

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

Издается с III квартала 1997 г.



№ 3 [61], 2012

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, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

Постановление Межпарламентской Ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств от 17 мая 2012 г. № 37-6 «О Декларации об этических принципах научной деятельности»	9
Декларация об этических принципах научной деятельности	9

ПОДДЕРЖКА НАУКИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

Шовкун И. А., Токарь А. П. Государственный фонд фундаментальных исследований Украины: роль в государственном финансировании науки и международном научном сотрудничестве	16
---	----

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФОНДА

Харитонов Е. М., Карпейчик С. В. Фундаментальные исследования и их практические приложения (по отчетным материалам завершившихся в 2011 г. проектов БРФФИ)	25
---	----

ИТОГИ КОНКУРСОВ

Перечень научных трудов, изданных при финансовой поддержке БРФФИ в 2011 г.	35
Перечень республиканских и международных научных мероприятий, поддержанных БРФФИ в 2011 г.	36

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Романов О. Г., Романов Г. С., Желтов Г. И. Лазерное возбуждение акустических импульсов в однородных и слоистых средах: численное решение уравнений Лагранжа	38
Бутвиловский А. В. Изучение антимикробной активности опытных образцов препаратов для контроля карисогенной микрофлоры	50
Рыжковский В. М., Митюк В. И., Гончаров В. С., Лобановский Л. С. Магнитокалорические свойства интерметаллического сплава MnZnSb	56
Канделинская О. Л., Грищенко Е. Р., Заболотный А. И., Будкевич Т. А., Алещенкова З. М., Картыжова Л. Е., Халецкий В. Н., Космачевская О. В., Насыбуллина Э. И., Зотов В. С., Топунов А. Ф. Функциональное состояние симбиотической азотфиксирующей системы люпина узколистного (<i>Lupinus angustifolius</i> L.) под действием кадмия: роль фитолектинов	61
Рупасова Ж. А., Володько И. К., Волотович А. А., Варавина Н. П., Криницкая Н. Б., Кудряшова О. А. Особенности сезонного накопления органических кислот и углеводов в генеративных органах вечнозеленых и листопадных видов <i>Rhododendron</i> L. при интродукции в условиях Беларуси	77
Козловская З. А., Таранов А. А., Волот В. С., Будан С., Бутач М., Милитару М. Совместимость отдельных сортов черешни при искусственной гибридизации в условиях Румынии и Беларуси	87

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ АКАДЕМИЙ НАУК

Постановление от 7 июня 2012 г. № 224 «О перспективах развития сотрудничества ученых стран СНГ в области НБИКС технологий»	93
--	----

Постановление от 7 июня 2012 г. № 225 «О некоторых результатах и ближайших перспективах деятельности МААН»	95
Постановление от 7 июня 2012 г. № 226 «О новом статусе МААН в партнерских отношениях с ЮНЕСКО»	97
Постановление от 7 июня 2012 г. № 227 «Об Объединенном научном совете по фундаментальным географическим проблемам»	98
Постановление от 7 июня 2012 г. № 228 «О деятельности Совета директоров научных библиотек и информационных центров академий наук – членов МААН»	102
Постановление от 7 июня 2012 г. № 229 «О деятельности Совета по книгоизданию при МААН»	106
Постановление от 7 июня 2012 г. № 230 «О создании Научного совета по проблемам функциональных материалов электронной техники»	108
Постановление от 7 июня 2012 г. № 231 «О Международной программе «Астрономия в Приэльбрусье. 2010–2014 гг.»	110
Постановление от 7 июня 2012 г. № 232 «О запросе МААН в ЮНЕСКО»	112
Постановление от 7 июня 2012 г. № 233 «О двадцатилетии МААН»	113
Постановление от 7 июня 2012 г. № 234 «О награждении медалью МААН «За содействие развитию науки»	115
Постановление от 7 июня 2012 г. № 235 «О создании Совета ботанических садов стран СНГ при МААН»	116

Национальная академия наук Беларуси

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

Issued since the 3rd quarter of 1997



N 3 [61], 2012

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. Nedil'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. Tsyrukun

A. I. Lesnikovich

P. A. Vityaz

A. A. Makhnach

Minsk, 2012

CONTENTS

OFFICIAL SECTION

The Decision N 37–6 of May 17, 2012 of the Inter-parliamentary Assembly of Member Nations of the Commonwealth of Independent States «On Declaration on ethical principles of scientific activity»	9
Declaration on ethical principles of scientific activity	9

SUPPORT OF SCIENCE: THE INTERNATIONAL EXPERIENCE

Shovkun I. A., Tokar A. P. The State Fund for Fundamental Researches of Ukraine: the role of state funding of science and international scientific cooperation	16
---	----

THE FOUNDATION ACTIVITIES

Kharitonov E. M., Karpeichik S. V. Fundamental research and practical applications (according to final reports on BRFFR projects finished in 2011)	25
---	----

COMPETITIONS RESULTS

A list of scientific works published under BRFFR financial support in 2011	35
A list of republican and international scientific conferences supported by BRFFR in 2011	36

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Romanov O. G., Romanov G. S., Zheltov G. I. Laser excitation of acoustic pulses in uniform and stratified medium: numerical solution in the Lagrangian form	38
Butvilovsky A. V. Research of antimicrobial activity of some new samples of medicines for control of cariogenic microflora	50
Ryzhkovskii V. M., Mitsiuk V. I., Goncharov V. S., Lobanovsky L. S. Magnetocaloric properties of intermetallic MnZnSb alloy	56
Kandelinskaya O. L., Grischenko E. R., Zabolotny A. I., Budkevich N. A., Aleschenkova Z. M., Kartyzhova L. E., Halecky V. N., Kosmachevskaya O. V., Nasybullina E. I., Zotov V. S., Topunov A. F. Functional status of narrow-leaved lupine (<i>Lupinus angustifolius</i> L.) symbiotic nitrogen-fixing system under the action of cadmium: the role of phytolectins	61
Rupasova Zh. A., Volodko I. K., Volotovich A. A., Varavina N. P., Krinitskaia N. B., Kudryashova O. A. Features of seasonal accumulation of organic acids and carbohydrates in generative bodies of evergreen and deciduous kinds of <i>Rhododendron</i> L. at the introduction under the conditions of Belarus	77
Kazlouskaya Z. A., Taranov A. A., Volat V. S., Budan S., Butac M., Militaru M. Compatibility of some sweet cherry cultivars during artificial hybridization in conditions of Romania and Belarus	87

THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ACADEMIES OF SCIENCES ACTIVITIES

The Decision N 224 of June 7, 2012 «On the prospects of cooperation between scientists of the CIS countries in the field of technology NBIKS»	93
The Decision N 225 of June 7, 2012 «On some results and immediate prospects of IAAS activities»	95
The Decision N 226 of June 7, 2012 «On new status of IAAS in partnership with UNESCO»	97

The Decision N 227 of June 7, 2012 «On the Joint Scientific Council on fundamental geographical problems»	98
The Decision N 228 of June 7, 2012 «On Activities of the Board of Directors of Scientific Libraries and Information Centers of the Academies of Science – members of IAAS»	102
The Decision N 229 of June 7, 2012 «On activities of the Council on book publishing under the IAAS»	106
The Decision N 230 of June 7, 2012 «On establishment of the Scientific Council on problems of functional materials for electronic equipment»	108
The Decision N 231 of June 7, 2012 «On the International Program «Astronomy in the Elbrus region. 2010–2014»	110
The Decision N 232 of June 7, 2012 «On IAAS request to UNESCO»	112
The Decision N 233 of June 7, 2012 « On the 20th anniversary of IAAS»	113
The Decision N 234 of June 7, 2012 «On awarding the Medal of IAAS «For the promotion of science»	115
The Decision N 235 of June 7, 2012 «On establishment of the Council of Botanical Gardens of the CIS countries under the IAAS»	116

Национальная академия наук Беларуси

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

Межпарламентской Ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств

О Декларации об этических принципах научной деятельности

Рассмотрев представленный Постоянной комиссией МПА СНГ по науке и образованию проект Декларации об этических принципах научной деятельности, Межпарламентская Ассамблея постановляет:

1. Принять Декларацию об этических принципах научной деятельности (прилагается).
2. Направить указанную Декларацию в парламенты и правительства государств – участников СНГ.

Председатель Совета Ассамблеи

В. И. Матвиенко

Санкт-Петербург
17 мая 2012 года
№ 37-6

Приложение
к постановлению МПА СНГ
от 17.05.2012 г. № 37-6

Межпарламентская Ассамблея государств – участников Содружества Независимых Государств

ДЕКЛАРАЦИЯ

об этических принципах научной деятельности

Межпарламентская Ассамблея государств – участников Содружества Независимых Государств,

признавая исключительную роль науки в жизни современных обществ, которые часто характеризуют как «общества знания», в решении встающих перед ними проблем, в создании технологий, способствующих расширению физических,

психических и интеллектуальных возможностей человека, ее углубляющееся воздействие на все сферы деятельности человека и общества – промышленное и сельскохозяйственное производство, здравоохранение, образование, средства транспорта и связи, системы управления, обработки и использования информации, обеспечения безопасности и т. д.;

будучи твердо убеждена, что этические принципы уважения фундаментальных прав, свобод и достоинства человека и сохранения глобальных условий развития человека и человечества относятся к категории непреложных общечеловеческих ценностей;

признавая все большую социальную значимость исследовательской деятельности, а также научного и научно-технического образования, распространения научной информации и соответственно, возрастающую социальную ответственность лиц, в эту деятельность вовлеченных;

учитывая то, что научные исследования дают человечеству такие результаты и данные, от достоверности которых существенно зависит результативность и успешность деятельности во многих сферах жизни человека и общества, а также то, что доверие к науке становится все более значимым и для общества, и для самой науки;

сознавая, что достижения науки имеют и обратную сторону, что расширение технически оснащенной активности человечества до глобальных масштабов привело к такому усилению нагрузки на окружающую среду, которая ведет к необратимым изменениям в ней, противоречащим жизненным интересам человечества;

принимая во внимание также и то, что крупные и сложные технические сооружения и устройства, создаваемые для блага человека, дают сбои, иногда катастрофического характера, а бурное развитие биомедицинских и информационно-коммуникационных технологий, имеющее место особенно в последние десятилетия, порождает разнообразные риски для прав, достоинства, здоровья человека и его идентичности;

учитывая то, что в разных научных сообществах и организациях во всем мире вырабатываются нормы социально ответственного поведения ученых, создаются этические кодексы научно-исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности и что подобная нормотворческая активность получает распространение и в странах СНГ;

осознавая насущную необходимость обобщения этико-правового опыта, накопленного в мире и в государствах – участниках СНГ, с целью создания такого документа по этическим принципам науки, который обеспечил бы гармонизацию в разработке и применении принципов этического регулирования в данной сфере и формирование порядка, позволяющего избегать рисков и реализовать позитивный потенциал, содержащийся в научных открытиях и технологических разработках;

опираясь на законодательство государств – участников СНГ, касающееся науки и научной деятельности, а также на нормативный опыт, полученный при раз-

работке таких международных документов, как Рекомендация ЮНЕСКО о статусе научно-исследовательских работников (Париж, 20 ноября 1974 года), Декларация о науке и использовании научного знания (Будапешт, июль 1999 года), Сингапурское заявление о добросовестности в исследованиях (Сингапур, июль 2010 года) и других международных документов, признанных государствами – участниками СНГ,

принимает настоящую Декларацию.

I. Общие положения

Статья 1

Декларация провозглашает стандарт этически оправданной научной деятельности в качестве фундамента как ее собственной организации, так и государственно-общественной политики, направленной на ее обеспечение и поддержку.

Статья 2

Декларация обращена к парламентам и правительствам государств – участников СНГ, национальным и общественным академиям наук, научным организациям и учреждениям, научным ассоциациям, научным работникам, общественным организациям и группам, занимающимся научной деятельностью и заинтересованным в ее развитии.

Статья 3

Декларация призвана:

а) зафиксировать основные принципы, утверждающие этически оправданные способы научной деятельности, и провозгласить приоритет социальной ответственности в работе;

б) способствовать формированию и развитию в обществе, научных организациях и учреждениях атмосферы, благоприятствующей развитию научной деятельности ради получения разносторонних знаний о природе, обществе и человеке и разработке технологий, которые позволяют обеспечивать благо людей, укрепление безопасности, развитие здравоохранения, образования и культуры, углубление взаимопонимания между народами и обеспечение мира во всем мире;

в) служить основой для выработки критериев, которыми могли бы пользоваться средства массовой информации, гражданские организации и группы при этической оценке научной деятельности и политики в области науки.

II. Наука и общество

Статья 4

Государство и общество ответственны за создание всех необходимых условий для научных исследований, востребованности их результатов и распространения знаний.

С этой целью они:

- а) создают благоприятные возможности для автономного проведения исследований и свободы научного поиска;
- б) обеспечивают необходимую для проведения достоверных и результативных научных исследований информационную доступность материалов и сведений, которыми располагают государственные и общественные учреждения и организации;
- в) привлекают ученых к разработке и экспертизе масштабных социальных программ и проектов, затрагивающих интересы различных групп и слоев общества;
- г) всемерно способствуют международному сотрудничеству в области исследований и образования;
- д) всеми доступными средствами содействуют поддержанию высокого статуса ученых в обществе и обеспечивают, исходя из наличных средств и возможностей, благоприятные условия для научной деятельности, что, в частности, подразумевает выделение ресурсов для научных исследований и достойное и справедливое вознаграждение за труд.

Статья 5

Государство и общество гарантируют правовую защиту результатов научной деятельности (в частности, обеспечиваемую авторским правом) и способствуют научному сообществу в поддержании атмосферы нетерпимости к недобросовестному использованию результатов научного труда своих коллег.

Статья 6

Научные работники вправе самоопределяться по отношению к конкретным научно-исследовательским проектам, исходя из собственной оценки их социальной, гуманитарной и экологической значимости. Научное сообщество с уважением относится к этически обоснованным решениям научных работников.

III. Ученый и научное сообщество

Статья 7

Плодотворная научная деятельность требует от ее участников высоких гражданских качеств – законопослушания, социальной ответственности, отношения к своей профессии как к призванию, бескорыстия, добросовестности, гуманности и интеллектуальной честности.

Статья 8

Ответственность научных работников включает в себя:

- а) предосторожность в отношении вероятных неблагоприятных гуманитарных, социальных и экологических последствий научной деятельности;
- б) обеспечение прозрачности методологии и результатов научных исследований для научного сообщества и широкой публики;

- в) открытость по отношению к внутридисциплинарному и междисциплинарному интеллектуальному взаимодействию;
- г) содействие распространению научно-технических знаний на благо общества.

Статья 9

Добросовестная научная деятельность состоит в поддержании высоких стандартов интеллектуальной честности и не допускает:

- а) фабрикации научных данных, то есть заведомого сообщения непроверенных, неполных, односторонних, ложных и предвзятых данных;
- б) фальсификации, то есть манипулирования исследовательскими материалами, оборудованием или процессами либо изменения или невключения данных или результатов, ведущего к искажению исследовательских данных;
- в) плагиата, то есть использования данных, полученных в чужих исследованиях, методов, гипотез и положений, сформулированных другими учеными, чужих текстов (полностью или частично) без надлежащего указания автора и источника;
- г) ложного соавторства, вред которого для научного сообщества особенно усугубляется при ложном соавторстве научных руководителей и администраторов;
- д) использования отдельными участниками коллективных исследований данных и выводов, полученных в таких исследованиях, без согласования с другими участниками.

Статья 10

Участие в публичных дискуссиях является одной из обязанностей научного работника. Вместе с тем, вступая в такие дискуссии, научные работники ограничивают участие в них уровнем собственной научной компетентности.

Статья 11

В случае возникновения конфликта интересов научный работник информирует о нем соответствующую полномочную инстанцию. Решение вопроса о продолжении его участия в деятельности, сопряженной с конфликтом интересов, осуществляется в соответствии с порядком, принятым в данном научном сообществе (учреждении, организации).

Статья 12

В своей профессиональной деятельности научные работники не допускают нарушения норм научной этики и помогают избегать такового своим коллегам. О случаях нарушений норм научной этики информируется этический комитет, этический уполномоченный или руководство научной организации или учреждения.

Статья 13

Научные учреждения и организации всемерно способствуют профессиональному росту научных работников. Для этого они:

а) предоставляют научным работникам максимальные возможности для участия в разного рода научных мероприятиях, свободного доступа к базам данных и библиотекам, самообразования и повышения квалификации, проведения исследований по индивидуальным программам, в том числе в международных исследовательских центрах;

б) создают условия, благоприятствующие привлечению молодых ученых к участию в значимых и перспективных исследовательских проектах.

Статья 14

Научные учреждения и организации ответственны за безопасность работников, ведущих исследовательские эксперименты. Предметом особенного и предупредительного внимания являются исследователи, добровольно участвующие в экспериментах и сознательно идущие на риск.

Статья 15

Привлечение в научные исследования людей в качестве испытуемых возможно лишь при условии получения от них информированного согласия и уважения их благополучия, прав и достоинства в соответствии с международными конвенциями и национальным законодательством.

Использование животных в научных экспериментах возможно лишь при соблюдении принятых норм гуманного проведения исследований на животных.

IV. Институциональное и организационное обеспечение действенности этических принципов научной деятельности

Статья 16

Государства – участники СНГ всеми имеющимися у них средствами содействуют широкому признанию и практическому осуществлению положений настоящей Декларации.

Статья 17

Этические принципы научной деятельности и проблематика этической регуляции научной деятельности со всей полнотой отражаются в программах образования разного уровня, в системах специальной и массовой научной информации с целью повышения культуры и ответственности научной деятельности. Этические принципы научной деятельности всемерно утверждаются в практике образовательных организаций.

Статья 18

Государства – участники СНГ, национальные и общественные академии наук, научные учреждения и организации, научные ассоциации и работники поощряют создание комитетов по этике (ведомственных, независимых, общественных) для мониторинга соблюдения этических норм в научно-исследовательской деятельности, этического анализа случаев неправомерного поведения ученых или

научных сообществ и злоупотреблений в сфере научной деятельности, а также для выработки рекомендаций и консультирования в конкретных ситуациях. В соответствии с локальными условиями вместо этического комитета может избираться (назначаться) этический уполномоченный (омбудсмен).

Статья 19

Национальные и общественные академии наук, научные учреждения, организации и ассоциации, научные работники содействуют выработке необходимых процедур для обеспечения действенности этических норм научной деятельности, в том числе посредством разработки системы специальных санкций.

