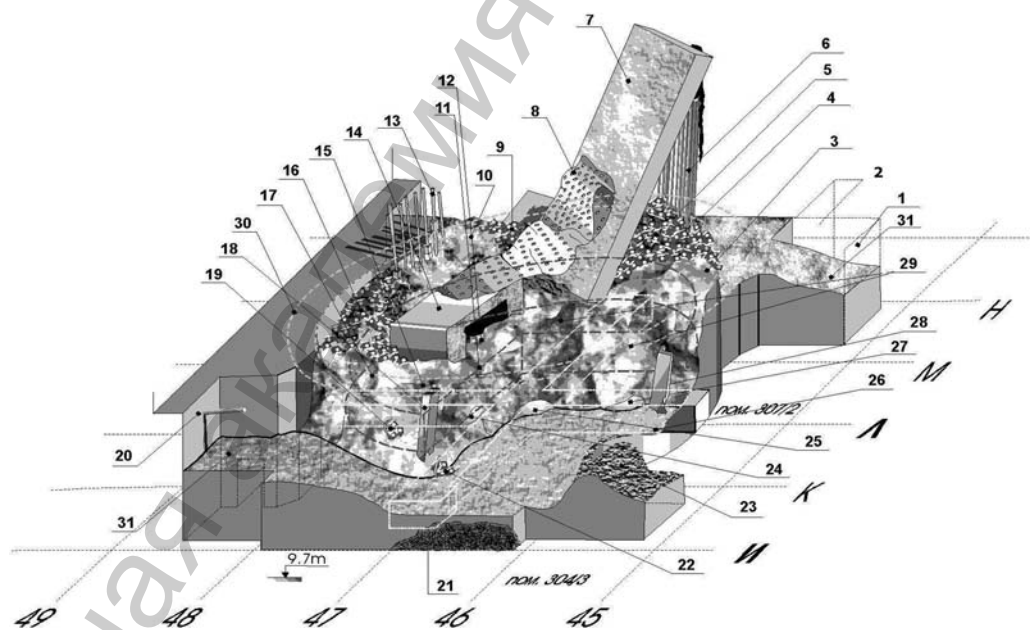


Рис. 4. Информационная схема пом. 305/2: 1 – проем северных откатных ворот; 2 – поверхность «свежего бетона»; 3 – засыпка из межкомпенсаторного зазора; 4 – «сталагмит»; 5 – область, заполненная фрагментами активной зоны; 6 – каналы охлаждения; 7 – наклонно стоящая железобетонная плита; 8 – деформированный лист металла; 9 – фрагмент завала (железобетонная конструкция?), (отметка +17,00); 10 – «траншея»; 11 – схема «ОР»; 12 – провал (отметка +13,00); 13 – каналы охлаждения отражателя; 14 – железобетонная конструкция; 15 – фрагмент элемента завала (железобетонная конструкция?); 16 – сборки с сохранившимися твэлами; 17 – край схемы «ОР»; 18 – южная дополнительная опора; 19 – фрагменты тепловыделяющих сборок (ТВС); 20 – западная стена помещения 305/2; 21 – массив ТСМ; 22 – графитовые блоки и обломки труб (ТК?); 23 – гравийная куча; 24, 25, 27 – бреши в стене из переплавленного вещества; 26 – прожег (пролом в стене); 28 – колонна; 29 – стена из рыхлого переплавленного вещества; 30 – проекция бака «Л» на отметку +15,95; 31 – наплыв «свежего бетона»

Необходимо отметить, что все имеющиеся данные относятся к образцам, взятым на поверхности скоплений ТСМ, поскольку извлечение образца из глубины связано с большой вероятностью переоблучения персонала.

Визуально в пом. 305/2 обнаружено значительное количество АФЗ (рис. 4, 5, 16, 19).

При проведении материального баланса учитывалось, что в этом помещении имеется графит в виде целых и разрушенных блоков реакторной кладки (позиция 22). В это помещение возможно попадание значительного количества воды. Перечисленные материалы могут образовывать потенциально опасные композиции, для которых необходимо определить критические параметры.

Рассмотрим сначала возможность нахождения в помещении 305/2 опасных гетерогенных структур, образованных АФЗ.

Возможно ли, чтобы под завалами и «свежим» бетоном сохранилась часть реактора РБМК, обладающая высоким коэффициентом размножения нейтронов? Каковы должны быть ее размеры? Такие вопросы возникают в первую очередь, поскольку ясно, что специально спроектированная, оптимизированная для осуществления цепной ядерной реакции система, опаснее случайно возникших конгломератов. На основании проведенного топливного баланса определено, что в объекте «Укрытие» (ОУ) в настоящее время находится 90 т топлива в ЛТСМ и 62 т в виде фрагментов активной зоны. Распределение проб, отобранных в пом. 305/2, по содержанию урана и выгоранию представлено на рис. 5.

Были рассчитаны критические параметры кластера из ТВС, залитого водой на высоту  $H$ , с выгоранием топлива – 11,5 МВт·сут/кг (U) для различных концентраций бора в воде, % (массовые доли). На рис. 6 приведены критические размеры такого кластера.

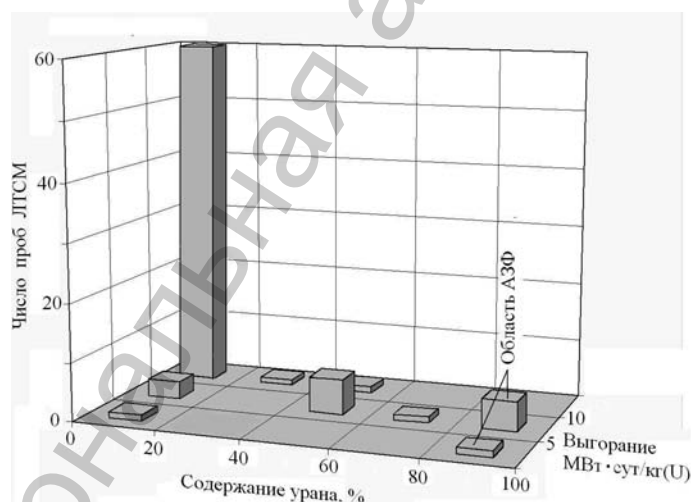


Рис. 5. Распределение проб, отобранных в пом. 305/2, по содержанию урана и выгоранию

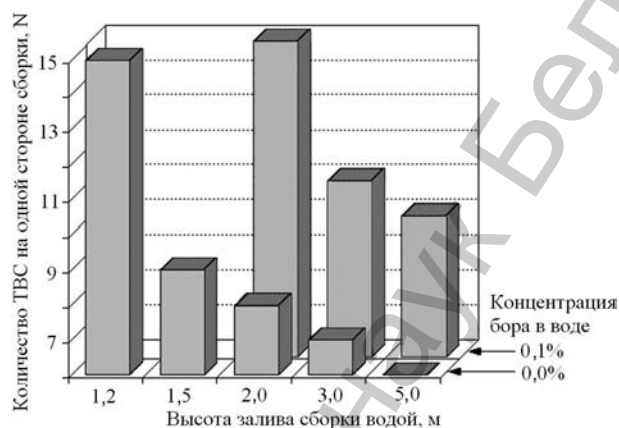


Рис. 6. Критические размеры кластера из ТВС, залитого водой на высоту  $H$ . Выгорание топлива – 11,5 МВт-сут/кг (U). В качестве параметра приводится концентрация бора в воде, % (массовые доли)

Проведенный материальный баланс подтвердил реальность залива таких кластеров водой. Поступление воды в ОУ определяется следующими источниками: осадки – 2000 м<sup>3</sup> в год, конденсат в ОУ – 600 м<sup>3</sup> в год, от растворов пылеподавления – 200 м<sup>3</sup> в год.

Были также исследованы «сухие» системы и системы, залитые водой, состоящие из отдельных фрагментов активной зоны цилиндрической геометрии со структурой РБМК. При расчетах критичности, в случае залива кластера водой, предполагалось, что вода может заполнить все пространство между твэлами и зазор между технологическим каналом и графитом. Расчеты выполнялись по программе «КРАТЕР».

Значения коэффициента размножения в бесконечной среде ( $K_{\infty}$ ) для таких систем, очевидно, больше 1. Минимальное число ТВС для достижения критической массы приведено в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. Коэффициенты размножения нейтронов  $K_{эфф}$  в фрагментах АЗ цилиндрической геометрии со структурой РБМК

Число «половинок» ТК*	R цилиндра, см	Свежее топливо		Топливо с выгоранием 11,5 МВт-сут/кг(U)	
		сухое	с водой	сухое	с водой
9	39,2	0,29	0,52	0,21	0,43
33	76,4	0,78	0,86	0,61	0,71
113	141,3	1,08	1,00	0,88	0,84
261	214,6	1,18	1,05	0,97	0,88

\* ТК – технологические каналы.

Как видно из приведенных в табл. 3 данных, для топлива с малым выгоранием существуют реальные геометрические размеры, при которых коэффициенты размножения нейтронов будут больше единицы.

**Заключение.** На основе данных по топливному, радионуклидному и материальному балансу чернобыльской катастрофы показано, что учитывая наличие в объекте «Укрытие» 62 т топлива в виде фрагментов активной зоны, разрушение пассивных барьеров безопасности (снижение температуры ЛТСМ за счет уменьшения остаточного тепловыделения и разрушение водонепроницаемой стеклообразной поверхности за счет радиационного охрупчивания ЛТСМ), очищение воды от нейтронных поглотителей и генерацию конденсационной влаги, можно сделать вывод, что сегодня в объекте «Укрытие» содержится достаточное количество делящегося материала, в котором при заливе водой или другими водородосодержащими жидкостями могут быть получены критические массы, способные привести к аварийным выбросам радионуклидов и актиноидов в атмосферу на всех стадиях преобразования его в экологически безопасную систему.

Работа выполнена в рамках проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Т08Р-034.

### Литература

1. Б р о д к и н Э. Б., Х р у с т а л е в А. В. Расчеты размножающих свойств гомогенных смесей: Отчет ИАЭ им. И. В. Курчатова, инв. № 30/1-1030-90. Москва, 1990. – 19 с.
2. Разработка технических предложений по методам влияния на подкритичность ядерноопасных материалов объекта «Укрытие»: Отчет МНТЦ «Укрытие». Чернобыль, 1997. – 131 с.
3. Анализ ядерной безопасности объекта «Укрытие»: Отчет ИЯЭ АН БССР, инв. № 1449. Минск, 1990. – 80 с.
4. Г м а л ь Б., М о з е р Е. Ф., П р е т ш Г., К в а д е У. Анализ и оценка «Технического обоснования ядерной безопасности объекта «Укрытие». Поведение критичности ТСМ на объекте «Укрытие»: Отчет GRS по проекту SR-2075/8-1, рабочий пункт 1, GRS-A-2414. 1997. – 44 с.
5. В е р ц и м а х а О. Я., П а в л о в и ч В. А., Б а б е н к о В. А. и др. // Ядерная и радиационная безопасность. 1998. Т. 1, вып. 2. С. 52–67.
6. Экспертное заключение на материалы по оценке и прогнозу состояния ядерной и радиационной безопасности объекта «Укрытие». ФЭИ, Отчет №60/12 от 01.07.92.
7. The Shelter current safety analysis and situation development forecasts (update version) / A. Borovoy et al. Tasis, European Commission, 1998. – 103 p.
8. Б о г а т о в С. А., Б о р о в о й А. А., Г а в р и л о в С. А. и др. Состояние ядерной, радиационной и экологической безопасности объекта «Укрытие» (Сбор, верификация, представление информации, проведение дополнительных исследований): Отчет ИВТЭМ РНЦ «Курчатовский институт». Москва, 1995. – 120 с.

*A. A. BOROVOY, H. A. SHARAVARAU*

### NUCLEAR SAFETY OF THE OBJECT SHELTER

#### Summary

The paper is devoted to the Chernobyl object «Shelter» nuclear safety problems. New dates of nuclear, radionuclide and material balance was carried. Analysis of nuclear safety of lava liked fuel containing masses was carried. The critical mass conditions of formation are shown.

УДК 532.516

П. Н. КОНОН, В. В. ШПОРТЬКО

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОСКИХ И ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ СЛОЕВ  
ЖИДКОСТИ, НЕПОДВИЖНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ВНУТРЕННЕЙ  
ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ЦИЛИНДРА***Белорусский государственный университет**(Поступила в редакцию 09.02.2011)*

*Проведено исследование относительного равновесия слоя вязкой жидкости на внутренней поверхности вращающегося цилиндра. Изучено влияние физических свойств жидкости, перепада давлений в слое и окружающей среде, скорости вращения, радиуса цилиндра, толщины слоя на вид его свободной поверхности. Исследована возможность бифуркации решений.*

**Введение.** В химической, строительной, пищевой и других отраслях промышленности находят широкое применение процессы, использующие движение слоя жидкости на внутренней поверхности вращающегося цилиндра. Например, процессы производства жидкого бетона в строительстве и сливочного масла в пищевой промышленности состоят в разрушении слоя, формирующегося на внутренней поверхности достаточно медленно вращающегося цилиндра. В других технологических процессах, использующих данный вид движения, необходимо добиться полного отсутствия неровностей, бугорков жидкости на поверхностях. Это требуется при нанесении слоя клея на бумагу, в производстве изделий из стекла, покраске предметов цилиндрической формы [1]. При этом необходимо выбрать оптимальную скорость вращения цилиндра, чтобы избежать, с одной стороны, возможности перетекания жидкости, а с другой – появления значительных возмущений поверхности слоя.