Статья 20

Национальные и общественные академии наук, научные учреждения, организации и ассоциации, научные работники способствуют тому, чтобы кодексы поведения ученых и практика их применения не создавали излишних препятствий для проведения научных исследований.

Статья 21

Государства – участники СНГ, национальные и общественные академии наук, научные организации, учреждения и ассоциации, научные работники поощряют международные дискуссии, консультации и обмен опытом по проблемам, связанным с этикой научной деятельности, создают условия для утверждения на практике сформулированных в Декларации положений и обеспечения их действенности.

Принята на тридцать седьмом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ (постановление № 37-6 от 17 мая 2012 года)

ПОДДЕРЖКА НАУКИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

И. А. ШОВКУН, А. П. ТОКАРЬ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УКРАИНЫ: РОЛЬ В ГОСУДАРСТВЕННОМ ФИНАНСИРОВАНИИ НАУКИ И МЕЖДУНАРОДНОМ НАУЧНОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ

В системе институций, призванных поддерживать научные исследования в Украине, Государственному фонду фундаментальных исследований Украины (ГФФИ) принадлежит исключительная роль. С его созданием в 1992 году был заложен новый для сферы науки Украины механизм распределения бюджетных средств, обеспечивающий конкурсные основы поддержки фундаментальных научных исследований, проводимых научными коллективами и отдельными учеными в разных отраслях знаний. Этот механизм, обеспечивающий рациональное и нацеленное на результат расходование государственных средств на науку, благодаря своей эффективности в дальнейшем был распространен на всю систему государственного финансирования научной и научно-технической деятельности и закреплен в соответствующем законе [1]. Внедрение условий состязательности за получение государственного финансирования на проведение исследований содействовало адаптации сферы науки к механизмам рыночной экономики и конкуренции.

Деятельность научного фонда строится на идеологии свободы научного творчества. Любой исследователь или группа ученых вольны проявить инициативу в выборе темы научной работы, подать заявку и претендовать на получение государственных средств для выполнения исследовательского проекта.

В фонде проводится конкурсный выбор проектов на основе экспертизы поступивших заявок, осуществляемой самим научным сообществом. Фондом реализуются прозрачные механизмы финансирования, отчетности и контроля за расходованием средств. Научные проекты финансируются путем предоставления целевых грантов заявителям, выигравшим конкурс. Тем самым достигается более экономное и целевое финансирование исследований по наиболее актуальным направлениям научных работ.

Мировая и отечественная практика деятельности государственных научных фондов свидетельствуют о демократичном характере системы конкурсного отбора

и грантового финансирования научно-технических проектов. Демократичность обеспечивается системой правил, которые включают:

свободу исследовательской инициативы;

отсутствие системы согласования заявок с многоступенчатой иерархией научной бюрократии;

тематика заявляемых научно-технических работ формируется самими учеными на основе их представлений об актуальных направлениях исследований;

формирование коллективов исполнителей по критерию способности содержательно принимать участие в решении конкретной научной задачи. Реализация такого критерия отбора участников проекта обеспечивает междисциплинарность проводимых исследований, их научную значимость и результативность;

выбор проектов строится на конкурсном отборе поданных заявок на основе экспертизы, проводимой самим научным сообществом;

в фондах действуют прозрачные механизмы финансирования, отчетности и контроля за расходованием средств;

выполнение работ по каждому проекту финансируется посредством предоставления заявителю, выигравшему конкурс, целевого гранта. Объем финансирования соответствует обоснованной заявителем смете расходов на исследование;

финансирование предоставляется на условиях адресности исполнителям конкретных проектов, а не организациям, под личную ответственность получателей средств за их целевое использование;

обязательность публикации результатов исследований в открытой печати. Это позволяет научному сообществу оценить уровень и качество проведенного исследования, а также его соответствие израсходованным бюджетным средствам.

Опыт ведущих стран мира свидетельствует о весомости государственных научных фондов в системе финансирования научных исследований. Например, в США через Национальный научный фонд распределяется до 4 % совокупных федеральных расходов на гражданскую науку [2]. В странах с переходной экономикой роль научных фондов в системе государственного финансирования науки бывает несколько более активной. Так, в Российской Федерации бюджет двух государственных научных фондов суммарно составляет 7 % совокупных бюджетных расходов на гражданскую науку [3]. В Украине расходы на НИОКР, осуществляемые ГФФИ, составляют не более 1 % соответствующих расходов государства (рис. 1).

В соответствии с действующим законодательством Украины, средства для ГФФИ определяются в государственном бюджете отдельной строкой. Источниками формирования средств фонда являются бюджетные средства, а также добровольные взносы юридических и физических лиц, включая иностранных. Величина средств государственного бюджета, выделяемая на финансирование ГФФИ расходов на исследования и разработки, имеет общую тенденцию к росту

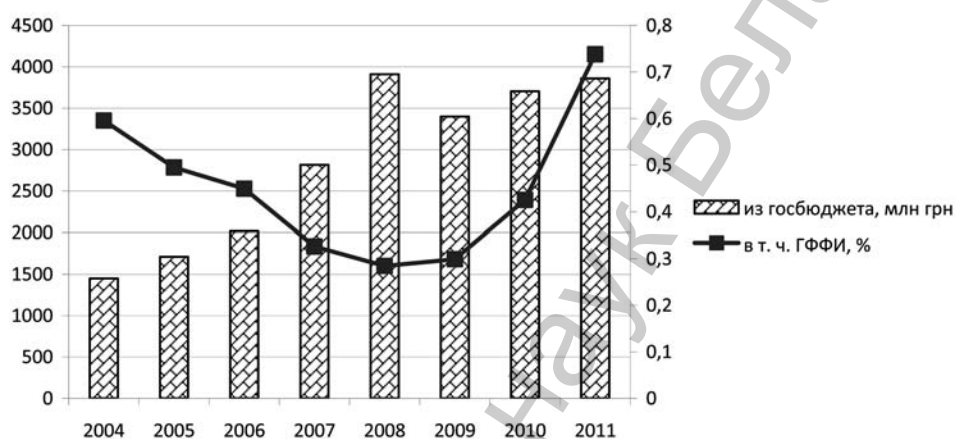


Рис. 1. Финансирование НИОКР в Украине из государственного бюджета, в том числе через ГФФИ, за 2004–2011 гг. (составлено ГФФИ по данным Государственной службы статистики Украины)

(таблица). Так, данные расходы более чем утроились за период 2004–2011 гг. Однако величина этих расходов подвержена дискретным изменениям, что нарушает стабильность деятельности фонда в части поддержки научных исследований. Предотвратить неоправданную нестабильность в деятельности ГФФИ могло бы законодательное урегулирование величины его бюджета, например, путем ее установления как доли в совокупных расходах государственного бюджета на гражданскую науку.

Бюджет ГФФИ в части расходов на исследования и разработки, в том числе по статье «Фундаментальные исследования по актуальным проблемам естественных, общественных и гуманитарных наук», за 2004–2012 гг.

Год	Финансирование расходов на исследования и разработки, тыс. грн.	Изменение финансирования, % к предыдущему году	Изменение финансирования, % к 2004 г.
2004	8632,9	–	–
2005	8467,7	98,1	98,1
2006	9064,9	107,1	105,0
2007	9182,8	101,3	106,4
2008	11127,6	121,2	128,9
2009	10163,4	91,3	117,7
2010	15758,8	52,4	182,5
2011	28496,9	180,8	330,1
2012 (план)	28497,0	100,0	330,1

Примечание. Составлено по данным ГФФИ.

Основным направлением деятельности ГФФИ является поддержка научных исследований и разработок по актуальным проблемам естественных, общественных и гуманитарных наук, имеющих прежде всего фундаментальный характер. Фонд решает проблемы развития национальной науки, что достигается путем увеличения числа программ и расширения финансового обеспечения. В настоящее

время ГФФИ оказывает поддержку развитию секторов науки в регионах страны, работам различных категорий исследователей, расширению спектра приоритетных направлений исследований, а именно:

- научно-учебных центров НАН Украины и МОН Украины;
- научных исследований молодых ученых и докторов наук;
- научных исследований и обеспечения современным оборудованием по проблемам молекулярной клеточной биологии.

Кроме того, важной составляющей деятельности ГФФИ является содействие расширению международного научного сотрудничества. Такое сотрудничество выступает предпосылкой привлечения новых знаний, повышения конкурентоспособности и производительности науки, позволяет вести масштабные исследования и достигать результатов, получение которых не возможно в рамках научной сферы одной страны вследствие финансовых ограничений. О весомости данного направления в деятельности ГФФИ свидетельствует то, что на финансирование международных проектов в отдельные годы расходовалось до 84 % средств научного бюджета фонда (рис. 2). За период деятельности ГФФИ содействовал налаживанию сотрудничества между учеными Украины и Беларуси, России, Польши, Германии, Франции, США.

В частности, деятельность ГФФИ по содействию сотрудничеству ученых Украины и Республики Беларусь осуществляется совместно с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (БРФФИ). Научные фонды, исходя из интересов развития науки в обеих странах, способствуют прямому научному сотрудничеству путем финансирования проектов совместных научных исследований, принятых в результате конкурсного отбора. Научное сотрудничество осуществляется преимущественно в форме проведения совместных

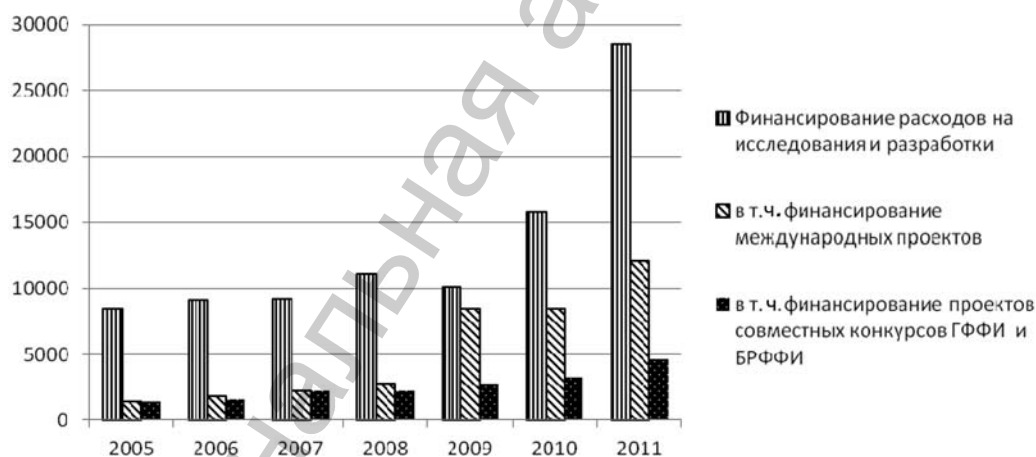


Рис. 2. Бюджет ГФФИ в части расходов на исследования и разработки, включая финансирование международных проектов и совместных проектов с БРФФИ за 2005–2011 гг. (тыс. грн.) (составлено по данным ГФФИ)

фундаментальных и прикладных исследований, семинаров. Так, на конкурс совместных проектов фундаментальных исследований принимаются исследовательские проекты, выполняемые небольшими научными коллективами белорусских и украинских ученых; проекты организации совместных научных форумов (конференций, семинаров и т. п.) на территории Украины или Беларуси; проекты совместных экспедиций, полевых исследований, научно-реставрационных работ. Ключевым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием, опубликовав их в научных изданиях со ссылкой на их поддержку научным фондом.

Сотрудничество ученых Украины и Республики Беларусь при содействии ГФФИ длится с 2005 г., когда был проведен первый конкурс совместных проектов фундаментальных исследований. Тогда же были определены научные направления проектов, перечень которых включает исследования по физико-математическим, техническим, биологическим, химическим наукам и наукам о Земле, а также по общественным и гуманитарным наукам. Работа над проектами ведется в течение двухлетнего цикла.

Необходимо отметить, что выборочное обследование основных министерств (ведомств) Украины, являющихся распорядителями бюджетных средств на финансирование науки, позволило выявить, что на протяжении периода наблюдений (2005–2011 гг.) львиная доля расходов по программам украинско-белорусского сотрудничества осваивалась в системе ГФФИ. И это несмотря на то что фонд занимает скромное место среди инструментов бюджетного финансирования науки в Украине.

За прошедший период ГФФИ было профинансировано 219 научных проектов украинско-белорусского сотрудничества на общую сумму более 21 млн грн. Средства финансовой поддержки ГФФИ распределялись между научными направлениями в такой пропорции: 38 % приходится на физико-математические науки, 22 % – на биологические науки, 21 % – на технические науки, 10 % – на химические науки и науки о Земле, 9 % – на общественные и гуманитарные науки (рис. 3). Общей приоритетной проблемой научных исследований для национальных научных фондов трех государств (Украины, Беларуси и России) является чернобыльская тематика, в рамках которой для решения проблем экологии, использования и возобновления природных ресурсов в пограничных регионах в 2009 и 2011 гг. проводились трехсторонние межрегиональные конкурсы научных проектов, финансировавшиеся в объеме, превышающем 7 % годового бюджета совместных работ.

Например, исследования по проектам последнего трехстороннего конкурса «БРФФИ–РФФИ–ГФФИУ (БРУ-2011)» финансируются украинской стороной в объеме 335 тыс. грн. и посвящены ряду актуальных проблем. Среди них оценка состояния радиоактивного и техногенного загрязнения прибрежных водных и луговых экосистем, их рациональное использование и охрана в пограничных территориях Брянской (Россия), Черниговской (Украина) и Гомельской (Беларусь)

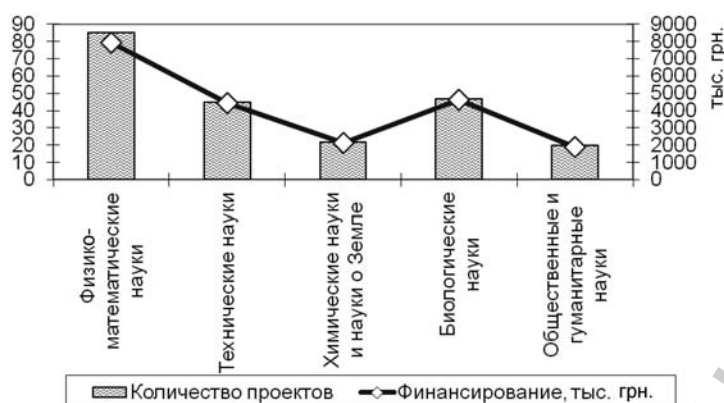


Рис. 3. Распределение проектов, выполненных в рамках совместных конкурсов ГФФИ и БРФФИ, за 2005–2011 гг. по отраслям знаний (составлено по данным ГФФИ)

областей; изучение трансгенерационных эффектов и реактивности потомков животных, родители которых находились в условиях техногенного и естественно повышенного радиационного фона; экологический фактор и социокультурные параметры жизни населения в зоне чернобыльской катастрофы (Гомельская, Брянская и Черниговская области); показатели процессов миграции и аккумуляции тяжелых металлов в грунте различных ландшафтов восточной части европейского континента; создание единой базы данных грунтовых ресурсов России, Украины и Беларуси и т. п. Соисполнителями этих проектов выступают от Украины – Черниговский национальный педагогический университет им. Т. Г. Шевченко, Институт искусствоведения, фольклора и этнологии НАН Украины, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии им. О. Н. Соколовского», Николаевский государственный аграрный университет. От белорусской стороны – Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Институт радиобиологии НАН Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Институт искусствоведения, этнографии и фольклора им. К. Крапивы НАН Беларуси; с российской стороны – Брянский государственный университет им. академика И. Г. Петровского, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ГНУ ВНИИЖ Россельхозакадемии, Институт этнологии и антропологии им. Н. Н. Миклухо-Маклая РАН, Факультет почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова.

По результатам четвертого совместного конкурса ГФФИ Украины и БРФФИ на 2011–2012 гг. грантовая поддержка предоставляется 64 проектам – победителям конкурса на общую сумму 8,6 млн грн. Также по итогам второго трехстороннего межрегионального конкурса ГФФИ Украины, БРФФИ и РФФИ на 2011–2012 гг. финансируются работы по 6 проектам – победителям конкурса на общую сумму 755 тыс. грн.

На первоначальном этапе сотрудничества размер гранта, который предоставлялся научным фондом на выполнение одного проекта, составлял 30–36 тыс. грн.



Рис. 4. Финансирование проектов, выполняемых в рамках совместных конкурсов ГФФИ и БРФФИ, по отраслям знаний за 2005–2012 гг. (в фактических ценах, тыс. грн.; составлено по данным ГФФИ; 2012 г. – предварительные данные)

в год. В настоящее время средний размер грантовой поддержки одного проекта возрос до 65 тыс. грн. в год, т. е. почти удвоился. Годовой бюджет совместных проектов ГФФИ и БРФФИ увеличился с 1,5 до 4,5 млн грн., или более чем в 3 раза за 2005–2011 гг. (рис. 4). Представленная динамика свидетельствует о признании важной роли консолидированных усилий ученых Украины и Республики Беларусь для научно-технического обеспечения развития экономики каждой страны.

Высокие требования, выдвигаемые к качеству научных проектов, а также к базовому материально-техническому обеспечению исследовательской работы, обусловили специфику ведомственного распределения проектов по исполнителям. Так, среди исполнителей по количеству проектов и объему освоенных средств абсолютно преобладают научные учреждения системы НАН (рис. 5). Заметную

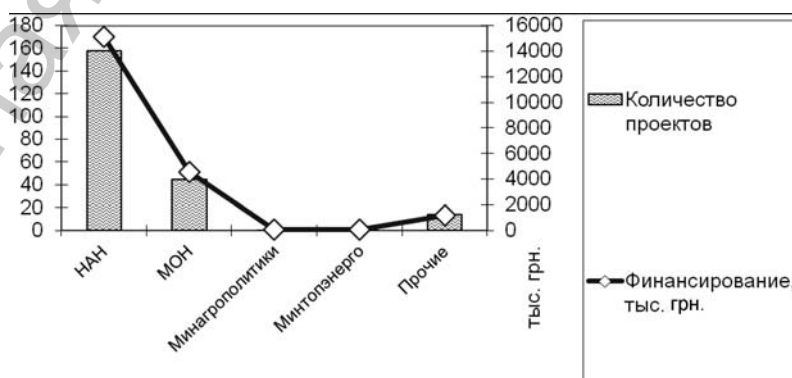


Рис. 5. Ведомственное распределение проектов совместных конкурсов ГФФИ и БРФФИ по исполнителям за 2005–2011 гг. (составлено по данным ГФФИ)

роль в проведении совместных исследований играет университетская наука. Научные подразделения, находящиеся в ведении других министерств, участвуют в исполнении проектов совместных исследований эпизодически. Сформировавшееся распределение исполнителей проектов объективно обусловлено лидерством академической научной школы в Украине, система которой включает около 170 институтов и других научных учреждений всех отраслей знаний и насчитывает более 19 тыс. научных работников.