В случае пренебрежения гравитацией возможно существование стационарного решения уравнений Навье–Стокса, описывающего установившееся движение жидкого слоя как твердого тела, жестко вращающегося вместе с цилиндром, что подтверждается экспериментальными наблюдениями при определенных режимах вращения [1–3]. Это обуславливает необходимость исследовать формы равновесия жидкости на внутренней поверхности вращающегося цилиндра.

**Общая постановка задачи и вывод основного уравнения относительного равновесия.** Рассмотрим движение слоя вязкой несжимаемой жидкости на внутренней поверхности вращающегося с постоянной угловой скоростью  $\omega_0$  горизонтально расположенного цилиндра в поле сил поверхностного натяжения и гравитации. Введем неподвижную цилиндрическую систему координат  $O, X, Y, \theta$ . Ось  $X$  направим вдоль оси цилиндра, ось  $Y$  – по его радиусу (рис. 1).

Как и в [4], движение жидкости описывается уравнениями Навье–Стокса, неразрывности и свободной поверхности, обезразмеренными по радиусу цилиндра  $R_0$ , угловой скорости его вращения  $\omega_0$  и плотности жидкости  $\rho$ . На свободной поверхности слоя  $y = h(x, \theta, t)$  выполняются условия на нормальные и касательные напряжения [5], а на поверхности цилиндра – условия прилипания. В момент времени  $t = 0$  задаются начальные условия. Вязкое взаимодействие с окружающей средой не учитывается.

Перейдем к относительной системе координат  $\tau, \xi, \eta, \varphi$ , связанной с вращающимся цилиндром:

$$\tau = t, \xi = x, \eta = y, \varphi = \theta - t. \quad (1)$$

Будем разыскивать стационарные решения задачи, соответствующие слою, неподвижному относительно поверхности цилиндра [4]. В относительной системе координат  $\xi, \eta, \varphi$  они имеют вид

$$u = 0, v = 0, w = 0, h = h(\xi, \varphi), p = p(\eta). \quad (2)$$

При этом массовыми силами пренебрегаем. Для того, чтобы система уравнений удовлетворялась тождественно,  $p(\eta)$  должно определяться из уравнения

$$\frac{\partial p}{\partial \eta} = \eta, \quad (3)$$

решение которого имеет вид

$$p(\eta) = p_1 + \frac{1}{2}(\eta^2 - 1). \quad (4)$$

Здесь  $p_1 = \text{const}$  – безразмерное давление на поверхности цилиндра  $\eta = 1$ . Из (4) и граничного условия на нормальные напряжения можно получить уравнение для определения свободной поверхности слоя  $\eta = h(\xi, \varphi)$ :

$$\frac{2}{R_s} = -\frac{1}{2}We(2Eu + h^2 - 1). \quad (5)$$

В уравнение (5) входят безразмерные параметры – число Вебера  $We = \rho R_0^3 \omega_0^2 / \sigma$  и число Эйлера  $Eu = (P_1 - P_a) / \rho \omega_0^2 R_0^2 = p_1 - p_a$ , где  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения жидкости,  $P_1$  и  $P_a$  – соответственно давление на поверхности цилиндра и в невозмущенной окружающей среде. В левой части соотношения (5) записана средняя кривизна поверхности слоя, которая определяется выражением [5]

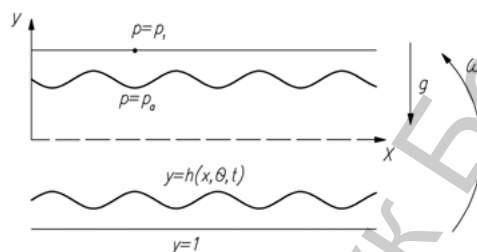


Рис. 1. К общей постановке задачи

$$\frac{2}{R_S} = \frac{(1+h_x^2)(h^2+2h_\theta^2-hh_{\theta\theta})-2h_x h_\theta(h_x h_\theta-hh_{x\theta})-hh_{xx}(h^2+h_\theta^2)}{(h^2+h_\theta^2+h^2 h_x^2)^{3/2}}. \quad (6)$$

Нижний индекс означает производную по соответствующей переменной.

Если рассматривается слой с фиксированной массой  $M = \text{const}$  на отрезке образующей цилиндра длиной  $L$ , то к уравнению (5) добавляется условие

$$\frac{1}{2} \int_0^L \int_0^{2\pi} (1-h^2) d\varphi d\xi = M. \quad (7)$$

Следует отметить, что полученное уравнение (5) относительного равновесия слоя жидкости на внутренней поверхности вращающегося цилиндра отличается от такового для случая внешнего слоя [4] наличием знака « $\leftarrow$ » в правой части. Причиной этому является изменение направления нормали к свободной поверхности жидкости.

**Плоский слой. Исследования с помощью первого интеграла.** Будем считать, что слой жидкости распространен неограниченно в осевом направлении. В случае длинных волн вдоль оси можно пренебречь зависимостью формы свободной поверхности от  $\xi$ , т. е. считать ее функцией только угла  $h = h(\varphi)$ ,  $0 < h(\varphi) \leq 1$ . Тогда из (5) с учетом формулы (6) получим уравнение для  $h(\varphi)$ :

$$2hh'' - 4h'^2 - We(2Eu + h^2 - 1)(h'^2 + h^2)^{3/2} - 2h^2 = 0. \quad (8)$$

Здесь штрих обозначает дифференцирование по углу  $\varphi$ . Масса жидкости на цилиндре первоначально не фиксируется, а определяется по виду свободной поверхности при помощи формулы

$$m = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} (1-h^2) d\varphi. \quad (9)$$

При рассмотрении слоя постоянной толщины  $\eta = h_0$  уравнение (8) позволяет получить следующую зависимость:

$$h_0^3 + (2Eu - 1)h_0 = -\frac{2}{We}. \quad (10)$$

Исследуем наличие корней  $0 < h_0 < 1$  кубического уравнения (10). Для этого воспользуемся графическим методом решения уравнений с параметрами. При любых значениях  $Eu$  и  $We$  существует ровно один корень  $h_0 < 0$ , не имеющий физического смысла. Если  $Eu \geq 1/2$ , других вещественных корней нет. В случае  $0 \leq Eu < 1/2$  существует два корня  $0 < h_0 < 1$ , если  $We^{-1} \leq [(1 - 2Eu)/3]^{3/2}$  (при этом знак равенства соответствует кратному корню). Наконец, когда  $Eu < 0$ , могут иметь место следующие ситуации: 1) при выполнении условий  $0 < -Eu < We^{-1} < [(1 - 2Eu)/3]^{3/2}$  оба положительных корня будут меньше 1; 2) при  $We^{-1} < -Eu$  один положительный корень меньше 1, второй больше 1; 3) если  $We^{-1} = [(1 - 2Eu)/3]^{3/2}$ , то корень будет кратным.

Изучим вопрос о возможности существования нелинейных периодических решений уравнения (8). Предположим, что поверхность слоя имеет волнообразную форму  $\eta = h(\varphi)$ . С помощью подстановки  $h' = F(h)$  понизим порядок уравнения (8). После преобразований получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dE}{dh} - We \left( \frac{2Eu - 1}{h^2} + 1 \right) h^3 E^{3/2} = 0,$$

$$E(h) = [G(h) + h^2] / h^4, \quad G(h) = F^2(h),$$

решение которого имеет вид

$$E(h, B) = 16 \left[ \frac{1}{2} We h^4 + We(2Eu - 1)h^2 + C \right]^{-2},$$

где  $C$  – постоянная интегрирования. Возвращаясь к прежним обозначениям, в итоге имеем первый интеграл

$$h'^2 = -h^2 \frac{Q_1(h, B)Q_2(h, B)}{Q_0^2(h, B)}, \quad Q_1Q_2 \leq 0; \quad (11)$$

здесь полиномы  $Q_i(h, B)$  ( $i = 0, 1, 2$ ) определены следующим образом:

$$Q_0 = h^4 + 2(2Eu - 1)h^2 - B, \quad Q_1 = Q_0 + \frac{8h}{We}, \quad Q_2 = Q_0 - \frac{8h}{We}. \quad (12)$$

Постоянная  $B$  подбирается из условия периодичности производной  $h'(\varphi)$ . Несложно показать, что из интеграла (11) дифференцированием по  $\varphi$  получается исходное уравнение (8), если  $Q_0 < 0$ . Из зависимости (11), с учетом выражений (12) и неравенства  $Q_0 < 0$ , вытекают следующие соотношения:

$$Q_2(h, B) < Q_0(h, B) < 0 \leq Q_1(h, B). \quad (13)$$

Если при некотором значении  $h$  имеет место равенство  $Q_1(h, B) = 0$ , то в соответствующей точке предполагаемой волнообразной поверхности  $\eta = h(\varphi)$  выполняется условие  $h' = 0$ , означающее наличие в ней минимума (впадины) или мак-

сумма (гребня). Интеграл (11) можно привести к следующему виду, удобному для дальнейших исследований:

$$h' = \pm h \sqrt{\frac{Q_1(h, B)Q_2(h, B)}{Q_0^2(h, B)}}, \quad \varphi = \pm \int \frac{Q_0(h, B)}{h\sqrt{-Q_1(h, B)Q_2(h, B)}} dh. \quad (14)$$

Расстояние между двумя соседними гребнями  $h = h_1$  или впадинами  $h = h_2$  на волнообразной поверхности определяет длину волны  $\lambda$ , расстояние между впадиной и гребнем – длину полу волны  $\lambda/2$  (рис. 2).

Здесь  $\lambda = 2\pi / n$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$  – **мода поверхности, соответствующей периодическому решению уравнения (8)**. В формуле (14) знак «+» или «-» следует выбирать в зависимости от того, какое из неравенств  $h' \geq 0$  или  $h' < 0$  выполняется на рассматриваемой полу волне. Предполагаемое решение будет периодическим, если по периметру окружности будет укладываться четное число полу волн, и, значит, выполняется равенство

$$\int_{h_1}^{h_2} \frac{Q_0(h, B)}{h\sqrt{-Q_1(h, B)Q_2(h, B)}} dh = \frac{\pi}{n}. \quad (15)$$

Пусть  $\varphi_1$  – точка экстремума толщины слоя, так что  $h(\varphi) = h_1$ ,  $h'(\varphi) = 0$  при  $\varphi = \varphi_1$ . Считая известными параметры  $We$ ,  $Eu = Eu_1$ ,  $h_1$ , найдем постоянную  $B$  из условия  $Q_1(h, B) = 0$ :

$$B = h_1^4 + 2(2Eu_1 - 1)h_1^2 + \frac{8h}{We}.$$

Таким образом, полиномы  $Q_0(h, B)$ ,  $Q_1(h, B)$ ,  $Q_2(h, B)$  полностью определены.

На рис. 3 показаны кривые, полученные в результате численного интегрирования уравнения (8), описывающего форму свободной поверхности стационарного плоского слоя жидкости. На рис. 4 графически представлены значения первого интеграла (15), применяемого для исследования волнообразных периодических решений указанного выше уравнения.

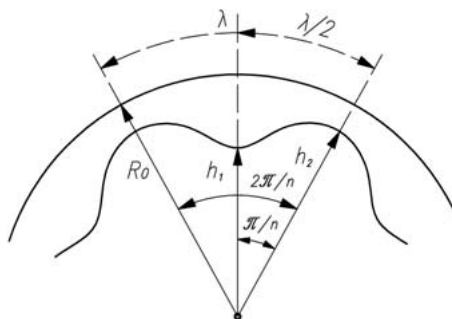


Рис. 2. Схематическое изображение предполагаемой волнообразной формы поверхности плоского слоя жидкости

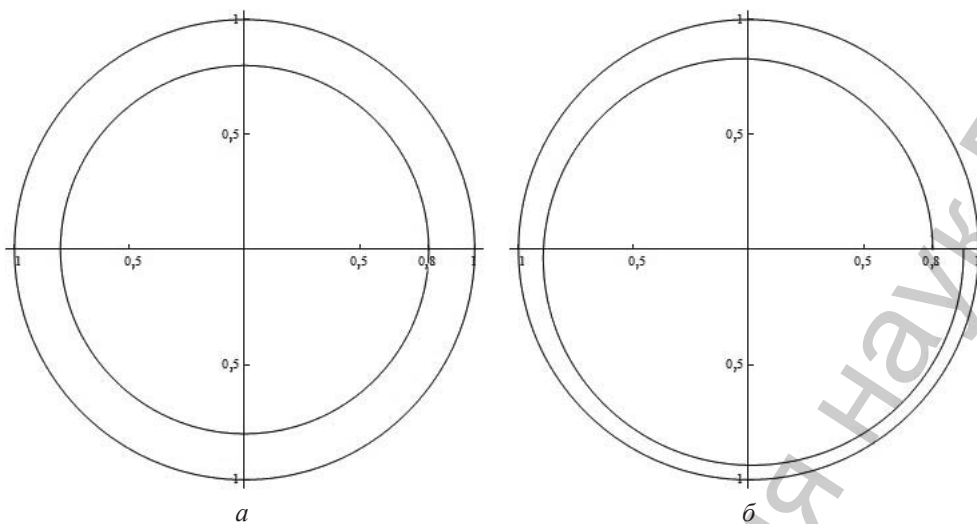


Рис. 3. Результаты численного решения уравнения (8) при заданных значениях  $h(0) = 0,8$ ,  $h'(0) = 0$ , фиксированном  $We = 1$  и различных  $Eu$ :  $a - Eu = Eu_0 = -1,07$ ;  $b - Eu = -1,03$