Одновременно с налаживанием международного сотрудничества ГФФИ поддерживается научная деятельность в региональных научных центрах страны. В частности, к выполнению проектов совместного конкурса ГФФИ и БРФФИ фундаментальных исследований в 2010 г. были привлечены ученые из двенадцати регионов Украины. При этом средства ГФФИ были распределены между исполнителями в следующей пропорции: 42 % пришлось на проекты, выполнявшиеся учеными Киева, 25 % – Киевской области, 9 % – Львовской, 8 % – Харьковской, по 3 % – Черновицкой и Донецкой областей, по 1,6 % – Тернопольской, Сумской, Черкасской, Закарпатской, Ивано-Франковской и Николаевской областей.

Сравнительный анализ деятельности национальных фондов фундаментальных исследований позволил выявить позитивную особенность БРФФИ, заключающуюся в ответственности за практическую реализацию завершенных научно-исследовательских проектов. Если ГФФИ оставляет решение вопросов внедрения результатов научных исследований на усмотрение исполнителей, то БРФФИ доводит информацию о завершенных проектах, имеющих инновационную направленность, до сведения заинтересованных министерств, предприятий, руководителей научных и научно-технических программ. Тем самым Фонд способствует обеспечению народнохозяйственной эффективности расходования государственных средств на фундаментальные исследования.

В заключение следует отметить, что ГФФИ выполняет весомую роль в финансировании развития науки Украины, а также в налаживании международной научно-технической кооперации. Финансируемые государством проекты научного сотрудничества позволяют гармонично развивать естественные, технические, общественные и гуманитарные науки как в национальных интересах, так и в интересах иностранных партнеров. Вместе с тем приоритетность работ в естественнонаучных и технических дисциплинах способствует решению задач научной подготовки инновационного развития экономик стран – участниц сотрудничества.

Проведенный анализ позволил также выявить проблемы, сдерживающие расширение научно-технического сотрудничества между Украиной и Республикой Беларусь. Основные из них следующие:

недостаточное финансовое обеспечение международного сотрудничества в сфере науки, что обусловлено трудностями в финансовой и денежно-кредитной сферах; ограниченность источников финансирования международного научно-технического сотрудничества, вызванная бюджетным дефицитом, структурными

диспропорциями в экономике, недостаточностью собственных средств предприятий, высокими ставками рефинансирования и кредитования;

низкий спрос субъектов хозяйствования на научно-технические разработки, недостаточность стимулов к технологической модернизации и выпуску инновационной продукции;

отсутствие понятных и приемлемых механизмов реализации научно-технических программ и проектов, адаптированных к межгосударственному сотрудничеству.

В нынешний период экономической нестабильности объемы финансовых ресурсов, которые могут выделить государство и частный капитал на научно-техническое сотрудничество, ограничены. Поэтому на перспективу важно не распылять средства, а сосредотачивать их на научно-технических направлениях, обеспечивающих создание готового к использованию научного продукта, дающего наибольший эффект для развития национальной экономики. В этом контексте необходимо определить приоритетные направления развития науки и техники в сфере передовых технологий, в которых каждая страна имеет весомый потенциал (авиакосмическая техника, транспортное машиностроение, нанотехнологии, биотехнологии и т. п.). Также необходимо совершенствовать государственное регулирование научно-технического и инновационного развития путем формирования государственных целевых программ на условиях государственно-частного финансирования; использовать финансовые инструменты поощрения бизнеса к научной и инновационной деятельности; оптимизировать пропорции между базовым и проектным финансированием науки; контролировать результативность выполнения научных проектов.

Представленное в данной публикации аналитическое исследование подтверждает важность деятельности ГФФИ и БРФФИ по обеспечению научно-технического сотрудничества обеих стран, а также свидетельствует о необходимости его развития к взаимной выгоде. Подтверждение этому – 20-летний опыт конкурсной деятельности обоих фондов и результаты шести совместных конкурсов проектов по обоюдным приоритетным направлениям исследований и разработок.

Литература

1. Закон України про наукову і науково-технічну діяльність // Відомості Верховної Ради України (ВВР). 1992. № 12. С. 165.
2. Federal obligations for research and development, by agency and character of work: FY 2008 // Science and Engineering Indicators 2010. Arlington, VA (NSB 10–01). 2010 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.nsf.gov/statistics/seind10/tables.htm>.
3. Дежина И. Г. Государственное регулирование науки в России. М., 2008. С. 123.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФОНДА

Е. М. ХАРИТОНОВ, С. В. КАРПЕЙЧИК

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

(по отчетным материалам завершившихся в 2011 г. проектов БРФФИ)

Повышение роли науки в жизни человечества сочетается с резким удорожанием научных исследований, ростом их ресурсоемкости, а это делает проблему поддержки науки одной из сложных как для развитых, так и особенно для стран с переходной экономикой. Мировой опыт показывает, что применение программно-целевых подходов позволяет правительствам многих стран эффективно использовать государственные ресурсы в целях стимулирования научных исследований и создания инновационной продукции. В Республике Беларусь научные и научно-технические программы также формируются в целях обеспечения полного инновационного цикла: от научных исследований до внедрения научной и научно-технической продукции в производство.

Следует подчеркнуть, что инновационное развитие экономики невозможно без опоры на результаты фундаментальных исследований. На сегодняшний день именно фундаментальные исследования стоят в основе любых по настоящему новых инноваций и обеспечивают осуществление инновационного процесса на наивысшем в мире уровне научных знаний. Именно такое органическое встраивание фундаментальных исследований в инновационный процесс, как показывает мировой опыт, позволяет существенно ускорять развитие технологий и техники и обеспечивать ведущую роль инноваций в экономическом росте.

В нашей стране государственные программы научных исследований (ГПНИ) в большинстве случаев ориентированы на получение конкретных результатов (макетов приборов, лабораторных технологий, экспериментальных образцов материалов и т. п.) такого уровня, который позволит либо через государственные научно-технические программы (ГНТП), либо после доработки в условиях заводских конструкторских бюро использовать их в народнохозяйственном комплексе. В связи с этим для ученых оказываются ограниченными возможности проведения поисковых фундаментальных научных исследований для проверки работоспособности новых научных идей. Такие исследования фактически сосредотачиваются на установлении новых «точек» роста науки, на обеспечении

научных заделов для ГПНИ. Опыт показывает, что поисковые фундаментальные исследования могут выполняться небольшими, но наиболее высококвалифицированными и активными группами ученых и не требуют больших финансовых затрат. Вместе с тем зачастую поисковые исследования завершаются получением результатов не только фундаментального значения, но и практически важных данных. В связи с этим наряду с основными программно-целевыми принципами планирования и осуществления исследований, в нашей стране эффективно реализуется созданным два десятилетия назад Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (БРФФИ) другая, дополняющая форма их организации – грантовая поддержка краткосрочных фундаментальных поисковых исследований.

За 20 лет деятельности БРФФИ в различных конкурсах было рассмотрено более 13400 заявок только по научно-исследовательским проектам, в т. ч. около 2900 заявок от молодых ученых, и принято к финансированию более 6000 проектов, в т. ч. 1541 – молодых ученых.

Результативность завершенных проектов фундаментальных исследований оценивается прежде всего по числу и качеству научных публикаций. Так, по завершенным в 2011 г. проектам НИР опубликовано по результатам исследований 117 монографий, 1945 статей, в т. ч. 666 в зарубежных изданиях, 1547 тезисов докладов, в т. ч. 1180 за рубежом, получено 67 патентов, подано 92 заявки на изобретения. Таким образом, количество научной продукции в расчете на один завершённый проект составило 11, в том числе в зарубежных изданиях 4,5. Такие достаточно высокие показатели свидетельствуют о том, что в большинстве случаев на момент завершения проектов получают серьезные научные результаты, которые признаются международным научным сообществом.

Одной из задач Фонда является выявление важных в инновационном отношении результатов, полученных в рамках выполнения проектов, и информационное обеспечение в доведении их до потенциальных потребителей. Поэтому БРФФИ ежегодно проводит анализ результатов исследований, полученных в ходе выполнения проектов на предмет их полезности для инновационного процесса в стране. Рассмотрим результаты такой деятельности на примере завершённых в 2011 году НИР. Отметим, что БРФФИ финансирует проекты только по приоритетным для страны научным направлениям, которые утверждаются на высшем государственном уровне, тем самым усиливая связь с государственными научными и научно-техническими программами. Так, в 2011 г. результаты 209 из 411 (50,9 %) завершённых проектов нашли дальнейшее развитие в государственных программах научных исследований. Большинство (62,0 %) из завершённых НИР получили практическую реализацию в виде экспериментальных и опытных образцов и партий, в заданиях государственных научно-технических программ и программ Союзного государства Беларуси и России, в образовании, в зарубежных контрактах и проектах, патентах и в материалах для государственных органов республики (рис. 1).

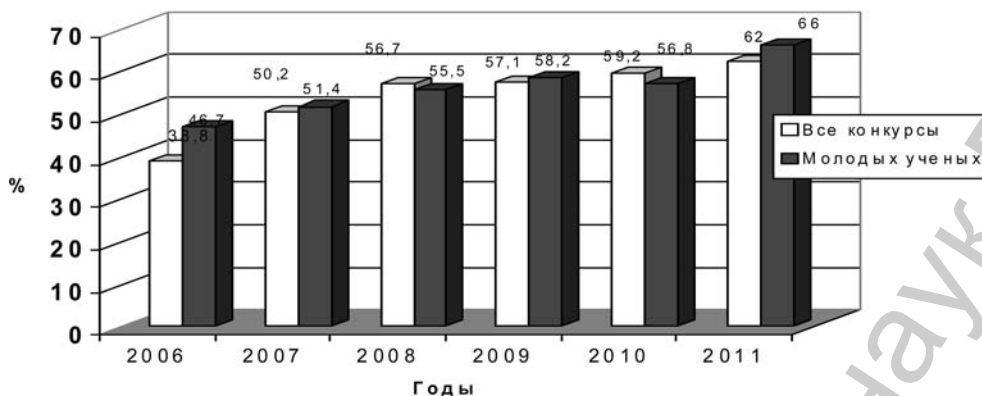


Рис. 1. Доля практической реализации завершенных проектов по всем конкурсам и для молодых ученых в 2006–2011 гг.

Распределение проектов по областям практической реализации по всем завершенным конкурсам приведено на рис. 2, а по проектам молодых ученых – на рис. 3.

По сравнению с 2010 годом увеличилось количество проектов, результаты которых использованы в материалах государственных органов республики, а также увеличилось количество полученных патентов на изобретения.

С использованием результатов завершенных НИР объем заключенных международных контрактов и выполняемых международных проектов составил 820260 долл. США, 664577 Евро и 2769000 рос. руб., или в пересчете на белорусские рубли по курсу Национального банка Республики Беларусь на январь 2011 г. – 5430,3 млн руб., заключено хозяйственных договоров с организациями республики на сумму 1190,55 млн бел. руб. Общая сумма привлеченных средств составила

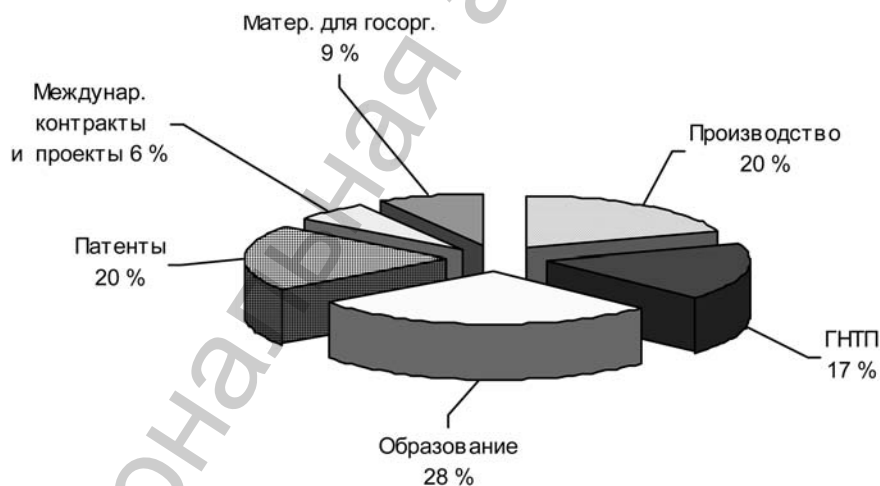


Рис. 2. Распределение всех завершенных проектов по областям практической реализации

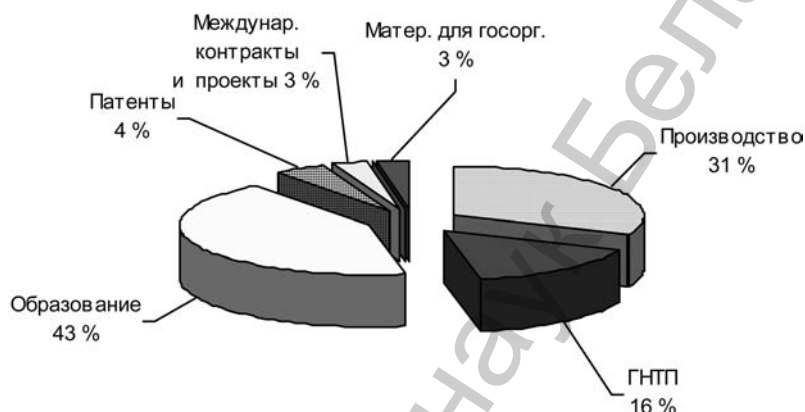


Рис. 3. Распределение завершенных проектов молодых ученых по областям практической реализации

более 6,3 млрд бел. руб., а это приблизительно 35 % от общей суммы бюджетных средств, затраченных на финансирование всех завершенных проектов.

Таким образом, за короткий промежуток времени (2 года) вложения в фундаментальные исследования уже окупили треть израсходованных бюджетных средств. А по техническим наукам этот показатель наиболее высок и равен 57,3% (таблица). Например, по теме Т09Ф-009 (рук. д-р физ.-мат. наук К. В. Доброго, Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси) был разработан экспериментальный высоковольтный генератор локализованного разряда для управления высокоскоростным потоком, позволяющий по сравнению с импульсным генератором, созданным в университете Огайо (США), увеличить температуру дуговой плазмы в 5 раз, увеличить к. п. д. генератора в 7 раз, практически исключить эрозию электродов и стенок реактора. На базе исследования был заключен ряд международных контрактов на общую сумму 279000 Евро.

Распределение объемов заключенных международных контрактов и проектов по научным направлениям

Секция БРФФИ	Евро	Долл. США	Рос. руб.	Бел. руб. (тыс.)	% от общей суммы привлеченных средств	% от затраченных на секцию бюджетных средств
ФМИ	270530	284900	2519000	2179363	40,2	35,6
ТН	360047	165360	250000	1992739	36,7	57,3
БМАН	—	70000	—	211260	3,9	4,5
ХНЗ	34000	300000	—	1044018	19,2	44,3

Примечание: ФМИ – физика, математика и информатика, ТН – технические науки, БМАН – биологические, медицинские и аграрные науки, ХНЗ – химия и науки о Земле.

Свой вклад по привлечению валюты в страну вносят и ученые Института физики НАН Беларуси. Так, результатом выполнения проекта Ф09М-123 (рук. С. Е. Козик, Институт физики НАН Беларуси) стала разработка концепции метода

измерения и программного обеспечения для определения профиля фотолитографических структур при освещении их фокусированным лазерным лучом. Созданное программное обеспечение послужило основой для создания методов моделирования оптических ловушек в рамках работ по контракту с Саудовской Аравией «Разработка методов управления ассамблирования микрочастиц и углеродных нанотрубок посредством оптических пинцетов и исследование возможности их применения для изготовления фотонных материалов и наноинжиниринга» с объемом финансирования 200000 долл. США и в партнерском проекте МНТЦ «Разработка метода спектральной эллипсометрии высокого пространственного разрешения для ИК, ИФ видимого диапазона и его применение для определения диаметров многослойных структур» с объемом финансирования 130000 Евро.

Распределение реализаций завершенных проектов наиболее активных участников конкурсов Фонда – Министерства образования, Министерства здравоохранения и Национальной академии наук Беларуси – по областям практического использования приведено на рис. 4.

Наибольший процент внедрения разработок в практику отмечается у организаций Министерства здравоохранения, однако недостатком организаций министерства является отсутствие международных проектов и контрактов и всего 1 полученный патент. Национальная академия наук Беларуси лидирует по числу проектов, нашедших дальнейшее развитие в государственных научно-технических программах и программах Союзного государства Беларуси и России, а также по количеству полученных патентов и заключенных международных контрактов и проектов. Более половины результатов исследований по проектам организаций Министерства образования получили дальнейшее использование в изданных учебниках и лекционных материалах для системы образования.

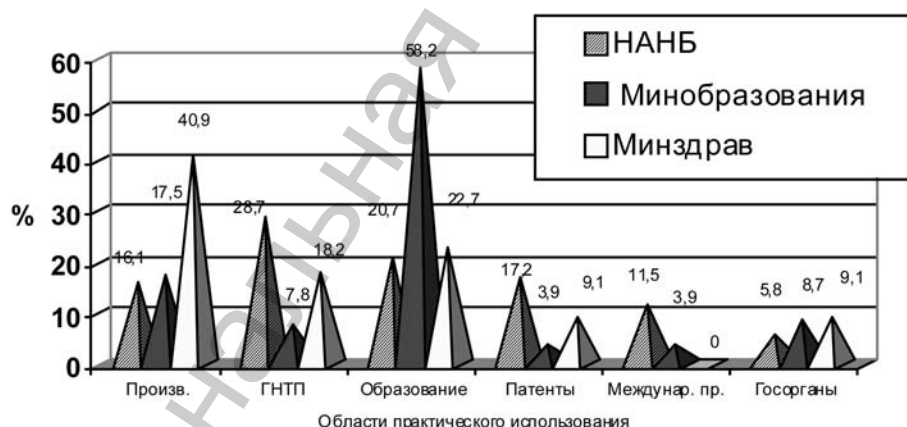


Рис. 4. Распределение реализаций завершенных в 2011 г. проектов министерств и ведомств по областям практического использования

Проекты, имеющие инновационную направленность, т. е. завершившиеся изготовлением экспериментальных и опытных образцов, либо непосредственно внедренные в производство, а также информация об отдельных патентах, были систематизированы и направлены по принадлежности 17 министерствам и ведомствам республики для возможной реализации в подведомственных организациях. По ряду проектов потенциальными потребителями уже запрошена дополнительная информация. Весь перечень таких проектов насчитывает 62 позиции и размещен на сайте Фонда. Более 40 % этих проектов приходится на биологические, медицинские и аграрные науки, далее следуют гуманитарные – 18 %, технические – 16 %, химия и науки о Земле – 15 % и физика, математика и информатика – 11 %.

Основной тематикой внедренных в практику результатов исследований по секции БМАН является разработка методов профилактики и лечения различных заболеваний у человека и животных. В качестве примера можно привести следующие результаты. Проведенные исследования по проекту Б09М-069 (рук. Т. К. Волкович, Витебский государственный медицинский университет) показали, что способ иммунокоррекции при бактериальном кератите за счет активации процессов фагоцитоза, пролиферации регенерации в роговице глаза с помощью аутосыыворотки, активированной зимозаном, является высокоэффективным и имеет большое медицинское, социальное и экономическое значение. Результаты исследования внедрены в лечебную практику Витебской областной больницы, Витебского областного диагностического центра, 10-й городской клинической больницы Минска, 3-й городской клинической больницы им. Г. В. Клумова Минска. Министерством здравоохранения утверждены инструкции по применению № 013–0210 «Оценка морфофункционального состояния роговицы при бактериальном кератите» и № 069–0610 «Применение аутосыыворотки, активированной зимозаном, в комплексном лечении бактериального кератита». Получены уведомления о положительной экспертизе заявок на выдачу патентов Республики Беларусь: «Способ фиксации цитологического материала, полученного импрессионным методом», «Способ окрашивания цитологического материала, полученного импрессионным методом» и «Способ лечения бактериального кератита». Результаты исследования внедрены также в учебный процесс кафедры офтальмологии Витебского государственного медицинского университета и кафедры офтальмологии Белорусской медицинской академии последипломного образования.

В ходе выполнения проекта Б09М-007 (рук. канд. с.-х. наук С. В. Копоть, Гродненский государственный аграрный университет) разработан комплекс биологически активных веществ, включающий сухой препарат кутикулы мышечного желудка кур, препарат спирулины с селеном и витамином С для повышения естественной резистентности и профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта физиологически незрелых животных. Результаты исследования показали, что новый комплекс препаратов обладает биостимулирующим и иммуно-

модулирующим действием, что снижает заболеваемость телят и способствует повышению живой массы животных. Результаты исследования внедрены в производство в условиях хозяйства СПК «Гродненский» Гродненского района с экономическим эффектом 25,6 тыс. руб. в расчете на 1 голову в ценах 2010 года. Изданы рекомендации для производства, утвержденные начальником управления ветеринарии комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Гродненского облисполкома «Рекомендации по стимулированию роста, развития и естественной резистентности телят-гипотрофиков» (01.03.2011). Материалы исследования положены в основу задания «Разработать технологию получения препаратов для профилактики желудочно-кишечных заболеваний и стимуляции естественной резистентности организма физиологически незрелых телят ГНТП «Агропромкомплекс – устойчивое развитие села до 2015 года» и внедрены в учебный процесс на кафедре технологии хранения и переработки животного сырья Гродненского государственного аграрного университета.

Основной процент внедренных результатов в области гуманитарных наук – исследования в области рациональной экономической деятельности отдельных предприятий, регионов, которые могут быть трансформированы на всю республику, что представляется важным, учитывая сложившуюся на данный момент ситуацию в экономике. Так, итогом выполнения проекта Г09М-168 (рук. канд. экон. наук О. С. Башлакова, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины) явилась разработка теоретико-методических аспектов стабильного экономического роста (на примере Гомельской области), основанного на развитии малого бизнеса, включающих:

- новую концепцию достижения стабильного экономического роста, заключающуюся в создании условий для максимальной мобильности факторов и результатов производства и минимизации искажения рыночных сигналов информационно-коммуникационной инфраструктурой;

- новую систему показателей развития малого бизнеса региона, позволяющую комплексно проанализировать социальные, инновационные, конкурентные аспекты развития малого бизнеса, а также провести сравнительный анализ такого развития;

- алгоритм формирования рыночной модели малого предприятия, позволяющий оптимизировать финансовые результаты с учетом имеющихся рисков.

Практическое использование результатов исследования позволит:

- снизить на порядок риски спадов из-за несбалансированности экономического роста;

- существенно увеличить долю ВВП, создаваемого в секторе малого бизнеса;

- повысить эффективность системы государственного регулирования и поддержки деятельности малого бизнеса в регионе.

Результаты исследования внедрены в производственную деятельность малых предприятий Гомельской области: ЧТУП «Комплекс групп», ЧПТУП «Компьютер-Маркет», ОДО «Рива», ЧТУП «ТринитиАвто», ЧТУП «ТринитиАвтоЛюкс»,

ООО «ДельтаПроект», ЧТУП «Зеон»; а также в учебный процесс учреждения образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины». К данной работе проявило интерес Министерство экономики.

Надо обратить внимание, что данные важные разработки выполнены молодыми учеными республики, которым присущи современные подходы и нестандартные решения в осуществлении научных исследований в условиях ограниченности финансовых ресурсов и активность во внедрении полученных результатов.

Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь проявлен интерес к разработке по теме Г09ПЛ-016 (рук. канд. экон. наук С. Г. Вегера, Полоцкий государственный университет) новых комплексных методик бухгалтерского учета и экологического аудита земли в составе промышленных активов как особого природно-экономического объекта, позволяющих, в отличие от существующей практики, сформировать достоверное информационное пространство о наличии и использовании субъектами хозяйствования земельных участков для усиления контроля за сохранностью и рациональным использованием земель. Полученные результаты внедрены ОАО «Полоцктранснефть Дружба», приняты к использованию Министерством финансов Республики Беларусь при разработке Положения по бухгалтерскому учету основных средств и нематериальных активов и используются в учебном процессе кафедры «Бухгалтерский учет и аудит» Полоцкого ГУ.

Практически реализованные проекты в области технических наук направлены на создание новых антифрикционных и конструкционных материалов, измерительных приборов, рекомендаций в области оптимального тепло- и массопереноса и др. Так, Минский авиаремонтный завод запросил дополнительную информацию по результатам исследования по проекту Т09-189 (рук. д-р техн. наук А. Р. Баев, Институт прикладной физики НАН Беларуси), итогом которых явилась разработка ультразвукового измерительного комплекса для неразрушающего измерения глубины упрочненных слоев на стальных изделиях. В отличие от лучшего зарубежного аналога, основанного на магнитных измерениях, разработанный комплекс позволяет повысить точность измерения в 4 раза, увеличить диапазон измеряемых глубин, проводить измерения на сложнопрофильных поверхностях. Результаты исследования использованы при выполнении хозяйственных работ на общую сумму 51,77 млн руб. Также получены патенты Республики Беларусь: № 1983 от 30.10.2010 «Панель управления» и № 6160 от 10.02.2010 «Ультразвуковое устройство для контроля механических свойств».

В результате выполнения проекта Т09К-107 (рук. канд. техн. наук А. И. Комаров, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси совместно с Институтом импульсных процессов и технологий НАН Украины) разработан антифрикционный износостойкий материал на основе оксидокерамического покрытия, модифицированного аморфным нанокремнеземом со смешанным типом гибридизации, позволяющий по сравнению с материалом фирмы Keronite снизить коэф-

фициент граничного трения в 2–5 раз и повысить микротвердость в 1,3–1,5 раз. Результаты исследования положены в основу технологической схемы упрочнения оксидокерамикой рабочих поверхностей подвижных вставок вакуум-форм для формовки внутренних шкафов холодильников ЗАО «Атлант». Упрочненные детали установлены в технологическом оборудовании основного производства, в результате чего устранен дефект задиров в подвижной паре, что позволило сократить срок технического обслуживания вакуум-форм на 20 % и увеличить стойкость на 100–200 тысяч отформовок.

Проведенные по проекту Ф09МН-003 (рук. канд. физ.-мат. наук В. А. Ярмолевич, НПЦ НАН Беларуси по материаловедению совместно с Монгольским национальным университетом) исследования по оптимизации и миниатюризации сенсоров, функционирующих как на классическом, так и планарном эффектах Холла, внедрены в конструкции ряда датчиков и сенсоров, изготавливаемых в НПЦ НАН Беларуси по материаловедению для Опытно-производственного унитарного предприятия «Феррит», Института тепло- и массообмена и др., а также в научно-технической программе Союзного государства «Космос-НТ» в задании «Разработать и создать малогабаритный магнитометр для проведения исследований магнитных полей в космическом пространстве и многослойные пленочные экраны для обеспечения электромагнитной совместимости бортовой аппаратуры». Получен патент Республики Беларусь на полезную модель № 6454 от 30.08.2010 «Магнитометр».

Можно также привести ряд примеров практической реализации проектов по физике, математике и информатике, по химии и наукам о Земле. Например, по проекту Ф09Д-006 (рук. канд. физ.-мат. наук В. А. Комар, НПЦ НАН Беларуси по материаловедению совместно с Объединенным институтом ядерных исследований России) разработана технология синтеза порошков кубического нитрида бора фракцией 50/40–100/80 марок ЛКВ 30–40 увеличенного выхода, позволяющая по сравнению с техпроцессом РНЦ «Прикладная химия» (Россия) снизить на 15 % энергоемкость производства и на 35 % – его материалоемкость. Полученные образцы порошка использованы для изготовления экспериментальной партии резцов для ОАО «БЗА» по договору 23–2010/577 на сумму 35 млн руб. Результаты исследования использованы в задании 1.50 ГНТП «Новые материалы».

По химическим наукам в проекте Х09ГКНТ-006 (рук. канд. хим. наук Л. С. Цыбульская, Научно-исследовательский институт физико-химических проблем БГУ совместно с Национальным техническим университетом Украины «Киевский политехнический институт») получены методом электрохимического осаждения новые виды покрытий: цинк-никель и никель-бор и исследована их коррозионная стойкость и защитная способность в хлоридсодержащей среде; пленки на основе солей жесткости и конверсионные фазовые слои с комплексообразующими ингибиторами коррозии металлов в кислой среде. Модернизирована конструкция установки ЩИТ-Н и предложен метод магниевой защиты трубопроводов от внутренней

коррозии. Применение магниевой защиты позволило снизить скорость внутренней коррозии труб в 4–5 раз. Аналогов в мире нет. Предложенный магниевый метод защиты трубопроводов от внутренней коррозии труб с модернизированной установкой ЩИТ-Н прошли промышленные испытания на предприятиях Украины и Республики Беларусь с положительным результатом. В дальнейшем планируется внедрение установок ЩИТ-Н с магниевым методом защиты на предприятиях Республики Беларусь как при строительстве новых, так и при модернизации существующих систем тепловодоснабжения. В результате выполнения проекта X09-114 (рук. д-р хим. наук Н. П. Крутько, Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси) разработан состав комплексного структурообразователя и технология гранулирования солевых дисперсий ОАО «Беларуськалий», обеспечивающая получение гранул сферической формы, высокую прочность гранул (не менее 3 МПа), однородность гранулометрического состава продукта. Проведены полупромышленные испытания технологии гранулирования глинистых и глинисто-минеральных смесей в испытательном центре компании ALLGAIER (Германия). Результаты исследования положены в основу научно-технического проекта с ОАО «Беларуськалий» с последующей организацией производства по переработке и гранулированию глинисто-минеральных смесей.

Приведенные примеры наглядно демонстрируют действенность Фонда как в финансировании поисковых фундаментальных исследований, так и в получении важных в практическом отношении результатов, вносящих заметный вклад в развитие экономики нашей страны. Кроме того, финансирование исследований в виде грантов показало себя как эффективная и экономная форма государственной поддержки науки, разумно сочетающаяся и дополняющая основные программно-целевые методы ее финансирования.

ИТОГИ КОНКУРСОВ

ПЕРЕЧЕНЬ НАУЧНЫХ ТРУДОВ, ИЗДАННЫХ ПРИ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКЕ БРФФИ В 2011 г.

1. Путь в науку: Очерки о докторах и кандидатах наук Гомельщины. Вып. VI / Сост. С. В. Щербаков; Гомельский филиал НАН Беларуси, ОО «Гомельское отделение Белорусского профессорского собрания». Гомель: БелГУТ, 2011. – 332 с.
2. **Плескачевский Ю. М., Старовойтов С. И., Леоненко Д. В.** Механика трехслойных стержней и пластин, связанных с упругим основанием. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 560 с.
3. **Сівіцкая Н. В.** Назвы адзення ў гаворках беларускай мовы. Мінск: Беларус. навука, 2011. – 214 с.
4. **Каўрыга П. А.** Метэаралогія і кліматалогія = Метеорология и климатология = Meteorology and climatology: беларуска-руська-англійскі даведнік. Мінск: Чатыры чвэрці, 2011. – 308 с.
5. **Точицкий Т. А., Федосюк В. М.** Электролитически осажденные пленки и наноструктуры. Минск: Изд. центр Белорус. гос. ун-та, 2011. – 510 с.
6. **Дорина Е. Б., Фатеев В. С., Богдан Н. И., Борисевич В. И., Трушин Ю. М., Буховец Т. В., Гаркавая В. Г., Мажинская М. А., Русак И. Н., Терехов И. И.** Регулирование и координация государственной, институциональной и инновационной политики в Республике Беларусь. Минск: Издательство «Четыре четверти», 2011. – 200 с.
7. **Сидорцов В. Н., Приборович А. А.** Изучение личности в истории: ориентации на контент-анализ, психоанализ, дискурс-анализ. Минск: Изд. центр Белорус. гос. ун-та, 2011. – 199 с.
8. **Рамза Т. Р.** Беларускае гутарковае маўленне: сучасны стан. Мінск: Вышэйш. шк., 2011. – 221 с.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСПУБЛИКАНСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ПОДДЕРЖАННЫХ БРФФИ В 2011 г.

1. XV Республиканская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Теоретико-методологические и прикладные аспекты государственного управления» (Минск, 25 февраля), Академия управления при Президенте Республики Беларусь.

2. Международная конференция «Геохимия четвертичных отложений Беларуси» (Минск, 31 марта – 1 апреля), Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт.

3. IX Международная конференция «Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы» (Минск, 1–2 апреля), Белорусский государственный университет.

4. Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (Минск, 14–15 апреля), Белорусский государственный аграрный технический университет.

5. VII Международная научно-практическая конференция «Государственное регулирование экономики и повышение эффективности деятельности субъектов хозяйствования» (Минск, 21–22 апреля), Академия управления при Президенте Республики Беларусь.

6. XIV Международная научная конференция по дифференциальным уравнениям «Еругинские чтения–2011» (Новополоцк, 12–14 мая), Полоцкий государственный университет.

7. I Международная конференция «Междисциплинарные исследования и технологии будущего» (Минск, 16–18 мая), Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси.

8. XI Международная конференция по распознаванию образов и обработке информации (Минск, 18–20 мая), Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.

9. Международный научный симпозиум «Перспективные материалы и технологии» (Витебск, 24–26 мая), Институт технической акустики НАН Беларуси.

10. VI Международная научная конференция «Системный анализ и прогнозирование экономики» (Минск, 26–28 мая), Белорусский государственный аграрный технический университет.

11. IV Международный экономический форум молодых ученых (Минск, 3–5 июня), Белорусский государственный экономический университет.

12. VI Международный симпозиум «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах» (Минск, 14–17 июня), Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси.

13. Международная научная конференция «Интегрированная защита растений: стратегия и тактика» (Минск, 5–8 июля), Институт защиты растений НАН Беларуси.

14. XI Международная школа-семинар «Актуальные проблемы физики микромира» (Гомель, 1–12 августа), Национальный научно-учебный центр физики частиц и высоких энергий БГУ.

15. VIII Минский международный семинар «Тепловые трубы, тепловые насосы, холодильники, источники энергии» (Минск, 12–15 сентября), Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси.

16. IV Международная научная конференция «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Нарочь, 12–17 сентября), Белорусский государственный университет.

17. VI Международная конференция «Аналитические методы анализа и дифференциальных уравнений» (Минск, 12–17 сентября), Институт математики НАН Беларуси.

18. IX Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом» (Минск, 20–22 сентября), Белорусский государственный университет.

19. Международная научная конференция «Метадалогія даследаванняў і крыніцазнаўчая база ў галіне гістарычнай урбаністыкі» (Гродно, 30 сентября – 1 октября), Гродненский государственный университет им. Я. Купалы.

20. V Международная научная конференция «Актуальные проблемы физики твердого тела» (ФТТ-2011)» (Минск, 18–21 октября), Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению.

21. IX Международная научно-техническая конференция «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии» (Гродно, 20–21 октября), Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси.

22. III Международная научная конференция «Проблемы взаимодействия излучения с веществом» (Гомель, 26–28 октября), Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины.

23. Международная научно-практическая конференция «III Белорусский инновационный форум», научно-практическая конференция «Стратегия инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы» (Минск, 15–18 ноября), Инновационная ассоциация «Республиканский центр трансфера технологий».

24. Международная научно-практическая конференция «Социальное знание и проблемы консолидации белорусского общества» (Минск, 17–18 ноября), Институт социологии НАН Беларуси.

25. Международная научно-техническая конференция «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК» (Минск, 24–25 ноября), Белорусский государственный аграрный технический университет.

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

Н. Н. Половинко

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

УДК 535.21; 534

О. Г. РОМАНОВ¹, Г. С. РОМАНОВ², Г. И. ЖЕЛТОВ³

ЛАЗЕРНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ В ОДНОРОДНЫХ И СЛОИСТЫХ СРЕДАХ: ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ЛАГРАНЖА

¹Белорусский государственный университет

²Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси

³Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 12.12.2011)

На основе решения уравнений движения в форме Лагранжа развиты теоретическая и численная модели взаимодействия коротких импульсов лазерного излучения с поглощающими средами. Рассмотрены волновые и амплитудные характеристики возникающих возмущений в полубесконечных, ограниченных и слоистых средах. Особое внимание уделено формированию и распространению акустических импульсов для ряда условий, представляющих практический интерес. Результаты могут быть использованы для анализа процессов взаимодействия излучения с веществом в различных сферах применения импульсных лазеров, таких как медицина (оптико-акустическая томография), метрология, технологии неразрушающего контроля и других.