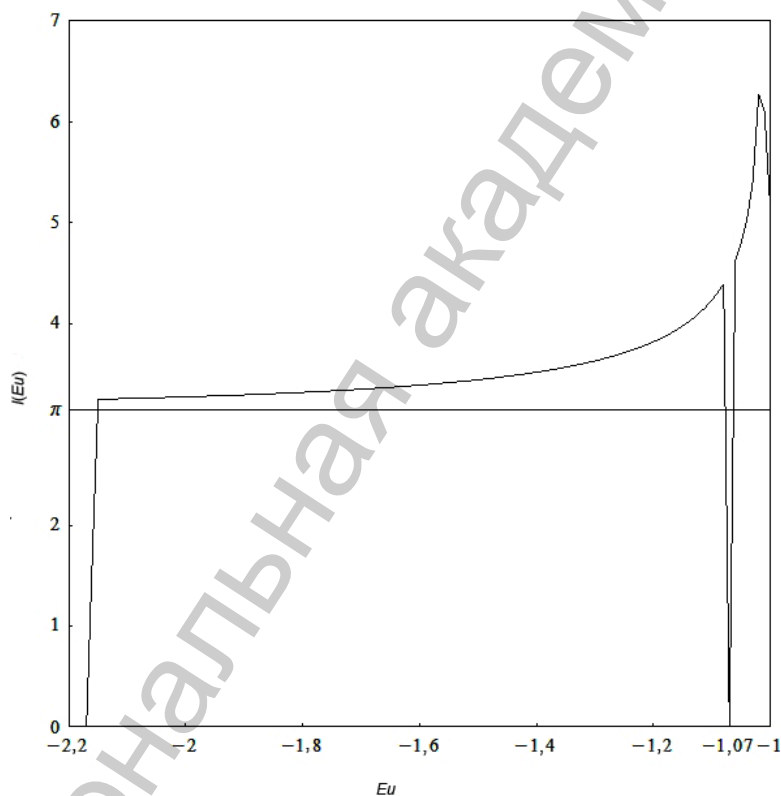


Рис. 4. Зависимость интеграла (15) от числа  $Eu$  при фиксированном  $We = 1$  (здесь  $Eu > Eu_0 = -1,07$  соответствует заданному значению  $h_1 = 0,8$ , а  $Eu < Eu_0$  – значению  $h_2 = 0,8$ )

На основании анализа приведенных результатов можно прийти к следующим выводам. Поверхность слоя является замкнутой только в случае, когда  $Eu = Eu_0$ , что соответствует  $h = h_0 = \text{const}$ . Тогда из физических соображений получаем, что существование волнообразных поверхностей неподвижных плоских слоев жидкости является невозможным. Это подтверждается исследованием интеграла (15), позволяющего определять моду решения, соответствующего периодической волнообразной поверхности слоя (рис. 4). График построен по точкам, причем смысл имеет лишь его часть, расположенная между двумя крайними изломами и отвечающая значениям аргумента от  $Eu = -2,16$  до  $Eu = -1,02$ . При  $Eu = Eu_0 = -1,07$  величина интеграла равна нулю, так как  $Q_0(h, B) = 0$ . В указанном промежутке  $I(Eu) > \pi$ ,  $n < 1$ , т. е. по периметру окружности не укладывается даже одна волна свободной поверхности и волнообразных решений уравнения (8) не существует. Аналогичная ситуация имеет место и при других значениях параметров  $We$ ,  $h_1$  (или  $h_2$ ) и  $Eu$ . В этом состоит принципиальное качественное отличие свойств жидких слоев, расположенных на внутренней и внешней поверхностях вращающегося с постоянной угловой скоростью цилиндра, неподвижных относительно него (последние исследовались в работах [4; 6]).

**Линейный анализ ветвления решений.** В случае плоского слоя жидкости дифференциальное уравнение относительного равновесия имеет вид (8). Условие, выражающее сохранение массы  $m$  в слое на единичном отрезке образующей цилиндра:

$$\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} (1 - h^2) d\varphi = m, \quad m = \pi(1 - h_S^2). \quad (16)$$

Здесь  $h_S$  – средневзвешенное значение толщины слоя. Уравнение (8) дополняется краевыми условиями периодичности решения по углу:

$$h(0) = h(2\pi), \quad h'(0) = h'(2\pi). \quad (17)$$

В случае слоя постоянной толщины  $\eta = h_0 = \sqrt{1 - m/\pi}$  приходим к следующей формуле для определения параметра  $Eu_0$ :

$$Eu_0 = -\frac{1}{Weh_0} + \frac{1}{2}(1 - h_0^2), \quad (18)$$

откуда можно выразить давление в жидкости вблизи поверхности твердого цилиндра  $p = p_1$ .

Линеаризуя (8) относительно равновесной свободной цилиндрической поверхности  $\eta = h_0$ , получим уравнение для малых отклонений поверхности слоя  $\tilde{h}(\varphi) = h(\varphi) - h_0$  (символ «~» в дальнейшем опущен):

$$h'' - \frac{1}{2}[(6h_0\chi + 5h_0^3)We + 4]h = 0, \quad 2\chi = 2Eu - 1, \quad (19)$$

условие периодичности решения которого имеет вид

$$(6h_0\chi_n + 5h_0^3)We_n + 4 = -2n^2. \quad (20)$$

Уравнение для нахождения величины  $h_0$  получим с помощью (8), учитывая, что  $h'_0 = h''_0 = 0$ :

$$h_0^3 + 2\chi_n h_0 = -\frac{2}{We_n}. \quad (21)$$

В соотношениях (20), (21)  $n$  обозначает произвольное натуральное число. Они позволяют определить возможные точки бифуркации параметров  $We_n$  и  $\chi_n$ , в которых наряду с цилиндрической поверхностью постоянной толщины появляются равновесные цилиндрические слои, нормальные сечения которых имеют симметрию  $n$ -го порядка:

$$We_n = \frac{1-n^2}{h_0^3}, \quad \chi_n = \frac{(3-n^2)h_0^2}{2(n^2-1)}, \quad n \in N. \quad (22)$$

Согласно физическому смыслу должно быть  $We \geq 0$  (причем случай равенства нулю интереса не представляет – цилиндр неподвижен). Но тогда не существует таких  $n$ , которым бы соответствовали бифуркационные значения параметров  $We_n$ , определяемые равенствами (22). Таким образом, в линейной постановке невозможно получить бифуркационные ветви кривых, отвечающих стационарным плоским слоям, обладающим симметрией  $n$ -го порядка. Отметим, что для слоев на внешней поверхности цилиндра имеет место ветвление решений; это показано в работе [6].

**Осесимметричный слой. Первый интеграл и исследования в естественных координатах.** Предположим, что в любом поперечном сечении свободная поверхность слоя имеет вид окружности, т. е. пренебрежем зависимостью от угла  $\varphi$ :  $h = h(\xi)$ . Уравнение (5) принимает вид

$$2hh'' - 2(h'^2 + 1) - We(2Eu + h^2 - 1)h(h'^2 + 1)^{3/2} = 0. \quad (23)$$

Здесь штрих обозначает дифференцирование по  $\xi$ . Масса жидкости на цилиндре определяется из уравнения

$$M' = \pi(1 - h^2), \quad M(0) = 0. \quad (24)$$

Аналогично плоскому случаю, используя замену переменных  $E(h) = [G(h) + 1]/h^2$ , где  $G(h) = h'^2$ , получим первый интеграл уравнения (23):

$$h'^2 = -\frac{Q_1(h, B)Q_2(h, B)}{Q_0^2(h, B)}. \quad (25)$$

Полиномы  $Q_0, Q_1, Q_2$  определены формулами (12). Исследование нелинейных решений уравнения (23) удобно провести во внутренней системе координат  $\varepsilon, s$ , связанной с поверхностью слоя:

$$\frac{d\varepsilon}{ds} - \frac{\cos \varepsilon}{R(s)} = \frac{1}{2} We(2Eu + R^2(s) - 1), \quad (26)$$

$$\frac{dZ}{ds} = \cos \varepsilon, \quad \frac{dR}{ds} = \sin \varepsilon, \quad (27)$$

$$\frac{dM}{ds} = \pi(1 - R^2(s)) \cos \varepsilon; \quad (28)$$

$$\varepsilon(0) = \varepsilon_0, \quad Z(0) = 0, \quad R(0) = R^0, \quad M(0) = 0. \quad (29)$$

Здесь  $s$  – длина дуги меридианного сечения свободной поверхности,  $\varepsilon(s)$  – угол касательной в соответствующей точке этого сечения с осью симметрии. Будем искать периодические решения  $0 < R(s) \leq 1$  системы (26)–(28), удовлетворяющие заданным начальным условиям (29). При  $R^0 = 1$  величина  $\varepsilon_0$  принимает значение угла смачивания. Если  $R^0 < 1$ , то  $0 \leq \varepsilon_0 \leq \pi$  задается. Уравнения (26)–(27) используются для вычисления параметрических зависимостей  $z = Z(s)$ ,  $r = R(s)$ .

Первый интеграл уравнения (26) имеет вид

$$R^4 + 2(2Eu - 1)R^2 + \frac{8 \cos \varepsilon}{We} R = B, \quad (30)$$

где  $B$  – постоянная интегрирования. Дифференцируя обе части (30) по  $s$ , с учетом (27) получим уравнение (26). Первый интеграл (30) удобно использовать для установления характерных точек линии  $\eta = R(s)$ . Так, действительные корни многочлена  $Q_0(R, B) = R^4 + 2(2Eu - 1)R^2 - B$ ,  $0 < R < 1$ , определяют наличие у поверхности точек, в которых имеются вертикальные касательные ( $\varepsilon = \pm\pi/2$ ;  $\cos \varepsilon = 0$ ), а точки экстремумов поверхности  $\eta = R(s)$  ( $\varepsilon = 0, \pi$ ;  $\cos \varepsilon = \pm 1$ ) определяются как действительные корни полинома четвертой степени  $Q_1(R, B) = Q_0(R, B) + (8/We)R$ .

На рис. 5 представлены результаты численного интегрирования системы уравнений (26), (27) с начальными условиями  $\varepsilon(0) = 0$ ,  $Z(0) = 0$ ,  $R(0) = 0,7$ . Показаны все характерные формы осесимметричной свободной поверхности жидкости. Она может быть волнообразной (в том числе и с острыми кромками), иметь цилиндрическую форму, состоять из периодически расположенных изолированных кольцевых слоев или иметь точки самопересечений. В последнем случае физический смысл свободной поверхности слоя имеют области, лежащие выше этих точек.

Увеличение относительного вклада капиллярных сил при неизменном перепаде давлений  $Eu$  ведет к появлению решений с большей модой и меньшей амплитудой, если слой непрерывен, или к образованию периодически расположенных

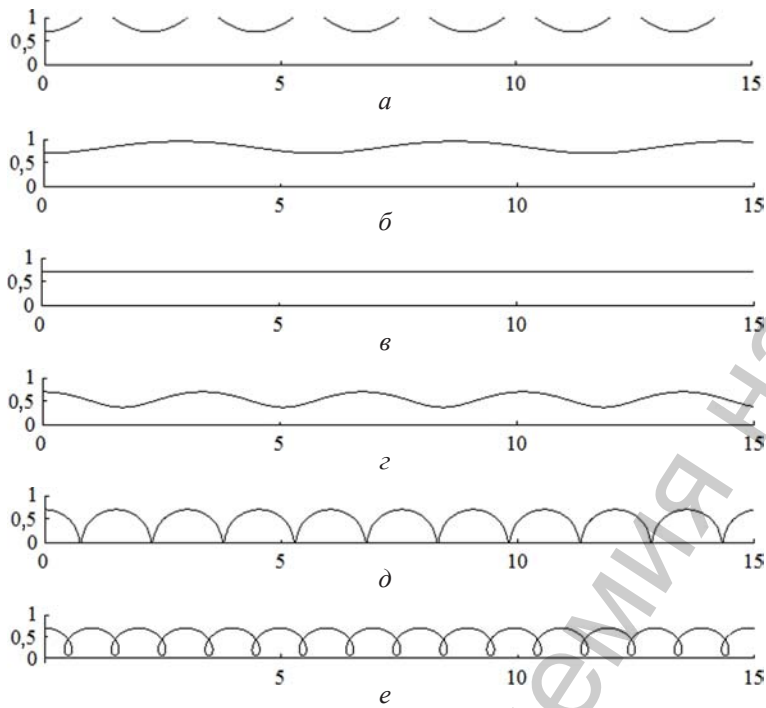


Рис. 5. Формы свободной поверхности осесимметричных слоев жидкости при фиксированном  $We = 0,35$  и различных  $Eu$ :

$a - Eu = -1,0$ ;  $б - Eu = -3,3$ ;  $в - Eu = -3,827$ ;  $г - Eu = -5,0$ ;  $д - Eu = -7,7$ ;  $е - Eu = -8,5$