Введение. При действии импульсного лазерного излучения на поглощающую среду происходит ее нагрев в области поглощения, рост давления и распространение волны сжатия в окружающее пространство. В линейном приближении эти процессы рассмотрены в [1; 2] на основе решения неоднородного волнового уравнения для давления, правая часть которого содержит функцию, описывающую плотность мощности тепловых источников звука. Представляет интерес изучение их в произвольном нелинейном случае – для произвольной по амплитуде и времени формы лазерного импульса и произвольного уравнения состояния среды. В данной работе с применением численного метода решения уравнения Лагранжа [3] рассмотрены примеры волновых процессов (в принципе не малой

амплитуды), протекающих в полубесконечных, ограниченных и слоистых средах, причем особое внимание уделено волновым и амплитудным характеристикам возникающих движений. Выбор структуры объектов исследования, их оптических и термофизических характеристик в значительной степени обусловлен нарастающим интересом практического использования лазерного возбуждения акустических импульсов в оптико-акустической томографии [4; 5].

Теоретическая модель. Рассмотрим решение задачи о физической реакции поглощающей среды на воздействие импульсного лазерного излучения. Основные процессы в объеме среды будем описывать в рамках пространственно-одномерной плоской задачи. Данный подход справедлив для случая малых глубин проникновения лазерного излучения в вещество l и больших размеров лазерного пучка x_0 , т. е. при $x_0 \gg l = 1/\kappa$, где κ – коэффициент поглощения среды.

Уравнения Лагранжа для одномерного движения сплошной среды в плоской геометрии имеют вид [2]:

уравнение непрерывности:

$$V = V_0 \frac{\partial R}{\partial r}; \quad (1)$$

уравнение движения:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -V_0 \frac{\partial P}{\partial r}; \quad (2)$$

уравнение изменения эйлеровой координаты R :

$$\frac{\partial R}{\partial t} = u; \quad (3)$$

уравнение состояния:

$$P = P(V, \varepsilon). \quad (4)$$

Здесь V_0 , V – начальный и текущий удельные объемы; $V_0 = 1/\rho_0$, $V = 1/\rho$, где ρ_0 , ρ – соответствующие плотности; r – лагранжева координата; t – время; P – давление; ε – удельная внутренняя энергия.

Полагая, что динамические нагрузки в рассматриваемых задачах не превышают сотен бар, для аппроксимации уравнения состояния (4) будем использовать уравнение Ми–Грюнайзена [6; 7] в его двучленном виде:

$$P = P_X + P_T = \rho_0 u_0^2 \left(1 - \frac{V}{V_0} \right) + \Gamma \frac{C_V (T - T_0)}{V}, \quad (5)$$

где P_T – тепловая и P_X – холодная компоненты давления P ; $\Gamma = \frac{u_0^2 \beta}{C_V}$ – коэффициент Грюнайзена; β – коэффициент объемного расширения; C_V – теплоемкость; u_0 – скорость звука в среде.

Согласно уравнению термодинамики, баланс тепла в среде

$$dQ = d\varepsilon + PdV = d\varepsilon_T + d\varepsilon_X + (P_X + P_T)dV, \quad (6)$$

где ε_T – тепловая и ε_X – холодная составляющая внутренней энергии ε . Так как $d\varepsilon_X = -P_X dV$, $d\varepsilon_T = C_V dT$, $P_T = \frac{\Gamma C_V (T - T_0)}{V}$, имеем

$$dQ = C_V dT + \frac{\Gamma C_V (T - T_0)}{V} dV. \quad (7)$$

С другой стороны, уравнение переноса тепла в среде

$$dQ = \left[\frac{1}{\rho} k_T \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{\rho} Q_S \right] dt, \quad (8)$$

где k_T – коэффициент теплопроводности среды. Величина Q_S в (8) определяется источником энерговыделения $Q_S = \kappa I(r, t)$, где κ – коэффициент поглощения среды; $I(t, r) = I_0 f_t(t) f_r(r)$ – интенсивность светового пучка в момент времени t в точке пространства с координатой r . Временная форма лазерного импульса описывается степенно-экспоненциальной функцией $f_t(t) = \frac{t}{t_p} \exp(-t/t_p)$, где t_p – длительность лазерного импульса; вид пространственной зависимости определяется законом поглощения излучения $f_r(r) = \exp(-\kappa r)$.

Таким образом, из (7) и (8) получаем следующее уравнение теплопроводности для нахождения изменения температуры среды:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho C_V} k_T \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{\rho C_V} Q_S - \frac{\Gamma(T - T_0)}{V} \frac{\partial V}{\partial t}. \quad (9)$$

Третье слагаемое в правой части уравнения (9) в данной задаче является поправкой 2-го порядка малости.

В уравнениях (1)–(3), (5), (9) введем безразмерные переменные по формулам $t = t_0 \tilde{t}$, $r = r_0 \tilde{r}$, $R = r_0 \tilde{R}$, $u = u_0 \tilde{u}$, $P = P_0 \tilde{P}$, $V = V_0 \tilde{V}$, $T = T_0 \tilde{T}$. Пусть характерный масштаб связан с коэффициентом поглощения среды: $r_0 = 1/\kappa$ и отношение $r_0/t_0 = u_0$ представляет собой скорость звука в среде. Тогда характерное время определяется как $t_0 = 1/\kappa u_0$. Из уравнения состояния (5) следует нормировка давления $P_0 = \rho_0 u_0^2$.

В безразмерном виде система уравнений (1)–(3), (5), (9) запишется как

$$\frac{\partial \tilde{R}}{\partial \tilde{t}} = \tilde{u}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial \tilde{u}}{\partial \tilde{t}} = -\frac{\partial \tilde{P}}{\partial \tilde{r}}, \quad (11)$$

$$\tilde{V} = \frac{\partial \tilde{R}}{\partial \tilde{r}}, \quad (12)$$

$$\tilde{P} = (1 - \tilde{V}) + A_1 \left(\frac{\tilde{T} - 1}{\tilde{V}} \right), \quad (13)$$

$$\frac{\partial \tilde{T}}{\partial \tilde{t}} = A_2 \tilde{V} \frac{\partial^2 \tilde{T}}{\partial \tilde{r}^2} + A_3 \tilde{V} f_t(\tilde{t}) f_r(\tilde{r}) - \Gamma \frac{(\tilde{T} - 1)}{\tilde{V}} \frac{\partial \tilde{V}}{\partial \tilde{t}}, \quad (14)$$

где $A_1 = \frac{\Gamma C_V T_0}{u_0^2}$, $A_2 = \frac{k_T \kappa^2 t_0}{\rho_0 C_V}$, $A_3 = \frac{\kappa t_0 I_0}{\rho_0 C_V T_0}$, $f_t(\tilde{t}) = \beta \tilde{t} e^{-\beta \tilde{t}}$ ($\beta = t_0 / t_p$), $f_r(\tilde{r}) = \exp(-\tilde{r})$.

Численное моделирование системы (10)–(14) проводилось с использованием изложенной в [3] методики конечно-разностной аппроксимации уравнений движения и уравнения состояния, уравнение теплопроводности (15) решалось по трехслойной явной схеме [6].

Запишем систему уравнений (10)–(12) в разностном виде на сетке $[0, \dots, r_j, \dots, r_{J_{\text{MAX}}}]$, $[0, \dots, t^n, \dots, t^{N_{\text{MAX}}}]$ по пространственной r и временной t координатам. Здесь $0 - J_{\text{MAX}}$ и $0 - N_{\text{MAX}}$ соответственно границы интервалов изменения пространственной и временной переменных. Имеем следующие конечно-разностные уравнения:

$$\tilde{V}_{j+1/2}^{n+1} = \frac{\tilde{R}_{j+1}^{n+1} - \tilde{R}_j^{n+1}}{\tilde{r}_{j+1} - \tilde{r}_j}, \quad (15)$$

$$\frac{\tilde{u}_j^{n+1} - \tilde{u}_j^n}{\Delta \tilde{t}} = - \frac{(\delta p)_j^n + (\delta q)_j^n}{\Delta \tilde{r}}, \quad (16)$$

$$\frac{\tilde{R}_j^{n+1} - \tilde{R}_j^n}{\Delta \tilde{t}} = \tilde{u}_j^{n+1}, \quad (17)$$

где $\Delta \tilde{t} = \tilde{t}^{n+1} - \tilde{t}^n$, $\Delta \tilde{r} = \tilde{r}_{j+1} - \tilde{r}_j$, $(\delta p)_j^n = \tilde{P}_{j+1/2}^n - \tilde{P}_{j-1/2}^n$, $(\delta q)_j^n = \tilde{q}_{j+1/2}^n - \tilde{q}_{j-1/2}^n$. При этом уравнение движения (16) записано с учетом введения псевдовязкости посредством формулы [3]

$$\tilde{q}_{j+1/2}^n = \begin{cases} \frac{2a^2}{\tilde{V}_{j+1/2}^n + \tilde{V}_{j+1/2}^{n-1}} \left[(\delta u)_{j+1/2}^n \right]^2, & (\delta u)_{j+1/2}^n < 0; \\ 0, & (\delta u)_{j+1/2}^n \geq 0; \end{cases} \quad (18)$$

где $(\delta u)_{j+1/2}^n = \tilde{u}_{j+1}^n - \tilde{u}_j^n$, константа $a \sim 1 - 2$, что позволяет стабилизировать численное решение в области существования скачков давления.

При реализации метода расчетная область разбивалась на ячейки размером $\Delta r = 10^{-3} r_0$ (r_0 – характерный размер области энерговыделения) с максимальным числом ячеек 10000. Шаг по времени определялся критерием Куранта $\Delta t = k \frac{\Delta r}{u_0}$, где коэффициент $k = 0,1 - 0,01$.

Использовались граничные условия двух типов: свободная граница ($\tilde{P}_{j=0 \text{ или } j=J_{\text{MAX}}}^n = 0$) и жесткая граница ($\tilde{u}_{j=0 \text{ или } j=J_{\text{MAX}}}^n = 0$).

Решение системы (15)–(17) проводилось совместно с конечно-разностной аппроксимацией уравнения теплопроводности (14) по следующему шаблону:

$$\frac{\tilde{T}_j^{n+1} - \tilde{T}_j^{n-1}}{2\Delta\tilde{t}} = A_2 \tilde{V}_j^n \left(\frac{\tilde{T}_{j+1}^n - 2\tilde{T}_j^n + \tilde{T}_{j-1}^n}{(\Delta\tilde{r})^2} \right) + A_3 \tilde{V}_j^n (f_t(\tilde{t})f_r(\tilde{r}))_j^n - \Gamma \frac{(\tilde{T}_j^n - 1) \tilde{V}_j^{n+1} - \tilde{V}_j^{n-1}}{\tilde{V}_j^n 2\Delta\tilde{t}}. \quad (19)$$

При этом согласно [6], устойчивость численной аппроксимации требует произвести замену $\tilde{T}_j^n = \frac{1}{2}(\tilde{T}_j^{n+1} + \tilde{T}_j^{n-1})$. Результирующий шаблон аппроксимации является трехслойным.

Результаты и их обсуждение.

З а д а ч а 1. Возбуждение акустического импульса в полубесконечной среде со свободной границей. Будем считать, что импульсное лазерное излучение (длительность лазерного импульса $t_p = 10^{-8}$ с, интенсивность $I_0 = 10^5$ Вт/см²) от широкого светового пучка поглощается в тонком поверхностном слое материала (подкрашенная вода, коэффициент поглощения $\kappa = 1000$ см⁻¹, плотность $\rho = 1$ г/см³, скорость звука $u_0 = 1,5 \cdot 10^5$ см/с, коэффициент теплопроводности $k_T = 0,6 \cdot 10^{-2}$ Вт/(см·К), коэффициент объемного расширения $\beta = 0,2 \cdot 10^{-3}$ К⁻¹). Данные параметры будут использованы и в дальнейших расчетах, если не оговорено иное.

Результаты численного расчета изменения температуры $\Delta T(r, t)$, давления $\Delta P(r, t)$, скорости движения $u(r, t)$ и плотности среды $\rho(r, t)$ приведены на рис. 1. Как видно, при поглощении энергии излучения лазерного импульса происходит локальный нагрев ΔT поверхностного слоя материала (рис. 1, а) и увеличение давления ΔP внутри среды (рис. 1, б, кривая 1). При этом давление на свободной границе среды остается неизменным ($P_{r=0} = 0$). Наличие градиента давления $\Delta P / \Delta r$ между областью, в которой произошло энерговыделение, и невозмущенной областью среды вызывает движение частиц среды с положительной скоростью ($u > 0$), направленное в глубь среды (рис. 1, в, кривые 1, 2). В то же время в поверхностном слое частицы среды приобретают отрицательную скорость ($u < 0$), определяющую их разлет в свободное пространство. При этом происходит уменьшение плотности вещества в поверхностном слое, и формируется биполярная акустическая волна (рис. 1, з, кривые 1–4). Сформированные таким образом волны давления (рис. 1, б, кривые 3–6), скорости (рис. 1, в, кривые 3–6) и плотности вещества (рис. 1, з, кривые 3–6) при своем распространении в глубь среды со скоростью звука u_0 характеризуются наличием положительной (объемное сжатие, $\Delta P, \Delta u, \Delta \rho > 0$) и отрицательной (объемное растяжение, $\Delta P, \Delta u, \Delta \rho < 0$) фаз.

З а д а ч а 2. Возбуждение акустического импульса в полубесконечной среде с жесткой границей. Наличие жесткой границы предполагает отсутствие движе-

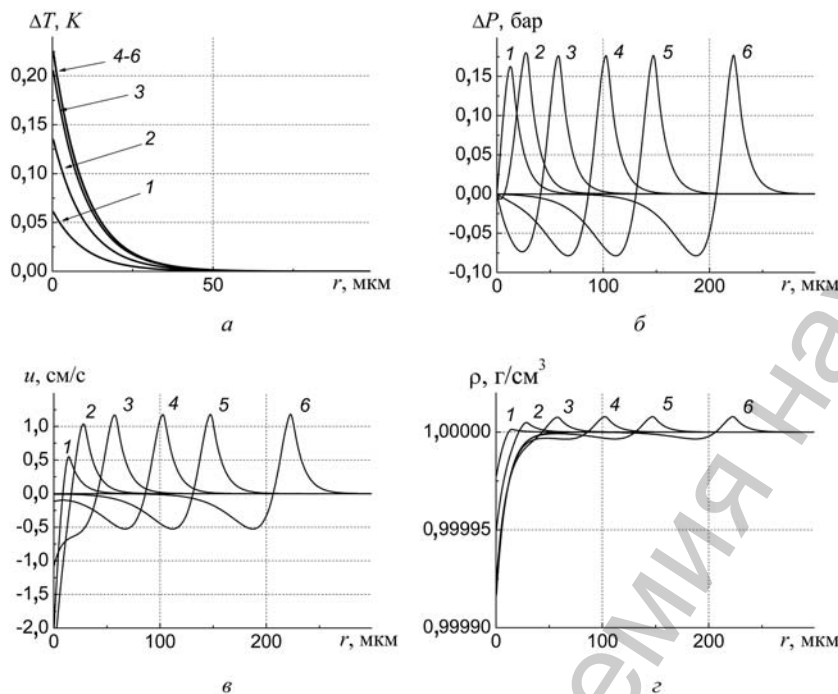


Рис. 1. Пространственные зависимости температуры (а), давления (б), скорости (в) и плотности (г) в различные моменты времени (свободная граница $r = 0$, $I_0 = 10^5$ Вт/см², $t_p = 10^{-8}$ с, $\kappa = 1000$ см⁻¹): 1 – $t = 10$ нс; 2 – 20 нс; 3 – 40 нс; 4 – 70 нс; 5 – 100 нс; 6 – 150 нс

ния частиц среды на поверхности ($u_{r=0} = 0$), при этом значение давления на границе $P_{r=0}$ определяется в соответствии с решением системы уравнений (10)–(14). В данном случае максимальный рост давления ΔP при нагреве вещества достигается на границе среды (рис. 2, б, кривая 2). С течением времени частицы среды приобретают максимальную скорость, двигаясь в глубь среды (рис. 2, в, кривая 3), и формируют волну сжатия материала ($\Delta P, \Delta u, \Delta \rho > 0$), распространяющуюся как целое со скоростью звука u_0 . Отметим, что конечная релаксация возмущений плотности $\rho(r, t)$ и температуры $T(r, t)$ в области поглощения излучения ($r \leq r_0$) определяется временем тепловой релаксации среды.

З а д а ч а 3. *Зависимость формы акустического сигнала от длительности возбуждающего лазерного импульса.* Форма возбуждаемого акустического сигнала существенным образом зависит от соотношения длительности лазерного импульса t_p и времени прохождения звуковой волны через область энерговыделения $t_a = r_0 / u_0$. Так, в пределе коротких лазерных импульсов ($t_p \ll t_a$) форма переднего фронта акустического импульса соответствует форме функции энерговыделения f_r . При этом отрицательная фаза сигнала ΔP формируется в результате инверсии положительной фазы при отражении от свободной границы $r = 0$ (рис. 3, а, кривая 1). В случае жесткой границы (рис. 3, б) задний фронт импульса сжатия является зеркальным отражением переднего фронта относительно центра

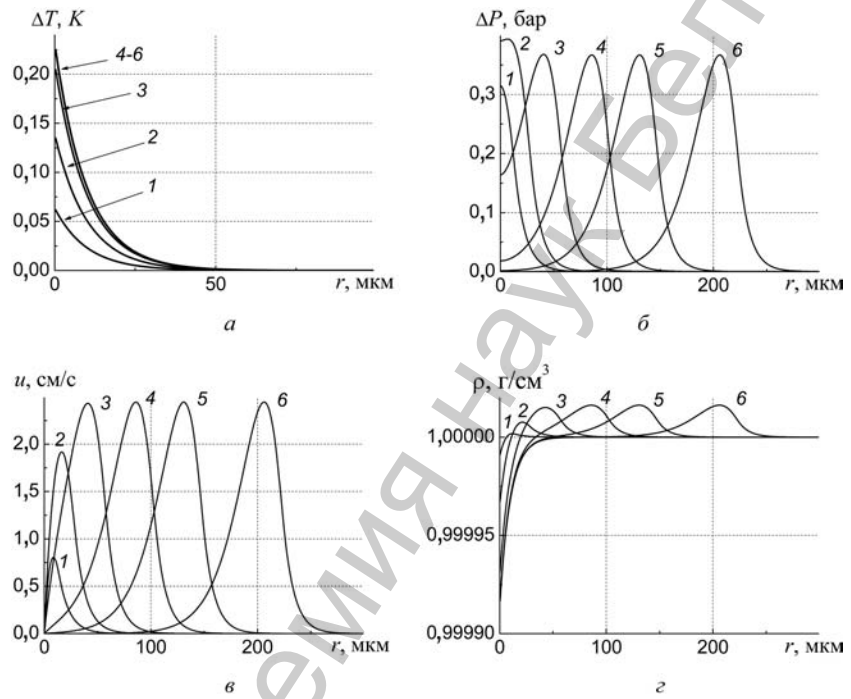


Рис. 2. Пространственные зависимости температуры (а), давления (б), скорости (в) и плотности (г) в различные моменты времени (жесткая граница $r = 0$, $I_0 = 10^5$ Вт/см², $t_p = 10^{-8}$ с, $\kappa = 1000$ см⁻¹): 1 – $t = 10$ нс; 2 – 20 нс; 3 – 40 нс; 4 – 70 нс; 5 – 100 нс; 6 – 150 нс

импульса. По мере увеличения длительности лазерного импульса t_p , при постоянной объемной плотности энерговыделения $Q_0 = I_0 t_p \kappa$, происходит уменьшение амплитуды формируемого акустического импульса и его уширение (рис. 3, а, б, кривые 2–5), что наиболее существенно проявляется при $t_p \geq t_a$ (кривые 4–5).