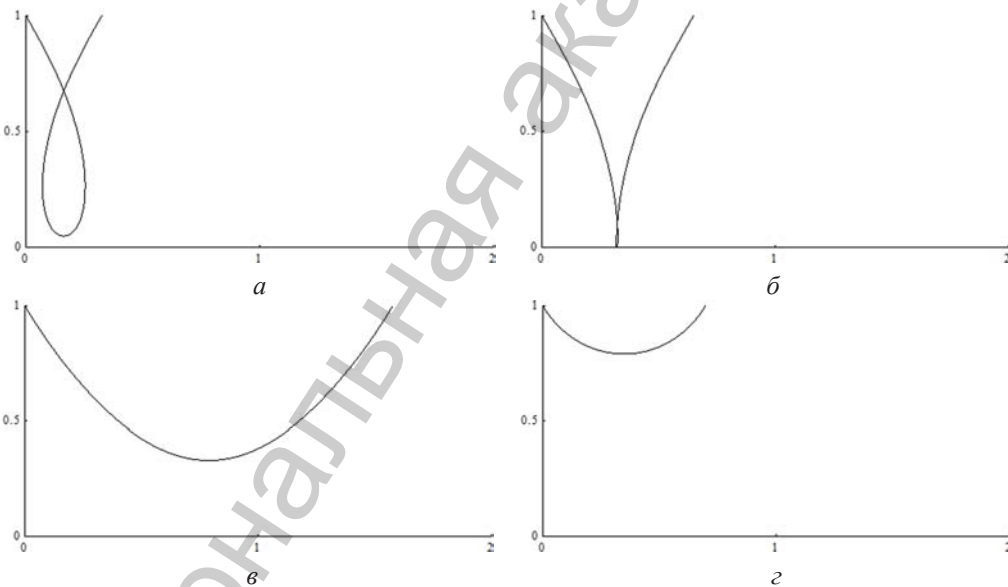


Рис. 6. Изолированные массы при  $\epsilon(0) = -\pi / 3$ ,  $Z(0) = 0$ ,  $We = 1,7$  и различных  $Eu$ :

$a - Eu = -0,4$ ;  $б - Eu = -0,34$ ;  $в - Eu = 0$ ;  $г - Eu = 1,0$

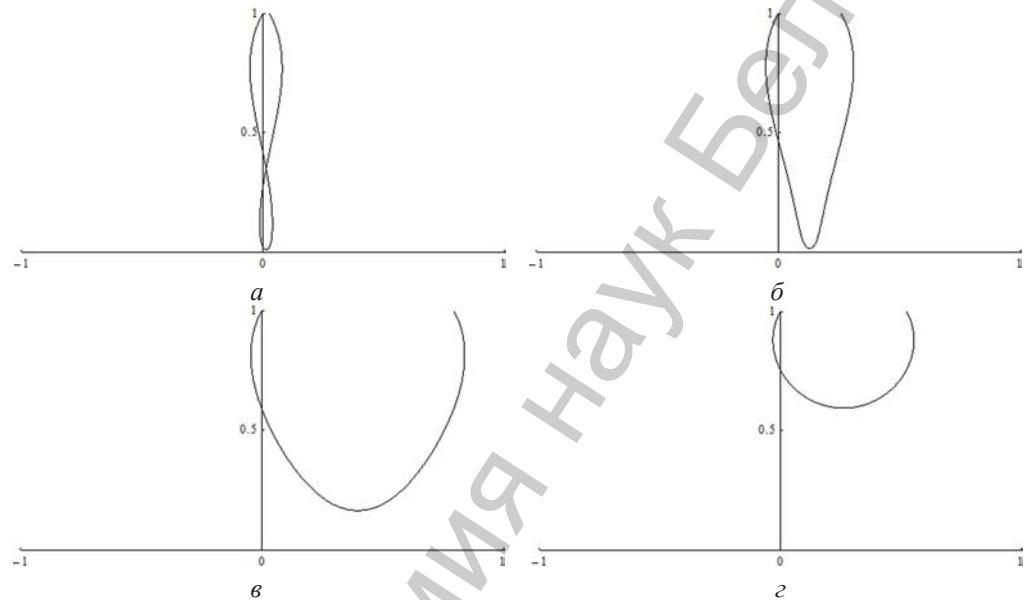


Рис. 7. Изолированные массы при  $\varepsilon(0) = -2\pi/3$ ,  $Z(0) = 0$ ,  $We = 10$  и различных  $Eu$ :  
 $a - Eu = 0,348$ ;  $б - Eu = 0,353$ ;  $в - Eu = 0,38$ ;  $г - Eu = 0,5$

изолированных масс в виде колец на внешней поверхности цилиндра. С уменьшением числа  $We$  интервал значений перепада давлений, допускающих непрерывные волнообразные решения, сужается. При увеличении внешнего давления  $p_a$ , т. е. при уменьшении числа  $Eu$ , до некоторого определенного значения на фиксированном отрезке образующей цилиндра удерживается большая масса жидкости, а свободная поверхность становится более заостренной. При дальнейшем увеличении  $p_a$  происходит уменьшение массы за счет передавливания утоньшений на поверхности слоя, т. е. отделения наиболее суженных участков.

При  $R^0 = 1$  система (26)–(29) описывает равновесные изолированные слои. На рис. 6–7 изображены отдельные изолированные массы при заданных значениях числа  $We$ , краевого угла  $\varepsilon$  и изменении перепада давлений  $Eu$ . Если угловая скорость вращения цилиндра остается неизменной, то для удерживания жидкой массы с большим краевым углом требуется меньший перепад давлений. При некотором значении  $Eu$  смоченная поверхность стягивается в точку, и увеличение внешнего давления приводит к появлению форм свободной поверхности, не имеющих физического смысла.

**Ветвление решений.** В случае осесимметричного слоя основное уравнение (5) преобразуется к виду (23). Условие, выражающее неизменность массы  $M$  в слое на отрезке образующей цилиндра длиной  $L$ , имеет вид

$$\pi \int_0^L (1 - h^2) d\xi = M. \quad (31)$$

Уравнение (23) дополняется условиями периодичности решения вдоль оси цилиндра:

$$h(0) = h(L), \quad h'(0) = h'(L). \quad (32)$$

Для слоя постоянной толщины  $\eta = h_0 = \sqrt{1 - M / (\pi L)}$  получим формулу для определения числа  $Eu = Eu_0$ :

$$Eu_0 = -\frac{1}{Weh_0} + \frac{1}{2}(1 - h_0^2). \quad (33)$$

Линеаризуем уравнение (23) относительно равновесной свободной цилиндрической поверхности  $\eta = h_0$ . С учетом формулы (33) получим уравнение для малых отклонений  $h_1(\xi) = h(\xi) - h_0$ :

$$h_1'' + \left( \frac{1}{h_0^2} - Weh_0 \right) h_1 = 0. \quad (34)$$

Условие периодичности решения уравнения (34) с длиной волны  $\lambda = 2\pi / \alpha_k$ , где  $\alpha_k = \alpha k$  – волновое число возмущенной поверхности, имеет вид

$$\frac{1}{h_0^2} - Weh_0 = k^2 \alpha^2, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (35)$$

С помощью (33), (35) можно определить бифуркационные значения параметров  $We_k$  и  $\chi_k = (2Eu_k - 1) / 2$ , при которых наряду с цилиндрической поверхностью постоянной толщины появляются равновесные цилиндрические слои, имеющие по длине образующей  $L$  ровно  $k$  максимумов (минимумов) свободной поверхности:

$$We_k = \frac{1 - (k\alpha h_0)^2}{h_0^3} > 0, \quad \chi_k = \frac{[3 - (k\alpha h_0)^2] h_0^2}{2[(k\alpha h_0)^2 - 1]}, \quad (36)$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{L}, \quad 0 < k\alpha h_0 < 1.$$

Расчеты по формулам (36) согласуются по модам возмущений свободной поверхности с результатами численного интегрирования уравнения (23).

**Выводы.** Получено уравнение относительного равновесия слоя вязкой жидкости на внутренней поверхности вращающегося цилиндра.

С помощью исследования первого интеграла и численного решения дифференциального уравнения относительного равновесия, а также линейного анализа ветвления решений показано, что невозможно существование волнообразных поверхностей неподвижных плоских слоев жидкости.

Для исключения особенностей при численном интегрировании в осесимметричном случае осуществлен переход во внутреннюю систему координат, связанную с поверхностью слоя. Расчетным путем и посредством качественного исследования первого интеграла основного уравнения установлено, что при различных значениях параметров свободная поверхность слоя может быть цилиндрической или волнообразной формы, иметь самопересечения, состоять из периодически расположенных изолированных кольцевых слоев. Определены точки ветвления равновесных решений. Установлено, что ветвление решений определяется двумя бифуркационными параметрами – числами  $We_k$  и  $Eu_k$ , причем различные значения  $k$  являются модами соответствующих волнообразных поверхностей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № T04-352).

#### Литература

1. Moffat H. K. // *J. de Mehanique*. 1977. Vol. 16, № 8. P. 651–673.
2. Karweit M. J., Corrsin S. // *Physics of Fluids*. 1975. Vol. 18, № 1. P. 111–112.
3. Phillips O. M. // *J. Fluid Mech.* 1960. Vol. 7. P. 340–352.
4. Епихин В. Е., Конон П. Н., Шкадов В. Я. // ИФЖ. 1988. Т. 55, № 3. С. 423–430.
5. Шкадов В. Я. // Некоторые методы и задачи теории гидродинамической устойчивости. Ин-т механики МГУ. Научн. тр. М., 1973. Вып. 25. – 192 с.
6. Епихин В. Е., Конон П. Н., Шкадов В. Я. // ИФЖ. 1990. Т. 59, № 1. С. 80–84.

*P. N. KONON, V. V. SHPORTKO*

#### INVESTIGATION OF PLANE AND AXISYMMETRIC LIQUID LAYERS IMMOVABLE RELATIVE TO THE INTERIOR SURFACE OF THE ROTATING CYLINDER

#### Summary

The study of relative equilibrium of viscous liquid layer on the interior surface of a horizontal rotating cylinder is carried out. The relative equilibrium equation is obtained. It is shown that the existence of wavy surfaces of immovable plane liquid layers is impossible. At various values of parametres a free axisymmetric layer surface may be cylindrical or wavy, have self-crosses or consist of periodically located isolated annular layers. It is ascertained that ramification of solutions is determined by two bifurcational parametres.

УДК 621.762.8

В. В. ДОКТОРОВ<sup>1</sup>, А. Ф. ИЛЬЮЩЕНКО<sup>1</sup>, В. В. МАЗЮК<sup>1</sup>,  
А. Л. МОРОЗ<sup>2</sup>, А. А. ШАПОВАЛ<sup>2</sup>

### ОСОБЕННОСТИ СПЕКАНИЯ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВО- ВОЛОКНОВЫХ СТРУКТУР

<sup>1</sup>Институт порошковой металлургии

<sup>2</sup>Институт проблем материаловедения НАН Украины

(Поступила в редакцию 10.06.2011)

*В работе предложено и обосновано использование волоконных добавок в пористую порошковую структуру для уменьшения усадки при спекании. Разработан метод определения давления, приводящего к усадке порошка при спекании. Экспериментально определено значение давления, вызывающего усадку медного порошка ПМС-Н фракции (+63...-100) мкм, а также выявлены основные закономерности спекания порошково-волоконных структур.*

**Введение.** Существенным недостатком пористых порошковых капиллярных структур тепловых труб является относительно большая усадка при спекании, которая приводит к возникновению ряда пор на границе капиллярной структуры и корпуса тепловой трубы [1]. Такие поры создают дополнительное термическое сопротивление между корпусом и структурой; тем самым ухудшаются параметры тепловой трубы. Отмеченное явление практически не заметно для тепловых труб диаметром 14–16 мм, но может быть существенным при изготовлении тепловых труб диаметром 6–8 мм; особенно оно проявляется при изготовлении миниатюрных тепловых труб.

**Моделирование пористых порошково-волоконных капиллярных структур.** Усадке при изготовлении пористых материалов препятствуют силы межчастичного трения. Если пористая структура при усадке представляется как некоторая сплошная среда, силы межчастичного трения можно соотнести с эффективным модулем упругости капиллярной структуры, который характеризует явления, препятствующие усадке. Таким образом, пористую структуру при спекании можно представить как сплошную среду, подвергающуюся сжатию под действием сил, равномерно распределенных по объему. Одним из наиболее эффективных способов увеличения модуля упругости среды является ее армирование волок-

нами, модуль упругости которых существенно больше, чем у самой среды. Предлагается использовать волокна в качестве армирующих элементов, препятствующих сокращению размеров матрицы – пористой порошковой капиллярной структуры (рис. 1).

В качестве модели, описывающей поведение пористой структуры при спекании, выбрана модель сжимаемого композиционного материала, армированного волокнами в направлении действия сил сжатия. Для расчета параметров волоконного наполнителя композиционного материала, работающего на сжатие, используют следующие соотношения [2]:

$$P_B / P_M = E_B V_B / [E_M (1 - V_B)], \quad (1)$$

$$E_{KM} = E_B V_B + E_M (1 - V_B), \quad (2)$$

где  $P_B$  – давление, воспринимаемое волоконным наполнителем;  $P_M$  – давление, воспринимаемое матрицей;  $E_B$  – модуль упругости материала волокон;  $E_M$  – модуль упругости материала матрицы;  $E_{KM}$  – модуль упругости композиционного материала;  $V_B$  – объемная доля волокон.