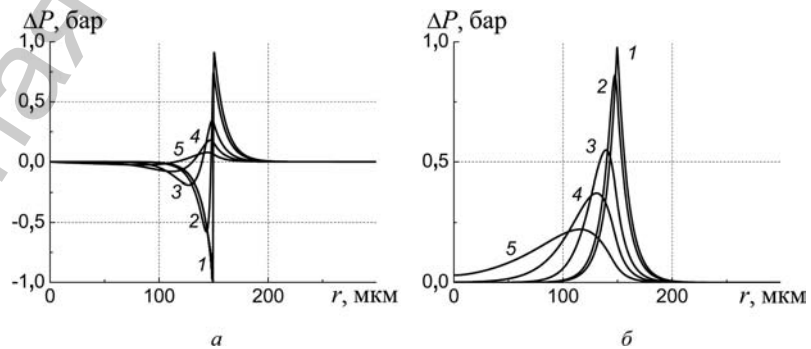


Рис. 3. Зависимость формы акустического сигнала от длительности лазерного импульса в момент времени $t = 100$ нс; а – свободная граница $r = 0$, б – жесткая граница $r = 0$. $t_p = 10^{-10}$ с (1), 10^{-9} с (2), $5 \cdot 10^{-9}$ с (3), 10^{-8} с (4), $2 \cdot 10^{-8}$ с (5); $I_0 = 10^7$ Вт/см² (1), 10^6 Вт/см² (2), $2 \cdot 10^5$ Вт/см² (3), 10^5 Вт/см² (4), $5 \cdot 10^4$ Вт/см² (5); $\kappa = 1000$ см⁻¹

З а д а ч а 4. *Возбуждение акустического импульса в слое конечной толщины.* Закономерности распространения акустических импульсов в пространственно-ограниченном слое вещества проанализируем на примере слоя толщиной $L = 500$ мкм. При этом коэффициент поглощения полагался $\kappa = 1000 \text{ см}^{-1}$ и эффективная длина акустического импульса меньше толщины слоя ($1/\kappa < L$). Как видно, биполярный акустический сигнал, возбуждаемый на свободной границе среды $r = 0$ (рис. 4, а, б, кривая 1), при отражении от второй свободной границы $r = L$ испытывает инверсию формы (рис. 4, а, кривая 2), в то же время в случае жесткой границы $r = L$ имеет место его зеркальное отражение (рис. 4, б, кривая 2). Волна сжатия, возбуждаемая на жесткой границе $r = 0$ (рис. 4, в, г, кривая 1), также зеркально отражается от второй жесткой границы $r = L$ (рис. 4, в, кривая 2), оставаясь волной сжатия. Однако отражение волны сжатия от свободной границы приводит к формированию уединенной волны разрежения (рис. 4, г, кривая 2).

З а д а ч а 5. *Отражение и прохождение акустического импульса через границу раздела двух сред.* Данную задачу рассмотрим на двух примерах, характерных для целей оптико-акустической томографии биологических тканей: 1) граница

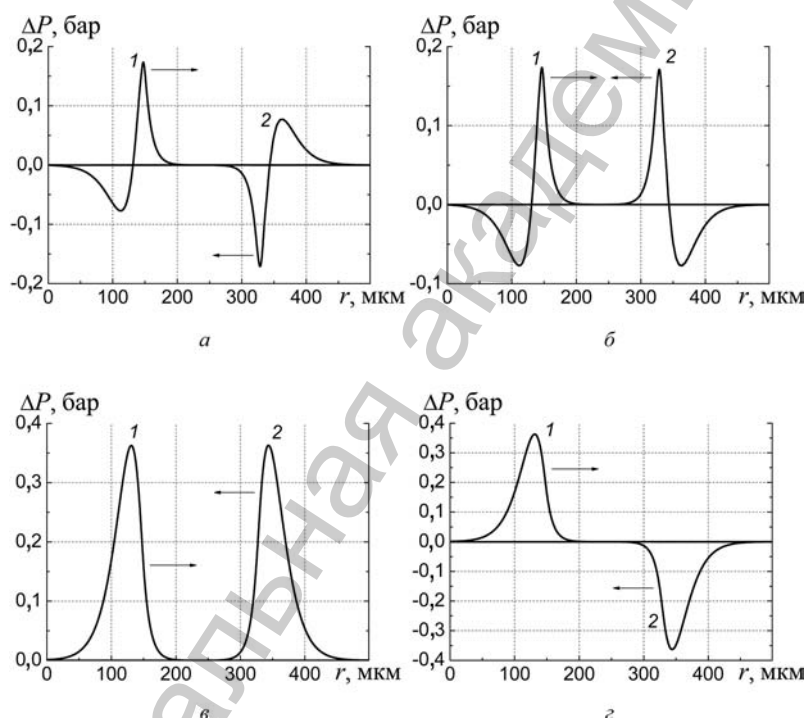


Рис. 4. Зависимость формы акустического сигнала от типа границ слоя: а – свободная граница $r = 0$, свободная граница $r = L$; б – жесткая граница $r = 0$, жесткая граница $r = L$; в – свободная граница $r = 0$, жесткая граница $r = L$; г – жесткая граница $r = 0$, свободная граница $r = L$. $t = 100$ нс (1), 450 нс (2); $t_p = 10^{-8}$ с; $I_0 = 10^5$ Вт/см²; $\kappa = 1000 \text{ см}^{-1}$; $L = 500$ мкм. Стрелки указывают направление движения волнового пакета

раздела вода – жировая ткань и 2) граница раздела вода – мышечная ткань. Система уравнений (10)–(14), описывающая процессы распространения акустических импульсов, в данном случае записывается для каждой из рассматриваемых сред. В расчетах использовались следующие параметры жировой ткани: плотность $\rho = 0,85 \text{ г/см}^3$, скорость звука $u_0 = 1,45 \cdot 10^5 \text{ см/с}$, коэффициент Грюнайзена $\Gamma = 0,16$ и мышечной ткани: плотность $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$, скорость звука $u_0 = 1,585 \cdot 10^5 \text{ см/с}$, коэффициент Грюнайзена $\Gamma = 0,24$.

Наличие границы раздела двух сред в области распространения акустического импульса приводит к его разделению на прошедший и отраженный сигналы (рис. 5, а, б). Форма прошедшего импульса (кривые 2) повторяет форму падающего (кривая 1), а форма отраженного сигнала (кривая 3) зависит от соотношения плотностей двух сред: в случае распространения акустического импульса из более плотной среды в менее плотную формируется инвертированный сигнал (рис. 5, а), а отражение от более плотной среды происходит без изменения формы сигнала (рис. 5, б). Амплитуды прошедшего и отраженного сигналов для случая нормального падения звуковой волны на границу раздела двух сред могут быть

найжены из соотношений $R = \frac{\rho_2 u_{02} - \rho_1 u_{01}}{\rho_2 u_{02} + \rho_1 u_{01}}$, $T = 1 + R$ [9]. Так, для рассмотренных

случаев имеем: а) граница вода – жировая ткань $R = -0,1$, б) граница вода – мышечная ткань $R = 0,05$, что в точности согласуется с результатами численного моделирования (рис. 5, а, б). Отметим, что рассмотренные выше (рис. 4) случаи свободной и жесткой границ являются предельными случаями отражения от разреженной или плотной сред соответственно.

3 а д а ч а б. *Отражение и прохождение акустического импульса через слой конечной толщины, расположенный внутри полубесконечной среды.* Результаты расчета данной задачи представлены на рис. 6 для двух вариантов: вода – жировая ткань – вода (рис. 6, а) и вода – мышечная ткань – вода (рис. 6, б). Как видно, в обоих случаях прохождение акустического сигнала через тонкий слой

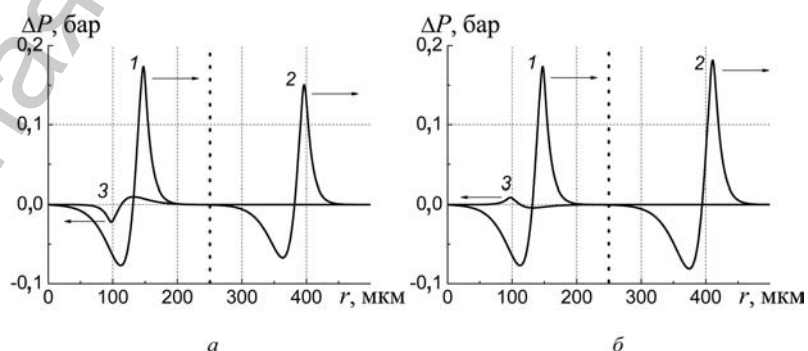


Рис. 5. Изменение формы акустического сигнала при прохождении и отражении от границы раздела двух сред (обозначена пунктиром): а – вода – жировая ткань; б – вода – мышечная ткань. $t = 100 \text{ нс}$ (1), 270 нс (2, 3); $t_p = 10^{-8} \text{ с}$; $I_0 = 10^5 \text{ Вт/см}^2$; $\kappa = 1000 \text{ см}^{-1}$. Стрелки указывают направление движения волновых пакетов

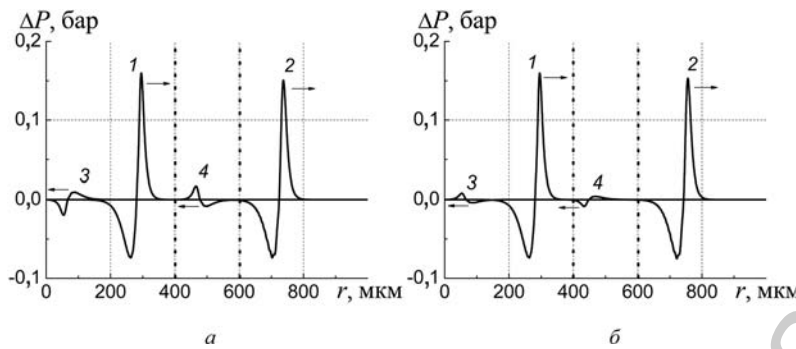


Рис. 6. Изменение формы акустического сигнала при прохождении и отражении от тонкого слоя с другими физическими характеристиками (границы слоя обозначены пунктиром): *а* – вода – жировая ткань – вода; *б* – вода – мышечная ткань – вода. $t = 200$ нс (1), 500 нс (2, 3, 4); $t_p = 10^{-8}$ с; $I_0 = 10^5$ Вт/см²; $\kappa = 1000$ см⁻¹. Стрелки указывают направление движения волновых пакетов

($L = 200$ мкм, $\kappa = 1000$ см⁻¹, $L > 1 / \kappa$) сопровождается его отражением от двух границ раздела сред. Возникающие при этом сигналы (кривые 3 и 4) характеризуются противоположной полярностью, так как формируются при отражении от границ с различным чередованием плотностей сред.

Задача 7. Возбуждение серии акустических импульсов в слое конечной толщины. В заключение рассмотрим импульсно-периодический режим лазерного воздействия на пространственно-ограниченный слой поглощающего материала. В качестве примера выберем слой с жесткой границей $r = 0$ и свободной границей $r = L$. При этом на жесткой границе возбуждается импульс сжатия, который при отражении от свободной границы трансформируется в импульс разрежения (рис. 4, *з*). Результаты воздействия серии лазерных импульсов длительностью $t_p = 10^{-8}$ с каждый представлены на рис. 7 для двух частот следования импульсов $\nu = 2,5$ МГц (*а*), 5 МГц (*б*). Время прохода акустического импульса через слой толщины $L = 150$ мкм составляет $t_L = 100$ нс. В первом случае (рис. 7, *а*) период следования лазерных импульсов составляет $T = 400$ нс и равняется 4-кратному времени прохода акустического импульса через слой вещества ($T = 4L / u_0$). При этом акустический импульс сжатия, возбужденный первым лазерным импульсом, последовательно отражаясь на границах $r = L, r = 0, r = L$ и $r = 0$, воспроизводит свою форму на границе $r = 0$ к моменту возбуждения второго импульса сжатия (при $t = 400$ нс). В итоге происходит удвоение амплитуды акустического импульса за счет сложения сигналов от первого, второго и последующих лазерных импульсов. Противоположный вариант представлен на рис. 7, *а*, где приведены результаты расчета амплитуды акустического импульса на границе $r = 0$ при возбуждении серией лазерных импульсов с частотой следования $\nu = 5$ МГц (период следования $T = 200$ нс). Как видно, возбуждение второго импульса сжатия на границе $r = 0$ происходит при $t = 200$ нс в момент прихода туда импульса разрежения от первого лазерного импульса. Поэтому происходит их взаимное гашение. В дальнейшем каждый нечетный лазерный импульс возбуждает импульс сжатия,

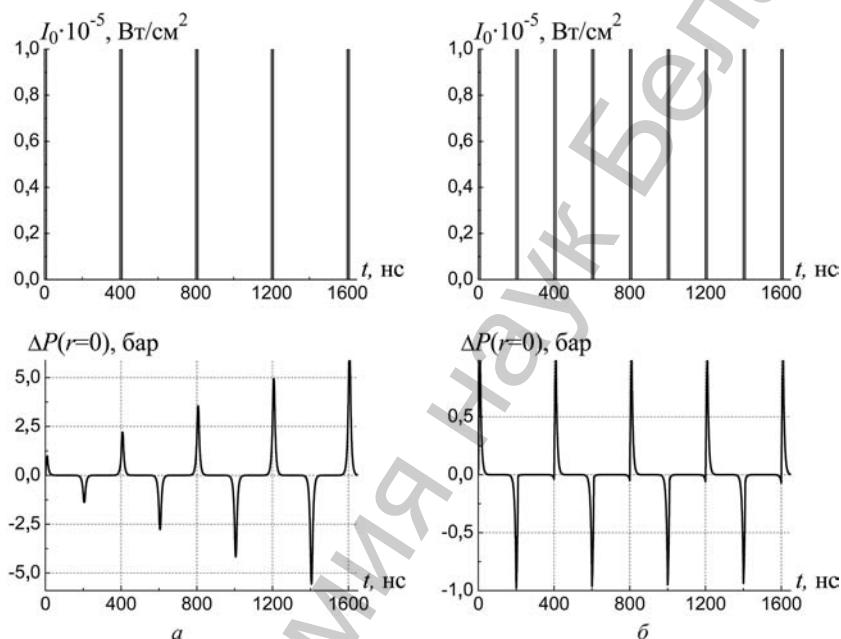


Рис. 7. Временные зависимости интенсивности лазерного излучения и давления на границе $z = 0$ (жесткая граница $r = 0$, свободная граница $r = L$), $I_0 = 10^5$ Вт/см², $t_p = 10^{-8}$ с, $\kappa = 1000$ см⁻¹, $\nu = 2,5$ МГц (а), 5 МГц (б)

который гасится каждым четным лазерным импульсом и суммарная амплитуда распространяющихся в среде акустических импульсов не нарастает. Таким образом, реализуется возможность управления амплитудой возбуждаемых акустических импульсов при выборе определенной частоты следования возбуждающих их лазерных импульсов.

Заключение. Разработанные в настоящей работе теоретическая и численная модели взаимодействия импульсного лазерного излучения с поглощающими средами позволяют с исчерпывающей полнотой проанализировать оптико-акустический отклик как однородных, так и многослойных сред в широком диапазоне длительностей лазерных импульсов. Разработанная методика может служить надежным инструментом диагностики процессов термомеханического воздействия лазерного излучения на оптически неоднородные среды.

Работа поддержана Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований в рамках проекта Ф10Р-136.

Литература

1. Лямиев Л. М. Лазерное термооптическое возбуждение звука. М., 1989.
2. Желтов Г. И., Рубанов А. С., Виткин Э. И. // Вестн. Фонда фундаментальных исследований. 2003. № 3. С. 96–113.
3. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. М., 1972.

4. Karabutov A. A., Podymova N. B., Letokhov V. S. // Appl. Phys. B. 1996. Vol. 63. P. 545.
5. Frenz M., Jaeger M., Gertsch A. et al. // Acoustical Imaging / ed. de I. Akiyama. Springer Science+Business Media B. 2008. P. 287–294.
6. Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М., 1966.
7. Канель Г. И., Разоренов С. В., Уткин А. В., Фортвов В. Е. Ударно-волновые явления в конденсированных средах. М., 1996.
8. Саульев В. К. Интегрирование уравнений параболического типа методом сеток. М., 1960.
9. Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах. М., 1973.

O. G. ROMANOV, G. S. ROMANOV, G. I. ZHELTOV

**LASER EXCITATION OF ACOUSTIC PULSES IN UNIFORM AND STRATIFIED MEDIUM:
NUMERICAL SOLUTION IN THE LAGRANGIAN FORM**

Summary

Theory and numerical models of interaction of short laser pulses with absorbing medium have been developed on the ground of the motion equation in the Lagrangian form. Wave and amplitude parameters of appearing medium disturbance have been examined for the cases of semi-infinite, confined and stratified structures. Special attention has been turned to forming and evolution of acoustic pulses for the common sense cases. The results have to be useful for analysis of laser-substance interaction processes in different areas of impulse lasers applications, such as medicine (opto-acoustic topography), metrology, technology of nondestructive checks and others.

УДК 616.314–002–02:615.242

А. В. БУТВИЛОВСКИЙ

ИЗУЧЕНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАРИЕСОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ

Белорусский государственный медицинский университет

(Поступила в редакцию 30.01.2012)

Целью исследования являлась разработка и изучение антимикробной активности ряда препаратов для контроля кариесогенной микрофлоры. Определение противомикробной активности выполнялось в количественном суспензионном методе с использованием тест-культур *Candida albicans* ATCC 10231, *Lactobacillus* ATCC 9595, *Streptococcus mutans*. Установлено, что 5 созданных опытных образцов препаратов для контроля кариесогенной микрофлоры обладают высокой антистрептококковой и антилактобациллярной активностью. На основании антимикробной активности определена оптимальная длительность аппликации созданных образцов. Установлено, что при оптимальной длительности аппликации всем образцам свойственно относительно равномерное антимикробное действие на изученных представителей микробиоценоза полости рта.

Химиотерапия занимает важное место в профилактике и лечении кариозной патологии зубов. С помощью имеющегося в настоящее время арсенала антисептиков, используемых в качестве монопрепаратов или в составе лекарственных средств и средств гигиены полости рта, в большинстве случаев удается достичь контроля над микроорганизмами зубного налета. Однако при превалировании в зубном налете микроорганизмов с высоким патогенным потенциалом рациональная химиотерапия становится сложной клинической задачей. Наиболее яркими примерами таких микроорганизмов являются *Str. mutans* и *Lactobacillus* [2], вызывающие острое и острейшее течение кариеса зубов. Наиболее сложные клинические случаи этой патологии, как правило, наблюдаются у младших дошкольников и определяются как ранний детский кариес.

Для борьбы с микробными агентами при этом заболевании традиционно используются антисептики (хлоргексидин и йодиды), а также препараты серебра и фтора. Наличие у применяемых в стоматологии препаратов серебра такого не-

достатка, как окрашивание обработанных тканей зуба [4], обусловило тенденцию постепенного отказа врачей-стоматологов от использования этой высокоэффективной группы препаратов [1]. Таким образом, разработка, экспериментальное изучение и потенциальная клиническая апробация препаратов серебра, предназначенных для контроля кариесогенной микрофлоры и лишенных указанного недостатка, остается актуальной задачей стоматологии.

Цель работы – разработка и изучение антимикробной активности ряда препаратов для контроля кариесогенной микрофлоры.

Задачи исследования:

1. Разработать ряд образцов препаратов для контроля кариесогенной микрофлоры и определить их антистрептококковую активность.
2. Оценить активность созданных образцов препаратов относительно *Lactobacillus*.
3. Определить оптимальную длительность аппликации образцов на основании их антимикробной активности.
4. Сопоставить антистрептококковую, антилактобациллярную и антикандидную активность опытных образцов препаратов при оптимальной длительности их аппликации для прогнозирования вероятности развития дисбиотических явлений в полости рта.

Материалы и методы исследования. В ходе исследования в Центральной научно-исследовательской лаборатории БГМУ автором созданы 5 опытных образцов препаратов для контроля кариесогенной микрофлоры, содержащих в качестве активных компонентов комбинации серебра и фторидов (образцы № 1, 3, 5) и комбинации серебра, фторидов и йодидов (образцы № 2 и 4).

С помощью селективной питательной среды Dentocult SM strip mutans (Orion Diagnostica, Швеция) у ребенка, страдающего ранним детским кариесом, выделена культура основного возбудителя данного заболевания – *Str. mutans*. Для ее идентификации со шпателя системы Dentocult отбиралась 1 колония и рассеивалась на 5 %-ный кровяной агар, который помещали в CO₂-инкубатор (6 % CO₂, 37 °C) на 18–24 ч. После этого делали мазки по Грамму, в которых обнаружены грам+диплококки, цепочки, каталаза–, биохимическая идентификация культуры проведена на АТВ-Expression. Идентификация культуры *Str. mutans* проводилась в микробиологической лаборатории Минского городского центра гигиены и эпидемиологии.

Определение противомикробной активности выполнялось в количественном суспензионном методе [3] при температуре воздуха 19–20 °C, относительной влажности 64 %. Для этого готовили взвесь тест-контрольного микроорганизма (*Candida albicans* ATCC 10231, *Lactobacillus* ATCC 9595, *Streptococcus mutans*) в 0,5 %-ном растворе хлорида натрия. Взвесь стандартизировали, используя оптический стандарт мутности до 10⁹ КОЕ/мл. Затем 0,2 мл взвеси тест-культуры добавляли в пробирку с 1,8 мл раствора исследуемого средства (образцы препаратов № 1–5, официальные препараты для серебрения твердых тканей зубов

первого (Аргенат двухкомпонентный, ВладМиВа) и второго (Аргенат однокомпонентный, ВладМиВа) поколения, раствор хлоргексидина биглюконата 0,05 % (Изотрон) и поливинилпирилоидона йодида 10 % (Бетадин, Egis).

По завершению инкубации при заданном режиме (время и температура инкубации) 0,2 мл смеси переносили в пробирку с 1,8 мл раствора нейтрализатора, тщательно перемешивая. Через 10 мин из смеси готовили разведения в стерильном физиологическом растворе до 10^{-3} . По 0,5 мл цельной смеси из пробирки с нейтрализатором, а также разведений 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} высевали на чашки с плотной питательной средой для контроля роста.

В качестве контроля использовали 0,5 %-ный раствор хлорида натрия, добавляли в него 0,2 мл исходной взвеси тест-культуры, повторяли режим инкубации опытного образца и высевали на чашки с плотной питательной средой.

Из каждого разведения делали три посева. Чашки инкубировали в термостате в течение 48 ч при 37 °С. Подсчитывали число выросших колоний на чашках в опыте и в контроле. Вычисляли среднее число живых бактерий в контроле, число выживших бактерий в опыте (КОЕ/мл), определяли десятичные логарифмы и факторы редукции (RF) числа бактерий в опыте по сравнению с контролем: $RF = \log(\text{КОЕ на мл в контроле}) - \log(\text{КОЕ на мл в опыте})$. Эффективной концентрацией и экспозицией считали при $RF \geq 5,0$.

Результаты и их обсуждение. Полученные значения фактора редукции числа стрептококков (Sm), лактобактерий (Lb) и кандид (Ca) при полуминутной экспозиции показаны на рис. 1.

Установлено, что для всех изученных препаратов при полуминутной экспозиции характерна высокая (значение RF более 5) антистрептококковая активность, что свидетельствует о целесообразности их применения в схеме терапии раннего детского кариеса.

Эффективность антимикробных агентов относительно лактобактерий при экспозиции 0,5 мин, напротив, варьирует в широких пределах (значения фактора редукции от 1,88 до 6,46). Минимальной антилактобациллярной активностью обладают 0,05 %-ный раствор хлоргексидина, образец № 2 и 10 %-ный раствор поливинилпирилоидона йодида ($RF = 1,88$, $RF = 2,70$, $RF = 4,73$ соответственно). Наибольшая активность относительно лактобактерий ($RF = 6,46$) обнаружена у образца № 4, содержащего в качестве активных компонентов серебро, фториды и йодиды. Эффективность исследуемых препаратов относительно лактобактерий имеет меньшее (по сравнению с эффективностью относительно стрептококков) клиническое значение, поскольку согласно современной концепции этиопатогенеза кариеса *Lactobacillus* активно вовлекаются в кариозный процесс лишь при поражении дентина. При этом роль инициатора отводится *Str. mutans*, обладающему способностью прикрепляться не только в естественных углублениях эмали, но и к гладкой поверхности зуба [2; 6].

Обнаружено, что все исследуемые препараты при полуминутной экспозиции обладают высокой антигрибковой активностью. При этом минимальное значение

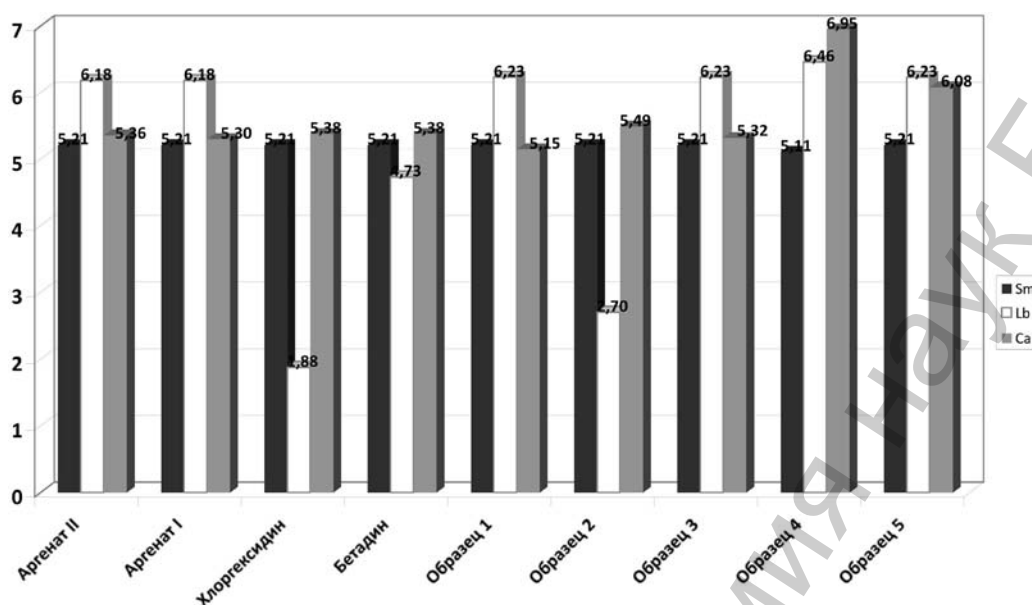


Рис. 1. Значения фактора редукции числа бактерий при экспозиции исследуемых препаратов в течение 0,5 мин

фактора редукции числа *C. albicans* свойственно для образца № 1 ($RF = 5,15$), а максимальное – для образца № 4 ($RF = 6,95$). Исследование антигрибковой активности препаратов для контроля карисогенной микрофлоры важно в контексте их потенциальной способности вызывать дисбактериоз полости рта. Установлено, что все исследуемые препараты (кроме 0,05 %-ного раствора хлоргексидина и образца № 2) обладают относительно равномерным антимикробным действием на изученных представителей микробиоценоза полости рта и следовательно, их применение характеризуется низкой вероятностью развития дисбиотических явлений.

При увеличении экспозиции до трех минут отмечено сохранение активности исследуемых образцов относительно *S. mutans* и *C. albicans* на том же уровне. Это позволяет предположить, что оптимальное время аппликации опытных образцов составляет полминуты.

Эффективность образцов № 1, 3–5, Аргената однокомпонентного и Аргената двухкомпонентного относительно лактобактерий при увеличении экспозиции остается неизменной (рис. 2). В то же время эффективность остальных антимикробных агентов относительно лактобактерий при увеличении экспозиции претерпевает существенные изменения. Так, образец № 2 проявляет выраженную антилактобациллярную активность лишь при трехминутной экспозиции (увеличение RF в 2,3 раза по сравнению с полуминутной аппликацией до 6,23), Бетадин – при минутной аппликации (увеличение RF в 1,3 раза по сравнению с полуминутной аппликацией до 6,21).

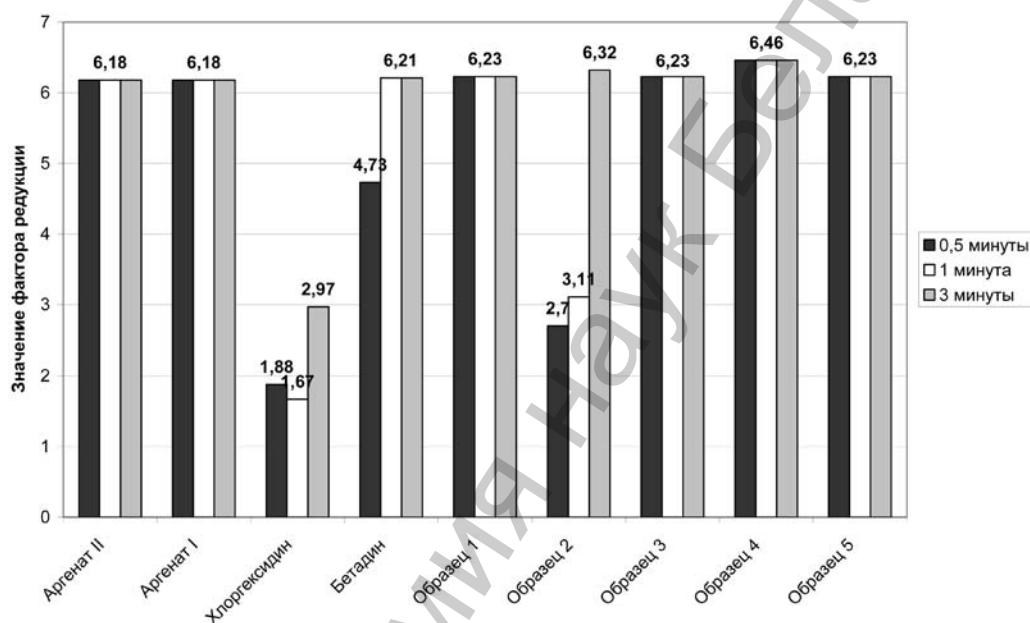


Рис. 2. Значения фактора редукции числа лактобактерий при экспозиции исследуемых препаратов в течение 0,5–3 мин

Активность относительно лактобактерий 0,05 %-ного раствора хлоргексидина биглюконата при трехминутной аппликации увеличивается в 1,6 раза (по сравнению с нанесением на 0,5 мин, до $RF = 2,97$), но не достигает высокого уровня. Более высокая эффективность хлоргексидина *in vivo*, по-видимому, связана с его аккумуляцией в зубных отложениях и слизистой оболочке полости рта благодаря положительному заряду молекулы, что приводит к многократному увеличению его экспозиции в полости рта.

Выводы.

1. Созданные 5 опытных образцов препаратов для контроля кариесогенной микрофлоры обладают высокой антистрептококковой активностью, проявляющейся при полуминутной экспозиции.

2. Активность всех образцов относительно *Lactobacillus* также является высокой и стабильной во времени (за исключением образца № 2, который проявляет высокую активность лишь спустя 3 мин).

3. Оптимальными по длительности для образцов № 1, 3–5 являются полуминутные аппликации, а для образца № 2 – аппликации в течение трех минут.

4. Всем опытным образцам препаратов при оптимальной длительности аппликации свойственно относительно равномерное антимикробное действие на изученных представителей микробиоценоза полости рта и следовательно, их применение характеризуется низкой вероятностью развития в нем дисбиотических явлений.

Перспективными направлениями продолжения проведенных исследований являются экспериментальная оценка наличия окрашивания твердых тканей зубов после аппликации созданных нами опытных образцов и последующее определение их антимикробной активности *in vivo*.

Автор выражает благодарность А. П. Козик за помощь в идентификации культуры *S. mutans*. Исследование выполнено в рамках гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Б10М-003.

Литература

1. Бутвиловский А. В., Кармалькова И. С., Бурак Ж. М. // Вопр. организации и информатизации здравоохранения. 2009. № 3. С. 78–82.
2. Леус П. А. Микробный биофильм на зубах. Физиологическая роль и патогенное значение. М., 2008. – 88 с.
3. Методы проверки и оценки антимикробной активности дезинфицирующих и антисептических средств (инструкция по применению) / В. П. Филонов и др. Минск, 2004. – 39 с.
4. Терехова Т. Н., Бутвиловский А. В., Бурак Ж. М. // Современная стоматология. 2009. № 1. С. 57–59.
5. Терехова Т. Н., Попруженко Т. В. Профилактика стоматологических заболеваний. Минск, 2004. – 526 с.
6. Nikiforuk G. Understanding dental caries. Etiology and mechanism. Basic clin. aspects. Basel. 1985. Vol. 1. – 301 p.

A. V. BUTVILOVSKY

RESEARCH OF ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SOME NEW SAMPLES OF MEDICINES FOR CONTROL OF CARIOGENIC MICROFLORA

Summary

The purpose of research is to create some new medicines for control of cariogenic microflora and to study their antimicrobial activity. The definition of antimicrobial activity was fulfilled by quantitative suspension method using test-cultures *Candida albicans* ATCC 10231, *Lactobacillus* ATCC 9595, *Streptococcus mutans*. We have detected that 5 created samples of medicines for control of cariogenic microflora have high antistreptococcal and antilactobacterial activity. On the basis of antimicrobial activity the optimal duration of sample's application has been defined. We have determined that at optimal exposition all the created samples have the rather uniform antimicrobial action on the investigated representatives of an oral microbiocenosis.

УДК 53.098

В. М. РЫЖКОВСКИЙ, В. И. МИТЮК, В. С. ГОНЧАРОВ, Л. С. ЛОБАНОВСКИЙ

**МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА MnZnSb***Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению**(Поступила в редакцию 28.12.2011)*

Методом магнитометрии проведено исследование магнитокалорических свойств интерметаллического сплава MnZnSb в области температур фазового перехода в парамагнитное состояние с целью выявления перспектив его практического применения.

Введение. В настоящее время в научной литературе появляется много публикаций, посвященных исследованию магнитокалорических свойств материалов различных классов [1]. Повышенный интерес к таким исследованиям обусловлен большими перспективами магнитного охлаждения (магнитные рефрижераторы) с точки зрения энергосбережения и экологичности технологии, использующей магнитокалорический эффект (МКЭ) в магнетиках. МКЭ проявляется в обратном поглощении или выделении тепла в адиабатических условиях при включении и выключении магнитного поля и обусловлен изменением энтропии магнитной подсистемы ΔS_m . Указанный механизм лежит в основе действия магнитных охлаждающих устройств.