С учетом закона Гука приходим к выводу, что для проектирования пористых порошково-волоконных капиллярных структур (конкретнее – для расчета и минимизации уменьшения линейных размеров материала под воздействием сил, вызывающих усадку при спекании) необходимо знать величину давления, приводящего к усадке порошка при спекании.

**Определение давления усадки при спекании.** В работе предложен следующий метод определения искомого давления. В цилиндрическую трубку засыпается порошок и спекается (рис. 2, а). Под действием сил, вызывающих усадку, порошковый материал отслаивается от стенок трубки; в результате площадь контакта порошкового материала со стенкой уменьшается, а давление со стороны материала на стенку возрастает (рис. 2, б). Этот процесс прекращается, когда давление усадки на пристеночный слой порошка сравнивается с давлением, вызванным массой самого порошка (рис. 2, в). Изображение шлифа

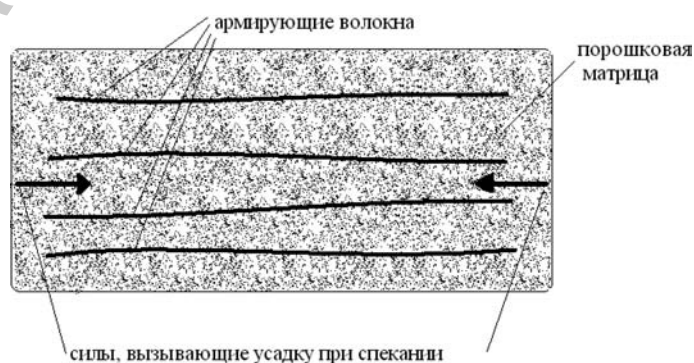


Рис. 1. Модель армированной пористой композиционной структуры при спекании

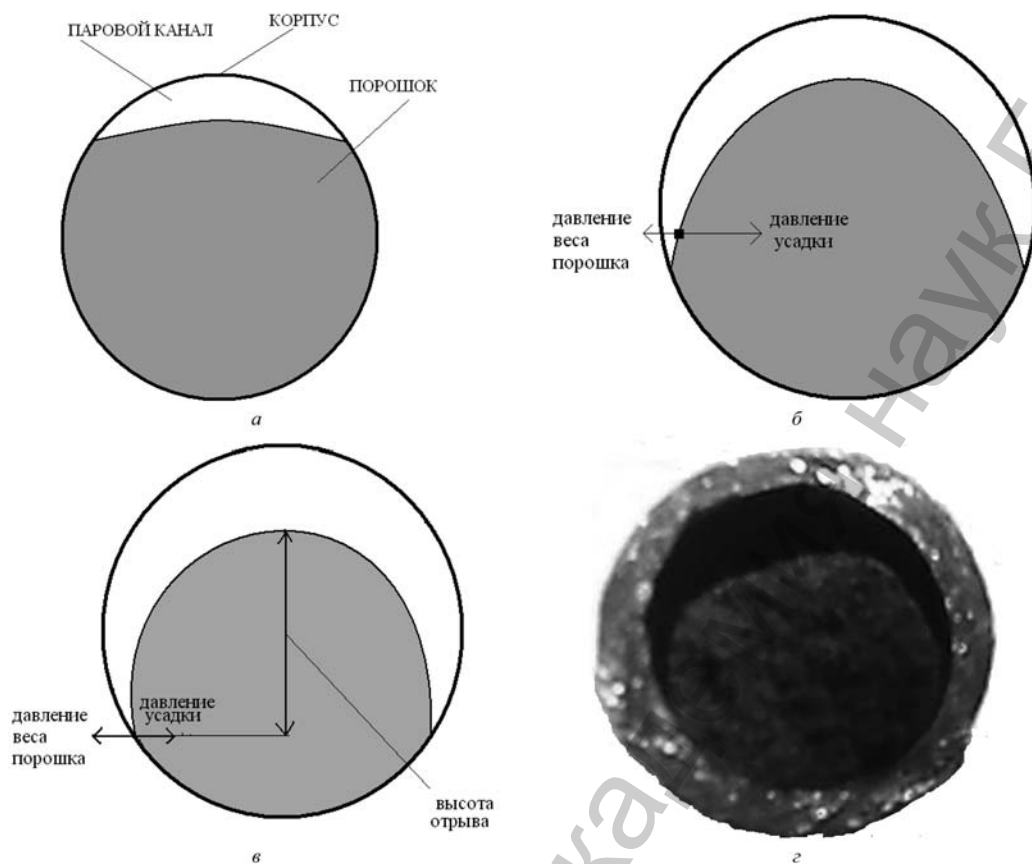


Рис. 2. К описанию метода определения давления усадки

поперечного сечения образца, изготовленного из порошка ПМС-Н с дисперсностью (+63...-100) мкм, приведено на рис. 2, *г*. Определив давление массы порошка вблизи зоны отрыва порошка от стенки, можно определить и давление, вызывающее усадку.

При этом давление массы порошка вблизи зоны отрыва можно оценить как

$$P = \rho gh, \quad (3)$$

где  $P$  – давление веса порошка на высоте отрыва;  $\rho$  – плотность порошковой навески;  $g$  – ускорение свободного падения;  $h$  – высота отрыва (рис. 2, *г*).

Для определения давления усадки порошка с дисперсностью (+63...-100) мкм, который часто применяется для изготовления капиллярной структуры в зоне испарения, был исследован образец, изображенный на рис. 2, *г*. Плотность порошковой навески составила  $4000 \text{ кг/м}^3$ , высота отрыва – 5 мм. В результате расчетов по формуле (3) с учетом геометрических параметров шлифа, изображенного на рис. 2, *г*, получено значение давления усадки, равное 200 Па.

**Моделирование усадки при спекании порошково-волоконных капиллярно-пористых структур.** Прежде всего, необходимо оценить параметры пористой структуры, которыми она обладает в процессе спекания. Поскольку значение давления поверхностных сил, возникающих при спекании, уже было оценено выше величиной порядка 200 Па, необходимо оценить только значения модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Моделирование усадки проводилось в среде ANSYS. При этом задавалась геометрия пористой среды, давление усадки, а также предполагаемое значение модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Варьируя значения последних двух параметров, определяли такие величины горизонтальной, общей и вертикальной деформаций (рис. 3, а–в соответственно), чтобы полученные результаты соответствовали экспериментальным данным (рис. 3, г).

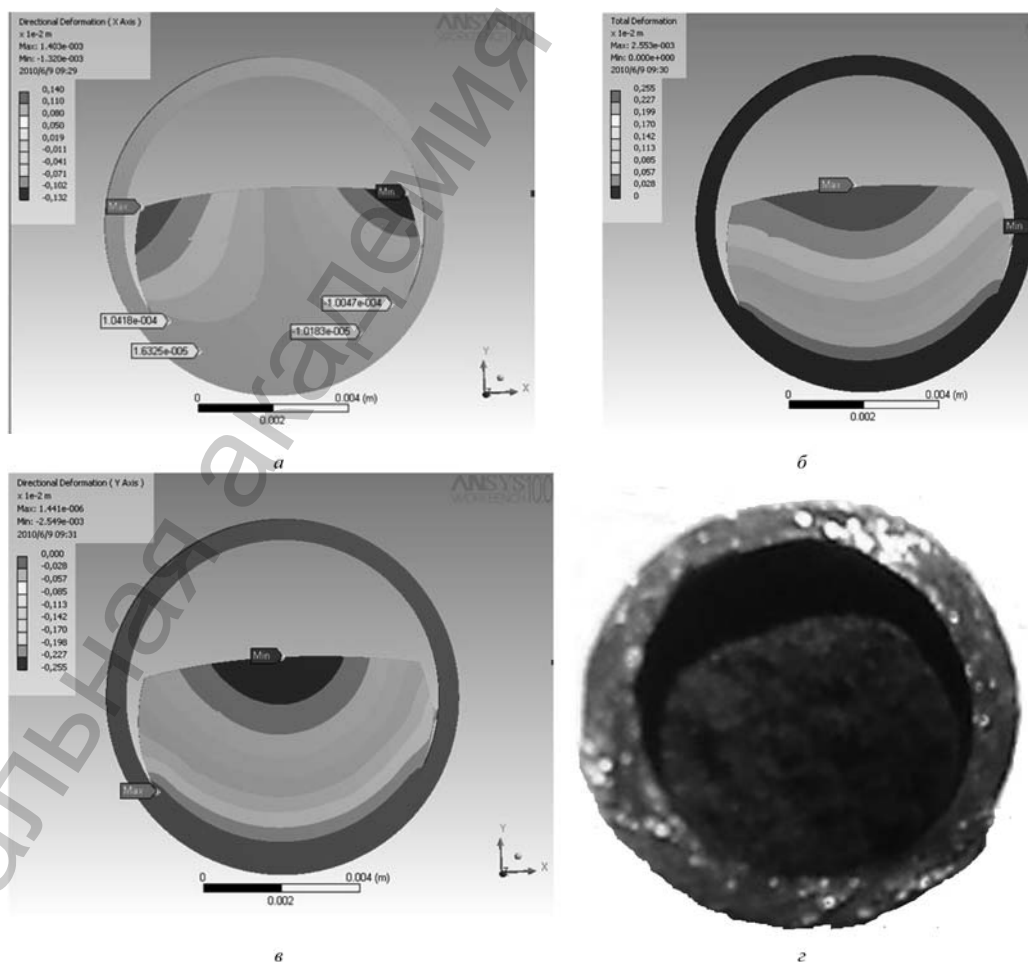


Рис. 3. Деформации при усадке порошковой структуры

На основании исследований установлено, что значение модуля Юнга может быть оценено на уровне 500 Па, а коэффициент Пуассона – на уровне 0,3. Следует подчеркнуть, что такие оценки сделаны для порошка при спекании; в рамках настоящего исследования они не могут быть обобщены для случая порошка, свободно насыпанного при комнатной температуре.

В ходе дальнейшего моделирования в область, соответствующую пористой среде, были последовательно введены четыре элемента, моделирующих волокно. Массовая доля каждой единицы волокна соответствует 0,25 % от массы порошковой структуры. Волокна предполагаются подвижными в направлении координат X и Y. Зависимость деформаций в горизонтальном направлении от количества волокон представлена на рис. 4.

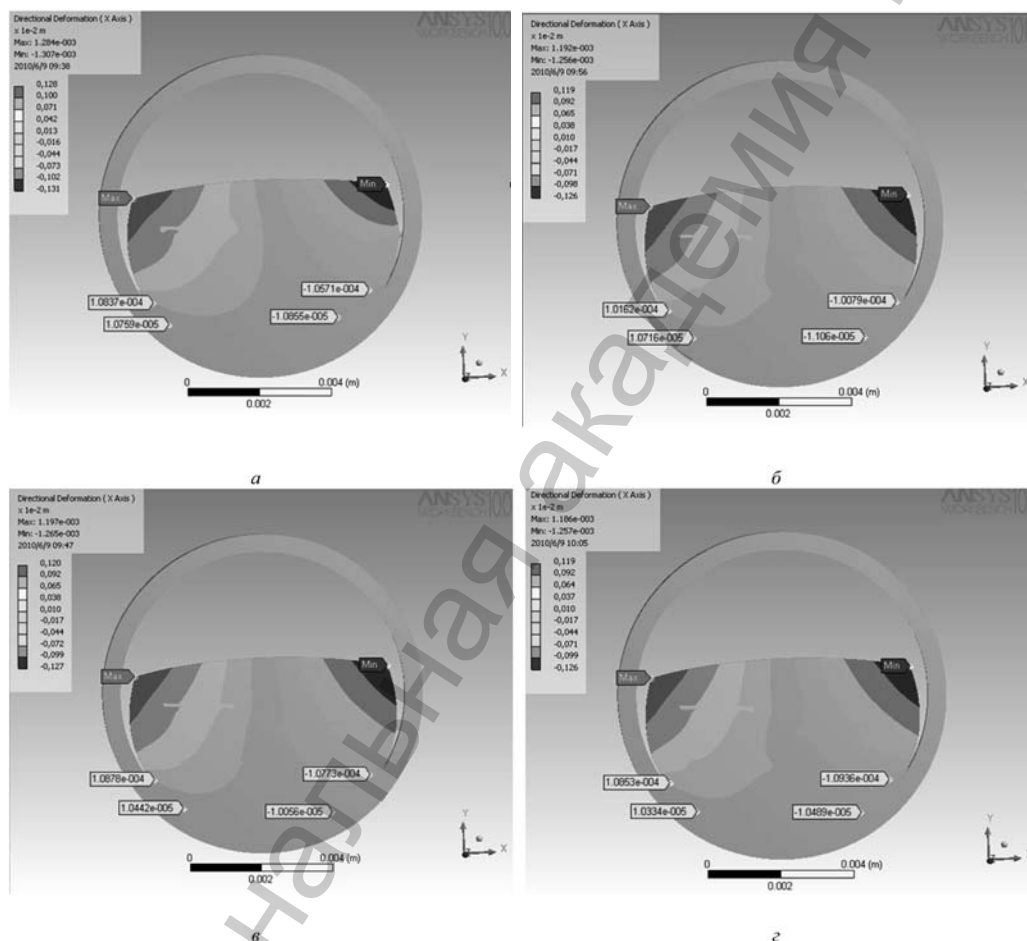


Рис. 4. Влияние количества волокон на деформации порошково-волокнуной структуры в горизонтальном направлении

На основании представленных данных был сделан вывод, что добавление волокон в порошковую среду действительно уменьшает усадку (в данном случае – на 5–15 %).

Далее была промоделирована усадка при спекании порошково-волоконной смеси, в которой волокна являлись неподвижными в горизонтальном направлении. Результаты моделирования показали, что условие неподвижности волокон в горизонтальном направлении практически не влияет на процесс усадки при спекании.

Также была промоделирована усадка при спекании порошково-волоконной смеси, в которой волокна являлись неподвижными в вертикальном направлении. Результаты моделирования приведены на рис. 5. Из представленных данных следует, что условие вертикальной неподвижности волокон приводит к существенному снижению полезной роли силы тяжести, вследствие чего смесь не прижимается

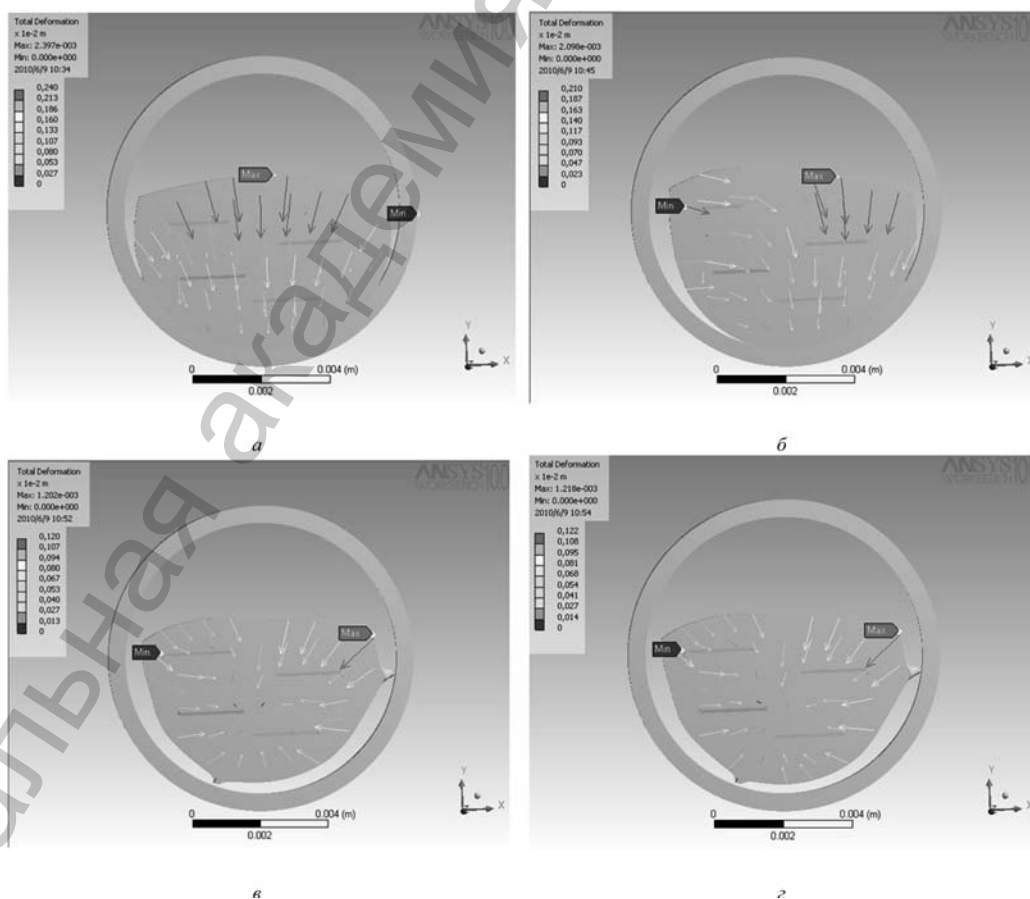


Рис. 5. Деформации при усадке порошково-волоконной структуры при неподвижности волокон в горизонтальном направлении

к нижней поверхности цилиндрического корпуса, что не способствует образованию надежного контакта между пористой структурой и корпусом. Так, на рис. 5, *а* показано направление деформаций при условии, что все волокна подвижны относительно вертикальной координаты. На рис. 5, *б* волокна в его левой части – неподвижны по вертикали, что приводит к резкому увеличению горизонтальной составляющей деформации слева. На рис. 5, *в* вертикально неподвижны все волокна, кроме правого в нижней части. При этом проявляется не только существенная усадка справа в горизонтальном направлении, но и вертикальная усадка снизу вверх. Та же картина наблюдается на рис. 5, *г* для случая, когда все волокна неподвижны в горизонтальном направлении. Таким образом, условие неподвижности волокон в вертикальном направлении приводит к резкому ухудшению контакта между пористой композиционной порошково-волокнутой капиллярной структурой и поверхностью корпуса.

**Экспериментальное исследование усадки.** Экспериментальное исследование закономерностей спекания пористых композиционных порошково-волокнутой капиллярных структур проведено при температуре  $(1000 \pm 10)^\circ\text{C}$  в среде аргона с выдержкой в течение 0,5 ч. В качестве наиболее важного результата спекания рассматривалась зависимость усадки от состава исходной смеси.

В первой серии экспериментов исследовали зависимость линейной усадки от концентрации волокон. Линейная усадка определялась по ГОСТ 16817–71. Результаты экспериментов для смесей, состоящих из порошка ПМС-Н дисперсностью 63–100 мкм и медных волокон с диаметром 100 мкм и длиной 1–2 мм, приведены на рис. 6.

При изменении концентрации волокон в диапазоне 3–10 % линейная усадка образцов существенно не изменялась.

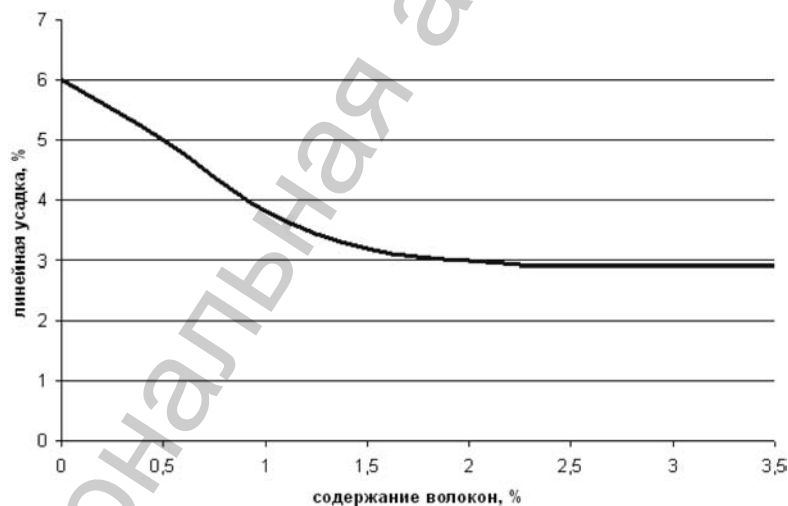


Рис. 6. Зависимость линейной усадки от содержания волокон

Представленные данные подтверждают, что введение в порошковую матрицу металлических волокон уменьшает усадку при спекании. Также из приведенных данных следует, что существует диапазон значений объемной концентрации волокон, в котором с ростом концентрации усадка при спекании уменьшается. При дальнейшем увеличении концентрации волокон усадка существенно не изменяется.

Также исследованы зависимости максимального размера пор от концентрации волоконной компоненты. Максимальный размер пор определялся по ГОСТ 25283–93. Результаты исследований для порошка ПМС-Н (с дисперсностью 63–100 мкм) и медных волокон (диаметром 60 мкм и длиной 1–2 мм) приведены на рис. 7.

Из представленных данных следует, что существует диапазон значений объемной концентрации волокон, при которой максимальный размер пор существенно не изменяется. При дальнейшем увеличении концентрации максимальный размер пор увеличивается.

Такую зависимость можно объяснить следующим образом. При небольших концентрациях (в данном случае – до 3 %) волокна можно считать обособленными. С увеличением концентрации количество волокон становится достаточным, чтобы образовывать «арки» и микропустоты, что и приводит к увеличению максимального размера пор.

Из сравнения данных, представленных на рис. 6 и 7, следует, что существует оптимальная концентрация волоконной компоненты, при которой значение усадки уже приблизилось к минимуму, но образование арок еще не существенно (в данном случае это диапазон концентраций 1,5–3 %).

В работе исследовалась также возможность минимизации усадки высокопористых материалов, при спекании которых используется порообразователь.

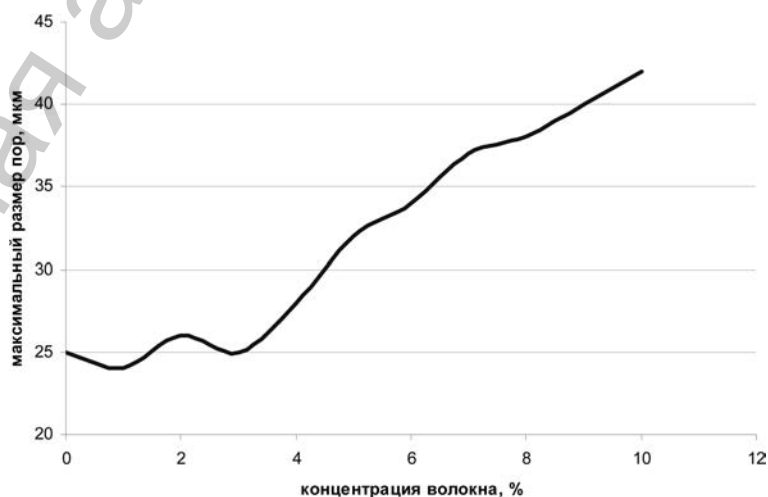


Рис. 7. Зависимость максимального размера пор от содержания волокон

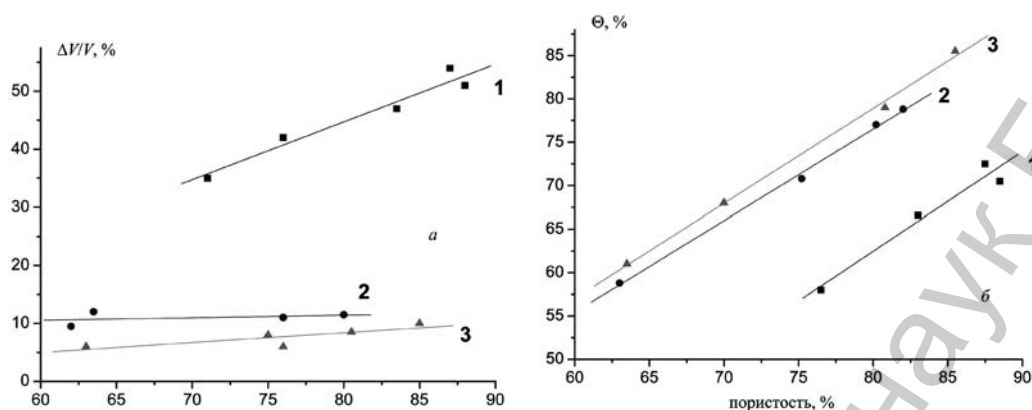


Рис. 8. Зависимость объемных изменений (а) и пористости после спекания (б) от исходной пористости никелевых прессовок из композиций «волокно–порошок» при содержании волокон, %: 1 – 0; 2 – 30; 3 – 40

В качестве исходных материалов использовали порошок карбонильного никеля марки ПНК-1, улетучивающийся порообразователь – двууглекислый аммоний (дисперсность 80–125 мкм) и волокно никеля марки НП-2 (диаметр – 50 мкм, длина – 3 мм). Объемная усадка определялась по ГОСТ 15895–77. Результаты исследования представлены на рис. 8.

Как следует из рис. 8, в образцах композиционных порошково-волоконных капиллярно-пористых структур при спекании имеет место существенное варьирование объемных изменений. Так, усадка образцов из чистого порошка составила величину порядка 44–45 %, что привело к снижению пористости после спекания образцов (от 60 до 35 % и от 70 до 50 %). В то же время при содержании волокон более 30 % усадка уменьшается до 10 % и менее; при этом исходная пористость образцов (70 %) снижается всего лишь на 1–4 %. Таким образом, в волокново-порошковых композициях создаются условия для минимизации усадки по сравнению с порошковыми материалами также и в диапазоне высокой исходной пористости (60–85 %).

**Заключение.** Для снижения усадки при спекании пористых порошково-волоконных структур предлагается использовать волокна в качестве армирующих элементов, препятствующих сокращению размеров матрицы – порошковой капиллярной структуры. Величина давления, образующего усадку при спекании порошков (типы которых указаны выше), оценена уровнем ~200 Па. На основе моделирования показано, что наличие волоконной компоненты снижает усадку при спекании, но только в тех случаях, если положение волокон не зафиксировано относительно вертикальной оси. В объемных волокново-порошковых композициях за счет изменения соотношения в структуре между волоконной и порошковой составляющими возможно варьирование в широких пределах деформационных явлений при спекании, что распространяется также на ряд свойств, чувствительных к контактными явлениям.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Государственного фонда фундаментальных исследований Украины (проект Т09К-060).

### Литература

1. К и п а р и с о в С. С., Л и б е н с о н Г. А. Порошковая металлургия. М., 1980. – 496 с.
2. А р з а м а с о в Б. Н., М а к а р о в а В. И., М у х и н Г. Г. и др. Материаловедение: Учеб. для вузов / Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. 8-е изд., стереотип. М., 2008. – 648 с.

*V. V. DOKTARAU, A. F. ILYUSHCHANKA, V. V. MAZIUK, A. L. MOROZ, A. A. SHAPOVAL*

### REGULARITIES OF SINTERING OF POWDER-FIBER POROUS STRUCTURES

### Summary

The using of fiber component in powder porous media for shrinkage decreasing is based. One develops the way of determining of the shrinkage pressure while sintering. The corresponding value for (+63...–100) mkm copper powder is estimated as 200 Pa. Due to modeling it is estimated that fiber component decreases shrinkage if the height of the fibers is not fixed. Optimal concentration of fibers is estimated to be if the shrinkage value tents to the minimum but arc generation is not essential still.

УДК 539.23:539.26:537.621

А. М. ПОПЕСКУ<sup>1</sup>, В. КОНСТАНТИН<sup>1</sup>, М. ОЛЬТЕАНУ<sup>1</sup>,  
О. Ф. ДЕМИДЕНКО<sup>2</sup>, К. И. ЯНУШКЕВИЧ<sup>2</sup>

### РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННЫХ Ag, Sn, Ni ИЗ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА МЕДНЫЕ ПОДЛОЖКИ

<sup>1</sup>Институт физической химии Румынской Академии

<sup>2</sup>НПЦ НАН Беларуси по материаловедению

(Поступила в редакцию 30.06.2011)

*В Си  $K_{\alpha}$ -излучении при комнатной температуре изучена кристаллическая структура тонких слоев Ag, Sn, Ni на подложке меди, полученных с использованием ионных жидкостей. Определена толщина покрытий. Определены размеры элементарных кристаллических ячеек тонких слоев покрытий Ag, Sn, Ni на меди.*

**Введение.** Способ получения тонких металлических слоев из ионных жидкостей (green technology), предложенный в работах [1–6], представляет интерес для промышленности по ряду причин. Во-первых, при хорошей адгезии обеспечивается приемлемая плотность и однородность покрытий на металлических подложках. Во-вторых, исключается необходимость утилизации токсичных отходов в виде больших объемов отработанных электролитов. В-третьих, предполагается, что затраты на приобретение (изготовление) ионных жидкостей (малоновая кислота, авелевая кислота, гликоль этилен) в условиях производства будут компенсированы экономией на соответствии метода green technology высоким современным требованиям экологических служб. В связи с этим задача получения тонких покрытий металлических поверхностей методом green technology, а также изучение их кристаллической структуры имеет фундаментальное и практическое значение, что обуславливает актуальность выполненных исследований.

Цель работы – изучение состава и кристаллической структуры тонких слоев Ag, Sn, Ni различной толщины, осажденных из ионных жидкостей на пластину меди.

**Экспериментальная часть.** Толщина синтезированных покрытий определена при помощи микроскопа GX41 с точностью  $\Delta d = \pm 0,1$  мкм на шлифованном

торце подложки из листовой меди толщиной  $d_{Cu} = 0,5$  мм и нанесенного слоя покрытия.

Изучение кристаллической структуры тонких слоев покрытий выполнено в  $K_{\alpha}$ -излучении в режиме съемки рентгенограмм по точкам. При получении рентгенограмм всех образцов использован следующий режим съемки: время набора информации в точке  $\Delta t = 3$  с, шаг сканирования по углу  $\Delta 2\theta = 0,03^{\circ}$ . При определении параметров элементарной кристаллической ячейки для получения более четких профилей рефлексов с целью увеличения точности определения их угловых положений использовался режим съемки:  $\Delta t = 5$  с,  $\Delta 2\theta = 0,01^{\circ}$ .

**Результаты и их обсуждение.** Толщина слоев Ag, Sn, Ni на медной подложке определялась по среднему значению десяти замеров на различных участках торца медной пластины с покрытием. Необходимость многократных измерений и их усреднения вызвана тем, что замеры толщины покрытия даже на близких соседних участках заметно различаются из-за шероховатости поверхности слоев покрытий Ag, Sn, Ni на подложке Cu. Результаты измерения толщины покрытий Ag, Sn, Ni на медной подложке приведены в таблице.

Результаты измерения толщины слоев Ag, Sn и Ni

Образец	Ag (образец D <sub>1</sub> )	Sn (образец X <sub>2</sub> )	Ni (образец B <sub>1</sub> )	Ni (образец B <sub>2</sub> )
$d$ , мкм	~ (0,8–1,1)	~ (3,9–4,6)	~ (2,0–2,03)	~ (1,8–2,0)
Параметры элементарной ячейки покрытий (измеренные)	S.G.: Fm $\bar{3}$ m $a = 0,4073$ нм	S.G.: 141/amd $a = 0,5829$ нм $c = 0,3185$ нм	S.G.: Fm $\bar{3}$ m $a = 0,3522$ нм	S.G.: Fm $\bar{3}$ m $a = 0,3524$ нм
Параметры элементарной ячейки из PCPDFWIN, JCPDS [8–10; 12]	S.G.: Fm $\bar{3}$ m $a = 0,4071–0,4086$ нм	S.G.: 141/amd $a = 0,5819–0,5832$ нм $c = 0,3175–0,3182$ нм	S.G.: Fm $\bar{3}$ m $a = 0,345–0,3535$ нм	

В таблице также представлены результаты определения параметров элементарных кристаллических ячеек синтезированных тонких слоев и для сравнения их значения из базы данных международного центра дифракционных исследований (JCPDS International Centre for Diffraction Data PCPDFWIN) [8–10; 12].

Рентгенограмма тонкого покрытия серебра толщиной  $d_{Ag} \approx (0,8–1,1)$  мкм на листовой электротехнической меди толщиной  $d_{Cu} = 500$  мкм образца D<sub>1</sub> представлена на рис. 1. В диапазоне углов  $20^{\circ} \leq 2\theta \leq 100^{\circ}$  на рентгенограмме, кроме рефлексов большой интенсивности (111), (200), (220), (311), (222), которые соответствуют кубической кристаллической структуре медной подложки с элементарной ячейкой пространственной группы S.G.: Fm  $\bar{3}$  m [7], присутствуют рефлексы слабой интенсивности (111), (200), (220) кубической структуры серебра такой же пространственной группы [8]. Оценка размеров элементарной ячейки серебряного покрытия по трем рефлексам (111), (200), (220) дает значение параметра  $a = 0,4073(2)$  нм. Расшифровка рефлексов рентгенограммы рис. 1 показывает на присутствие в образце D<sub>1</sub> небольшого количества окиси серебра. Достаточно

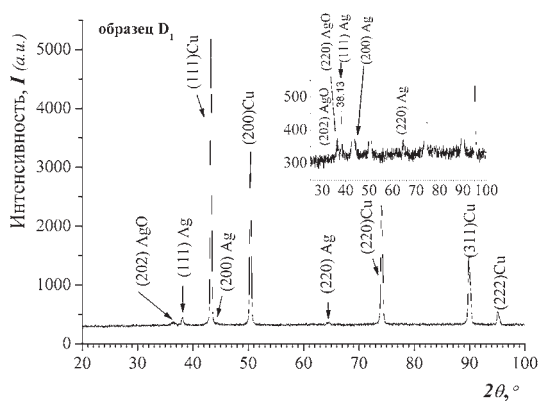


Рис. 1. Рентгенограмма образца D<sub>1</sub>

хорошо проявленный рефлекс (202) рентгенограммы с угловым положением  $2\theta = 36,82^\circ$  (вставка рис. 1) позволяет говорить о наличии в образце D<sub>1</sub> окиси AgO с тетрагональной структурой пространственной группы S.G.: 141/a (88) в количестве ~5 % [9].

На рис. 2 представлена рентгенограмма образца X<sub>2</sub> – покрытия олова  $d_{Sn} \sim (3,9-4,3)$  на медной подложке. Поскольку толщина покрытия X<sub>2</sub> больше по толщине покрытия D<sub>1</sub> ( $d_{Sn} > d_{Ag}$ ), то рефлексы подложки меди гораздо меньше по интенсивности дифракционных рефлексов олова.

Установлено, что все рефлексы на рис. 2, не относящиеся к меди, соответствуют олову тетрагональной структуры пространственной группы S.G.: 141/amd (141) [10]. Оценка параметров элементарной ячейки осуществлена с использованием «квадратичной формы» для тетрагональной структуры [11]

$$\sin^2 \theta_{hkl} = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h^2 + k^2) + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2. \quad (1)$$

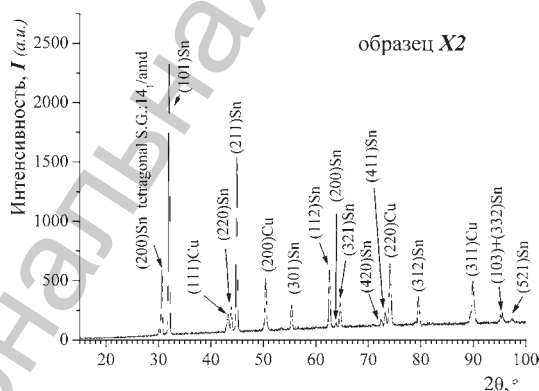
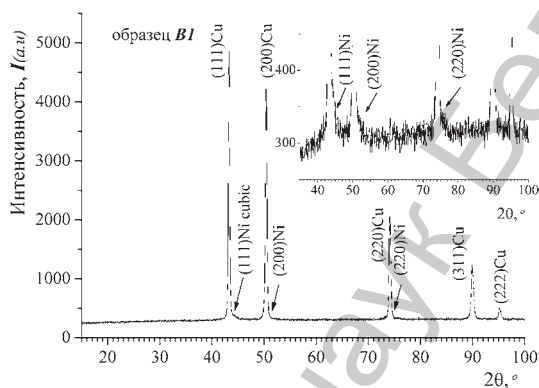


Рис. 2. Рентгенограмма образца X<sub>2</sub>

Рис. 3. Рентгенограмма образцов серии В<sub>1</sub>

Опираясь на формулу (1), определены значения параметров элементарной ячейки Sn, образовавшего покрытие образца X<sub>2</sub>:  $a = 0,5829$  нм,  $c = 0,3185$  нм. Увеличение фона с увеличением угла  $2\theta$  на рентгенограмме рис. 2 можно объяснить неодинаковостью толщины покрытия участка поверхности, на котором рассеивается пучок рентгеновских лучей.

На рис. 3 представлена рентгенограмма образцов В<sub>1</sub> тонкого покрытия Ni на меди. Сопоставление параметров элементарных ячеек Cu и Ni кубической структуры S.G.: Fm $\bar{3}$ m  $a_{Ni} = 0,3522$  нм и  $a_{Cu} = 0,3615$  нм и угловых положений рефлексов [7; 12] позволяет говорить о их небольшом различии. В дополнение к этому, вследствие малой толщины покрытия Ni в образцах В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, соответственно равных  $d_{Ni} \approx (2,0-2,03)$  мкм и  $d_{Ni} \approx (1,8-2,0)$  мкм, практически отсутствует разделение вкладов рассеяния рентгеновских лучей нанесенного покрытия Ni и подложки Cu (вставка на рис. 3).

Таким образом, с использованием ионных жидкостей получены тонкие покрытия технического назначения толщиной от  $\sim 1,0$  до  $\sim 4,5$  мкм и изучена их кристаллическая структура.

**Заключение.** Рентгенофазовый анализ покрытий Ag, Sn, Ni, полученных методом осаждения из ионных растворов на медную подложку, показал на достаточно хорошее соответствие состава и кристаллической структуры указанным элементам.

Определены размеры элементарных кристаллических ячеек тонких слоев покрытий серебра, олова и никеля.

В тонком покрытии серебра на медной пластине выявлено присутствие окиси AgO.

Определены толщины слоев Ag, Sn, Ni на медной подложке.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Румынской Академии (проект Ф10РА-001).

### Литература

1. Popescu A. M., Constantin V., Olteanu M. et al. // Collected papers ICOSECS-6. Sofia, Bulgaria, 2008. P. 37.
2. Popescu A. M., Constantin V., Sojocar A. et al. // Collected papers 1<sup>st</sup> Reg. Symp. Electrochem. South-East Europe (RSE-SEE). Rovinj, Croatia, 2008. P. 217–218.
3. Popescu A. M., Constantin V., Golgovic F. et al. // Collected papers 14-th Intern. Conf. Phys. Chem. (ROMPHYSICHEM-14). Город, год.???. P. 109.
4. Endres F., Abbott A. P., MacFarlane D. G. // Vch Verlagsgesellschaft Mbh. Germany, Год. – 410 p.
5. Abbott A. P., Boothby D., Capper G. et al. // J. Am. Chem. Soc. 2004. Vol. 126. P. 9142–9147.
6. Popescu A. M., Constantin V., Olteanu M. et al. // 13-th Intern. Conf. Phys. Chem. (ROMPHYSICHEM-13). Bucharest, Romania, 2008. Vol. S5. P. 101.
7. International Centre for Diffraction Data, PCPDFWIN, JCPDS // 1998, 2, 89-2838; 85-5648; 81-1936; 01-1242.
8. International Centre for Diffraction Data, PCPDFWIN, JCPDS // 1998, 2, 87-0720; 87-0597; 89-3722; 65-2871; 87-0719.
9. International Centre for Diffraction Data, PCPDFWIN, JCPDS // 1998, 2, 84-1108.
10. International Centre for Diffraction Data, PCPDFWIN, JCPDS // 1998, 2, 86-2264; 86-2265; 89-4898; 89-2958; 01-0926; 65-0296.
11. Lipson H., Steeple H., Lipson G., G. Stipl. Interpretation of the powder x-ray patterns. M., 1972. – 384 p.
12. International Centre for Diffraction Data, PCPDFWIN, JCPDS // 1998, 2, 65-2865; 88-2326; 70-1849; 70-0989; 65-0380; 04-0850; 03-1051.

*A. M. POPESCU, V. CONSTANTIN, M. OLTEANU, O. F. DEMIDENKO, K. I. YANUSHKEVICH*

#### **X-RAY INVESTIGATION CRYSTAL STRUCTURE OF AG, SN, NI ELECRODEPOSITION FROM IONIC LIQUIDS AT THE COPPER SUBSRATE**

#### **Summary**

In Cu  $K_{\alpha}$ -radiation at room temperature are studied the crystal structure features of Ag, Sn, Ni thin layers on cooper substrate, deposited using the method described in works [1–6]. The thickness of the coatings is determined. The unit crystalline cell values of thin Ag, Sn, Ni layers on cooper are determined.

## **ЮБИЛЕИ ИЗВЕСТНЫХ УЧЕНЫХ**

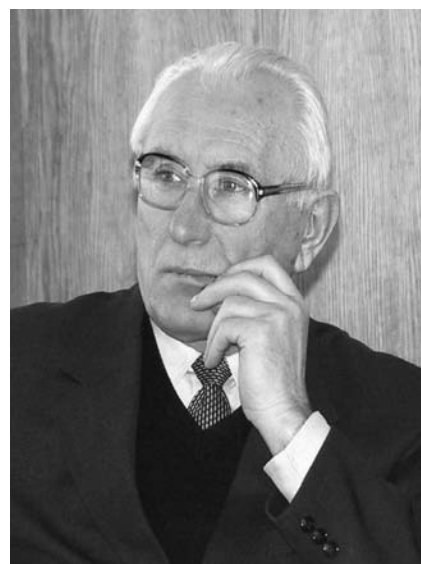
### **ПЕТР АЛЕКСАНДРОВИЧ ВИТЯЗЬ: УЧЕНЫЙ, РУКОВОДИТЕЛЬ, УЧИТЕЛЬ И ЧЕЛОВЕК**

**(к 75-летию со дня рождения)**

6 августа 2011 г. исполнилось 75 лет со дня рождения академика Петра Александровича Витязя – выдающегося белорусского ученого, крупного организатора новых направлений научно-технической деятельности в нашей стране, блестящего руководителя больших научных коллективов и неординарного, отдающего всего себя работе и людям, человека.

П. А. Витязь с азвом познавал жизнь, прошел все ступени лестницы, ведущей к вершинам научной и организационной деятельности. В 1960 г. он окончил Минский лесотехнический институт им. С. М. Кирова и начал работать мастером завода «Ударник» в Минске. В 1964 г. поступил в аспирантуру в Белорусский политехнический институт, защитил кандидатскую диссертацию, назначен заместителем директора по научной работе НИИ порошковой металлургии БПИ. В дальнейшем его творческий и карьерный рост стал еще более стремительным. Он становится лауреатом Государственной премии БССР в области науки и техники (1980 г.), первым заместителем генерального директора Белорусского республиканского НПО порошковой металлургии (1980–1992 гг.), доктором технических наук (1983 г.), профессором (1986 г.), лауреатом Премии Совета Министров СССР (1987 г.), членом-корреспондентом АН БССР (1989 г.), заслуженным деятелем науки БССР (1991 г.), академиком АН Беларуси (1992 г.).

С 1997 по 2002 г. П. А. Витязь работал вице-президентом НАН Беларуси, а с 2002 г. по настоящее время – Первым заместителем Председателя Президиума НАН Беларуси.



В основе достижений П. А. Витязя лежат не только личная одаренность, способность предвосхищать новые, часто прорывные научные направления, но и неустанный труд. В нем сочетаются талант государственного деятеля, мыслящего масштабно и стремящегося быстро отзываться на насущные потребности народнохозяйственного комплекса страны, и умение и желание помочь конкретному человеку, оказавшемуся в сложной жизненной или служебной ситуации.

Свои первые научные исследования Петр Александрович выполнил в области импульсных технологий формирования порошковых композиционных материалов. Его руководителем был академик О. В. Роман. Через несколько лет П. А. Витязь переключился на исследования в новом направлении порошковой металлургии, начал изучать пористые порошковые материалы. Здесь ему с учениками удалось разработать технологические процессы, методы и приемы регулирования структуры и свойств пористых порошковых материалов, создать теоретическую базу, позволяющую прогнозировать и получать такие материалы с заранее заданными свойствами. Результаты этих исследований послужили основой для серийного выпуска фильтрующих элементов, которые нашли широкое применение в различных отраслях промышленности.

Петр Александрович внес существенный вклад в исследования процессов тепло- и массопереноса в пористых порошковых материалах и капиллярных явлений в них. На основе этих исследований были разработаны конструкции тепловых труб с капиллярно-пористой структурой из порошка меди и теплоотводов для применения в силовых полупроводниковых приборах. В начале 1990-х годов П. А. Витязь начал заниматься газотермическими защитными покрытиями, композиционными порошками сложного фазового и химического состава, создаваемыми методами самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Результаты этих исследований получили мировое признание. Они продолжают и поныне, в том числе совместно с ведущими мировыми центрами Великобритании, России, Индии, Франции и других стран.

В последние десятилетия благодаря инициативе, настойчивости и научной прозорливости академика П. А. Витязя в уже независимой Беларуси была создана фактически с нуля новая алмазная отрасль, которая в короткие сроки сумела не только максимально полно удовлетворить запросы отечественных предприятий в высококачественной алмазной продукции, но и обеспечила поставки ее в другие страны.

Весьма существенен вклад П. А. Витязя в становление в нашей стране такого нового направления современного материаловедения, как наноматериалы. Он смог в короткие сроки объединить в рамках государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Наноматериалы и нанотехнологии» ведущих специалистов НАН Беларуси, вузов и отраслевых НИИ, лично организовал многостороннее сотрудничество белорусских ученых с коллегами из России и Украины, возглавил систематически проводимые международные конференции. Эти усилия не пропали даром. Сейчас на международном уровне

авторитет белорусских ученых, занимающихся наноматериалами, технологиями их производства и использования, нанофотоникой, очень высок.

Академик П. А. Витязь всегда большое внимание уделял и уделяет подготовке кадров высшей квалификации. Под его руководством защищено 22 кандидатских диссертаций, он был научным консультантом по 11 докторским диссертациям. Многие из его учеников сейчас работают директорами институтов, заведующими кафедрами, занимают другие важные научные и административные должности.

П. А. Витязь как Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси отвечает за целый ряд важнейших вопросов, касающихся большинства сторон деятельности многотысячного коллектива белорусской академии наук. Одновременно он курирует международное научное сотрудничество, руководит научно-техническими программами Союзного государства, отвечает за экспорт научной продукции, является руководителем или членом многих других советов, членом редколлегий авторитетных международных научных журналов. Несмотря на крайнюю загруженность административными обязанностями, академик П. А. Витязь продолжает активно заниматься научными исследованиями. Всего ему принадлежит более 700 научных трудов, П. А. Витязем с учениками опубликовано 35 монографий.

Одной из обязанностей П. А. Витязя является курирование деятельности Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ). Необходимо подчеркнуть, что Президиум НАН Беларуси, поручая Петру Александровичу курирование БРФФИ, имел на это веские основания. Академик П. А. Витязь, еще работая в НИИ порошковой металлургии, принял участие в первом конкурсе научных проектов, объявленном БРФФИ в 1991 г. Его проект Т8-017 «Определение закономерностей осаждения дисперсных частиц в пористых средах. Разработка и создание эффективных устройств для ультратонкой очистки газов» получил одобрение Научного совета БРФФИ. В рамках проекта был проведен комплекс глубоких теоретических и экспериментальных исследований. Установлены возможности очистки газов до 99,99 %, в том числе от частиц размером менее 100 нм, изучено влияние изменений концентрации, физико-химического и дисперсного состава фильтруемого аэрозоля на эффективность очистки газов. В результате были разработаны и изготовлены новые фильтрующие материалы, которые успешно прошли опытно-промышленные испытания в Беларуси и в других странах. Эти исследования продолжены в рамках нового проекта Т9-303 «Разработать теоретические основы процессов фильтрации жидкостей с образованием и смывом осадка с использованием проницаемых материалов». Созданные в рамках этого проекта экспериментальная установка для моделирования режимов тангенциальной микрофильтрации и ячейка модуля тангенциального микрофильтра оказались востребованными и сейчас уже для исследований наноматериалов. Результаты выполнения обоих проектов вошли в кандидатские и докторские диссертации учеников П. А. Витязя. Одним

из них, профессором Л. П. Пилиневичем, недавно в рамках проектов БРФФИ выполнены исследования ряда уже керамических фильтрующих элементов, полученных с использованием комплекса уникальных технологических приемов. Таким образом, научный задел, созданный П. А. Витязем в рамках только одного проекта БРФФИ, вылился в целое направление, причем результаты выполнения этого проекта востребованы и поныне.

Такой же подход, а именно решение проблем, принципиально важных для науки и имеющих ярко выраженную практическую направленность, проповедует П. А. Витязь и при курировании деятельности БРФФИ. Он систематически принимает участие в работе Научного совета Фонда и бюро Научного совета. Его предложения и советы, всегда выверенные и нацеленные на всемерную поддержку развития фундаментальных исследований в нашей стране, на создание условий для вовлечения студенческой молодежи и молодых специалистов в научную деятельность, на кооперацию ученых НАН Беларуси с коллегами из вузов и отраслевых НИИ, на расширение международного сотрудничества белорусских ученых с ведущими мировыми научными центрами, с благодарностью воспринимаются членами Научного совета БРФФИ и работниками исполнительной дирекции и служат основой для планирования деятельности Фонда.

Члены Научного и Попечительского советов, работники исполнительной дирекции, члены экспертных советов БРФФИ поздравляют глубокоуважаемого академика П. А. Витязя с юбилеем. Мы желаем Вам, дорогой Петр Александрович, доброго здоровья, творческого долголетия, долгих и плодотворных лет служения белорусской науке, реализации всех Ваших идей и замыслов. Нет сомнения, что к нашим поздравлениям выдающегося белорусского ученого, мудрого учителя и руководителя, прекрасного человека присоединятся более 5 тысяч научных работников Беларуси, которые выполняют исследования в рамках проектов БРФФИ.

*В. А. Орлович, В. В. Амарин, В. В. Ащищенко, В. П. Апанасенко, Н. Н. Бамбалов, А. И. Белоус, В. Е. Борисенко, В. В. Гниломедов, М. А. Кадыров, И. В. Казакова, В. С. Камышиников, А. К. Карабанов, А. В. Кильчевский, А. А. Коваленя, Э. И. Коломиец, А. И. Кулак, Ю. А. Курочкин, П. Д. Кухарчик, В. В. Лапа, Ю. Г. Леднев, А. И. Лесникович, И. И. Лиштван, А. И. Локотко, В. М. Мажуль, Е. И. Марукович, П. П. Матус, В. И. Недилько, А. Н. Нечухрин, Н. В. Павлюкевич, В. В. Паньков, Ю. М. Плескачевский, П. С. Пойта, Н. А. Попков, В. И. Прокошин, Г. В. Прохорчик, Ф. А. Романюк, В. М. Рыжковский, В. Г. Самосюк, В. В. Самохвал, Е. П. Сапелкин, Р. Б. Смольский, Н. И. Степанова, В. А. Тарасевич, С. А. Усанов, В. В. Усеня, В. М. Федосюк, Б. М. Хрусталева, Н. М. Шумейко, Ю. М. Ясинский, А. И. Ятусевич, С. В. Карпейчик, Н. Н. Костюкович, В. В. Кручинский, О. Ф. Лахвич, Т. П. Лысенко, О. Н. Мазуренко, С. В. Ольвинская, Н. Н. Половинко, В. И. Прокошин, Д. П. Рыбка, Е. Т. Титова, Е. М. Харитонов, В. М. Шахно, Ж. Н. Янчилик, О. Л. Ясельская*

ВЕСТНИК ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, № 3, 2011

*на русском и белорусском языках*

Редактор Т. П. Петрович

Компьютерная верстка О. Л. Смольская

Подписано в печать 26.09.2011. Выход в свет 29.09.2011. Формат 70 × 100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 10,56. Уч.-изд. л. 8,7. Тираж 156 экз. Заказ 222.

Цена номера: индивидуальная подписка – 18580 руб.; ведомственная подписка – 18657 руб.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».  
ЛИ № 02330/0494405 от 27.03.2009. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, Минск.