Для обеспечения достаточно высокой эффективности использования магнитного охлаждения необходимо выполнение ряда условий. В частности, таких как сравнительно большой магнитокалорический эффект, высокие значения намагниченности (результатирующий магнитный момент), слабый магнитный гистерезис и др. При этом отметим, что наиболее экономически выгодными являются материалы с большим МКЭ в области комнатных температур. Как правило, такие материалы при этих температурах имеют спонтанные магнитные фазовые переходы между магнитными состояниями с существенно различающимися магнитными энтропиями (например, ферромагнитным и парамагнитным). Особенно привлекательными здесь являются материалы с магнитными фазовыми переходами I рода или близкими к ним, поскольку МКЭ пропорционален производной $\frac{\partial M}{\partial T}$ (M – намагниченность, T – температура), которая велика в области таких

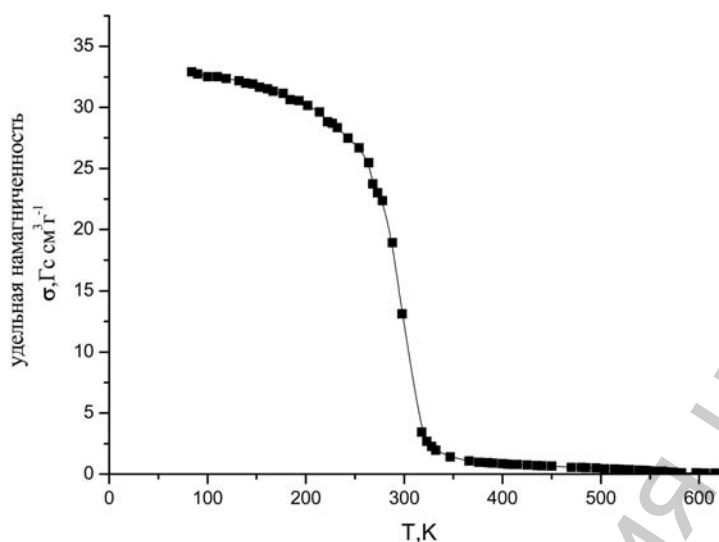


Рис. 1. Температурная зависимость удельной намагниченности MnZnSb

переходов. Поэтому поиск и исследование магнетиков с необходимыми магнитокалорическими свойствами в области комнатных температур является актуальной задачей. В этом плане представляется интересным исследование магнитокалорики эквиатомного интерметаллического сплава MnZnSb, имеющего магнитный фазовый переход с достаточно резким изменением намагниченности при температурах, близких к комнатной (рис. 1).

Цель работы – определение изменения магнитной энтропии в области магнитного фазового перехода и соответствующего проявления магнитокалорического эффекта в сплаве MnZnSb.

Материалы и методы исследования. Поликристаллический сплав MnZnSb был получен методом прямого сплавления порошков исходных компонентов в односторонней печи сопротивления, помещенных в вакуумированные до 10^{-3} мм рт. ст. кварцевые ампулы, по технологии, апробированной ранее [2].

Рентгенографическая аттестация сплавов проводилась на дифрактометре ДРОН-3 с использованием $\text{Cu K}\alpha$ -излучения при комнатной температуре. Температурные зависимости намагниченности в статическом магнитном поле 0,86 Тл снимались с помощью магнитных весов фарадеевского типа. Изотермы намагничивания в статических полях до 14 Тл измерялись по индукционной методике на магнитометре Vibrating Sample Magnetometer (VSM) фирмы Cryogenic Limited.

Согласно классической термодинамике, в изохорическом процессе изменение общей энтропии S и свободной энергии G дается выражениями [3]:

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_{B,P} dT + \left(\frac{\partial S}{\partial B}\right)_{T,P} dB + \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_{T,B} dP, \quad (1)$$

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_{B,P} dT + \left(\frac{\partial G}{\partial B} \right)_{T,P} dB + \left(\frac{\partial G}{\partial P} \right)_{T,B} dP = -SdT - MdB + VdP. \quad (2)$$

Здесь T, B, P, M – термодинамические переменные: температура, индукция магнитного поля, давление и намагниченность соответственно. Условием того, что левая часть (2) представляет собой точный полный дифференциал являются соотношения Максвелла

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_{T,B} = - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_{P,B}, \quad (3)$$

$$\left(\frac{\partial M}{\partial P} \right)_{T,B} = - \left(\frac{\partial V}{\partial B} \right)_{P,T}, \quad (4)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial B} \right)_{T,P} = - \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_{P,B}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (1) получим для изотермически-изобарического процесса

$$dS = \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_B dB. \quad (6)$$

Общую энтропию магнитного материала с локализованными магнитными моментами можно выразить как

$$S(T, B, P) = S_l(T, B, P) + S_e(T, B, P) + S_m(T, B, P),$$

где S_l – энтропия решеточной, S_e – электронной, S_m – магнитной подсистем. Среди этих трех составляющих только магнитная энтропия сильно зависит от магнитного поля. Поэтому для изменения общей энтропии при изменении внешнего магнитного поля от 0 до B_0 можно с учетом (6) приближенно записать

$$\Delta S \approx \Delta S_m \left(\frac{T_1 + T_2}{2} \right) = \frac{1}{T_2 - T_1} \left[\int_0^{B_0} M(T_2, B) dB - \int_0^{B_0} M(T_1, B) dB \right]. \quad (7)$$

Как видим, изотермическое изменение энтропии при температуре $T = \frac{T_1 + T_2}{2}$ определяется площадью между двумя магнитными изотермами, снятыми при температурах T_1 и T_2 , поделенной на разность температур $\Delta T = T_2 - T_1$ между ними. Формула в виде (7) используется для численного определения зависимостей $\Delta S_m(T)$ из серии экспериментальных изотерм намагничивания, снятых последовательно через небольшой интервал температур ΔT .

Результаты и их обсуждение. Сплав MnZnSb имеет непосредственную генетическую связь с базовым соединением структурного ряда – антимонидом Mn_2Sb (пространственная группа $R\bar{4}/nmm$, C38). Рентгеновские исследования сплава MnZnSb показали, что вышеуказанный сплав является структурно однофазным. Все рефлексы на рентгенограммах индицируются в рамках тетрагональной кристаллической структуры типа Cu_2Sb .

Для определения магнитокалорических характеристик магнитных материалов следует снимать серию изотерм намагничивания при последовательном повышении температуры (с небольшим шагом ΔT) вблизи точки фазового перехода. Изотермы намагничивания для MnZnSb показаны на рис. 2.

Из изотерм намагничивания в соответствии с выражением (7) были рассчитаны изотермические изменения энтропии ΔS при заданном изменении магнитного поля для ряда температур и построены зависимости $-\Delta S(T)$. Все измерения проводились при последовательном увеличении температуры с шагом 4–5 К и увеличении магнитного поля с шагом 0,1 Тл. Максимальное изменение магнитной энтропии составляет примерно $5,1 J / kg \cdot K$ для изменения магнитного поля от 0 до 14 Тл. В нашем случае имеет место положительный магнитокалорический эффект, т. е. выделение тепла при увеличении магнитного поля и соответствующем уменьшении энтропии. На рис. 3 показана зависимость $-\Delta S(T)$ для диапазона изменения магнитного поля от 0 до 14 Тл.

Отметим, что измерения магнитокалорического эффекта MnZnSb, проведенные прямым методом в МГУ (Москва), результаты которых будут опубликованы позже, подтвердили данные настоящей работы как по величине МКЭ, так и по температуре его реализации.

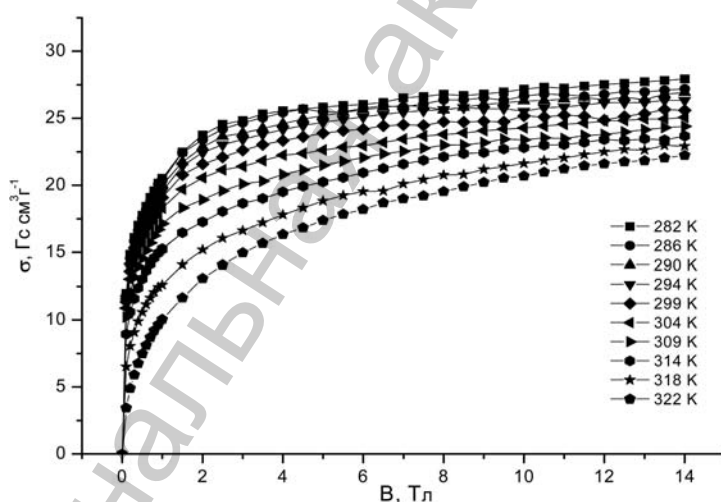


Рис. 2. Изотермические кривые намагничивания сплава MnZnSb, снятые при увеличении магнитного поля в окрестности температуры спонтанного возникновения ферромагнитного состояния в образцах. Измерения проведены в процессе ступенчатого повышения температуры

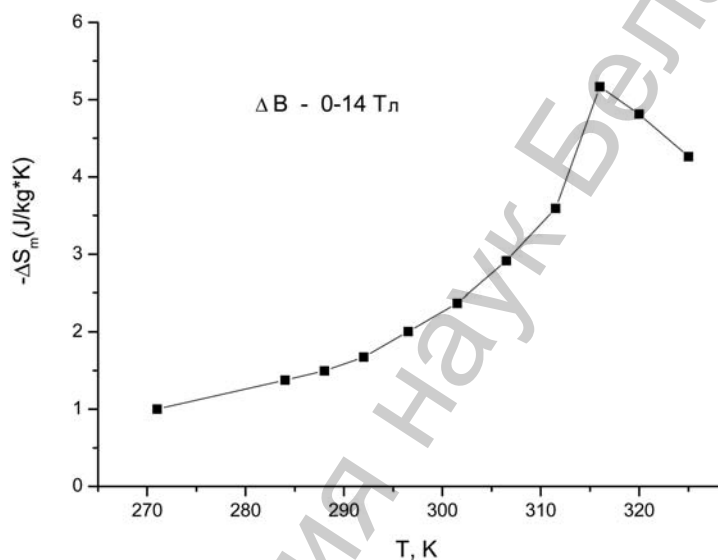


Рис. 3. Температурная зависимость изменения изотермической магнитной энтропии сплава MnZnSb при изменении магнитного поля от 0 до 14 T

В целом можно констатировать, что интерметаллический сплав MnZnSb обладает достаточно привлекательными магнитокалорическими свойствами для практических приложений в сравнении с рядом других магнитокалорических сплавов [4].

Авторы благодарят С. А. Никитина и Н. Ю. Панкратова за содействие в организации и проведении прямых магнитокалорических измерений исследованного сплава.

Работа выполняется при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Ф11К-138).

Литература

1. Gschneidner K. A., Pecharsky V. K., Tsokol A. O. // Reports on Progress in Physics. 2005. Vol. 68, N 6. P. 1479–1539.
2. Дымонт В. П., Маковецкий Г. И., Рыжковский В. М. // Физика твердого тела, 1994. Т. 36, № 10. С. 2916–2925.
3. Кубо Р. Термодинамика. М., 1970.
4. Brück E., Tegus O., Cam Thanh D. T. et al. // International J. of Refrigeration. 2008. Vol. 31, N 5. P. 763–770.

V. M. RYZHKOVSKII, V. I. MITSUK, V. S. GONCHAROV, L. S. LOBANOVSKY

MAGNETOCALORIC PROPERTIES OF INTERMETALLIC MnZnSb ALLOY

Summary

The investigation of the magnetocaloric properties of the intermetallic MnZnSb alloy by the method of magnetometry in the range of the phase transition temperatures to the paramagnetic state in order to identify the perspectives of its practical use is performed.

УДК 577.112:633.88(476)

О. Л. КАНДЕЛИНСКАЯ¹, Е. Р. ГРИЩЕНКО¹, А. И. ЗАБОЛОТНЫЙ¹,
Т. А. БУДКЕВИЧ¹, З. М. АЛЕЩЕНКОВА², Л. Е. КАРТЫЖОВА²,
В. Н. ХАЛЕЦКИЙ³, О. В. КОСМАЧЕВСКАЯ⁴, Э. И. НАСЫБУЛЛИНА⁴,
В. С. ЗОТОВ⁴, А. Ф. ТОПУНОВ⁴

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОЙ
АЗОТФИКСИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО
(*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.) ПОД ДЕЙСТВИЕМ КАДМИЯ:
РОЛЬ ФИТОЛЕКТИНОВ**

¹Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси

²Институт микробиологии НАН Беларуси

³Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси

⁴Институт биохимии им. А. Н. Баха РАН

(Поступила в редакцию 12.03.2012)

Исследовано влияние предпосевной обработки растений люпина узколистного фитолектинами (лектином из семян сои, препаратом лектина из семян люпина узколистного) на функциональное состояние азотфиксирующей системы, активность эндогенных лектинов корней и клубеньков, распределение и аккумуляцию кадмия в органах, морфометрические показатели растений в онтогенезе при различных уровнях загрязнения почвы кадмием. Выявлены кадмий-индуцированные изменения функциональной активности нитрогеназного комплекса и спектральных характеристик легоглобина. Предпосевная обработка люпина лектинами оказывала протекторное действие на растения различной степени: лектин сои < препарат лектина люпина. При этом наблюдалось уменьшение амплитуды индуцируемых поллютантом колебаний показателей функциональной активности аппарата фиксации азота в клубеньках, метаболизма эндогенных лектинов корней и клубеньков, ограничение поступления кадмия в корни и листья, ослабление токсического действия поллютанта на ростовые процессы. Обсуждена роль лектинов в регуляции активности азотфиксирующей системы бобовых и формировании устойчивости растений при избытке тяжелых металлов в среде.

Введение. Одним из важнейших условий формирования эффективного бобово-ризобиального симбиоза является обеспечение комплементарного взаимодействия

между микро- и макросимбиотом, которое в значительной мере определяется участием белков лектинов. Последние, обладая свойством специфично и обратимо связывать углеводные лиганды биополимеров без изменения их ковалентной структуры, играют важную роль в становлении симбиоза, – от адгезии бактерий к корневой поверхности растений, инфицирования корневых волосков до процессов нодуляции [1–8].

Эффективность симбиотических взаимоотношений зависит от многих факторов биотической и абиотической природы, которые оказывают существенное влияние на азотфиксирующую систему бобовых – освещенность, действие пестицидов, уровень pH и влажность субстрата, наличие удобрений, с которыми вносятся в почву макро- и микроэлементы, состав микрофлоры и др. [9]. Несомненно, функционирование бобово-ризобияльного симбиоза в значительной степени зависит и от присутствия тяжелых металлов в среде, поскольку последние, инициируя окислительный стресс в клетках, препятствуют нормальному функционированию клубеньков и аппарата фиксации азота [10]. Кадмий является одним из наиболее распространенных и токсичных тяжелых металлов (ТМ) [11; 12]. Однако несмотря на то что многие аспекты его действия на растения уже изучены, остается малоизученным влияние данного поллютанта на состояние азотфиксирующей системы у бобовых растений. В связи с этим встает вопрос и о защитных механизмах, обеспечивающих неспецифическую устойчивость нитрогеназного комплекса при загрязнении среды ТМ.

Цель работы – выяснение роли лектинов в механизмах формирования устойчивости симбиотической азотфиксирующей системы люпина узколистного к токсическому действию кадмия.

Материалы и методы исследований. Объектами исследования служили семена, корни, клубеньки, листья, стебли люпина узколистного *Lupinus angustifolius* L., сорт Миртан, предоставленного НПЦ НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино.

Предварительно отобранные семена помещали в концентрированную серную кислоту на 3 мин для ингибирования жизнедеятельности спор фитопатогенных грибов, промывали водой до pH 7,0 и замачивали в воде на 24 ч. Затем семена проращивали в течение 48 ч на фильтровальной бумаге, увлажненной дистиллированной водой до появления зародышевого корешка. Двухдневные проростки помещали в раствор, содержащий 5 мкг/мл лектина из семян сои (Sigma, США) или препарата лектина, выделенного из семян люпина узколистного. Семена контрольного варианта обрабатывали водой по этой же схеме. 4-дневные проростки высевали в вегетационные сосуды Митчерлиха, содержащие 8,5 кг дерново-подзолистой почвы, в которую вносили суперфосфат (2,5 г/сосуд) и хлористый калий (1,5 г/сосуд), а также чистую культуру *Rhizobium lupini*. В состав почвы опытных вариантов вносили $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$ из расчета 20 или 50 мг Cd/кг почвы. Повторность вариантов – 7-кратная. В предварительных экспериментах было установлено, что ионы хлора в исследуемых диапазонах концентраций не оказывали существенного влияния на рост растений люпина.

Растения выращивали в вегетационном опыте по следующей схеме: 1) интактные растения, вариант «контроль»; 2) растения, выращенные в почве, содержащей Cd (20 или 50 мг/кг почвы) – варианты «Cd₂₀» или «Cd₅₀» соответственно; 3) предпосевная обработка люпина препаратами фитолектинов и последующее выращивание растений в почве, содержащей Cd, – варианты «лектин сои + Cd₂₀», «лектин люпина + Cd₂₀», «лектин люпина + Cd₅₀». Для исследований использовали растения в фазах начала бутонизации, цветения, начала плодообразования, полной спелости семян.

Выделение препарата лектина из семян люпина осуществляли по методу Sattangi (1984), предусматривающему экстракцию лектинов из растительного сырья ацетоном, высаливание сульфатом аммония, диализ против 60 % этанола [13]. Полученный препарат лектина лиофилизировали. Его идентификацию осуществляли по фитогемагглютинирующей активности (ФГА) эритроцитов кролика посредством микротитрования на иммунологических планшетах с U-образными лунками с последующим добавлением в них 2,5 % суспензии эритроцитов кролика [14]. Реакцию проводили при комнатной температуре и результат (гемагглютинацию) регистрировали через 2 ч после начала титрования. Активность препарата лектина выражали в величинах, обратных минимальной концентрации белка, при которой отмечали реакцию гемагглютинации. При определении фитогемагглютинирующей активности эндогенных лектинов корней и клубеньков результат выражали в ЕД/г сырой массы.

Концентрацию белка определяли по Bradford [15], в качестве стандарта использовали бычий сывороточный альбумин.

Содержание белка в семенах оценивали по методу Кьельдаля (ГОСТ 13979.3–68) с использованием приборной базы, состоящей из двух автоматических установок: установка для разложения белка Turbotherm (фирмы Gerhard, Германия) и установка для автоматического титрования (Vapodest 50 фирмы Gerhard, Германия). Результаты выражали в процентах.

Анализ аминокислотного состава тотального белка семян проводили на автоматическом анализаторе ААА-339 (Чехия). Результаты выражали в % на белок.

Азотфиксирующую активность (АФА) корневых клубеньков определяли в фазах бутонизации, цветения, начала плодообразования с помощью ацетиленового метода [16–18] на газовом хроматографе Chrom-5 (Чехия). Результаты выражали в мкмоль С₂Н₄/(час · г сырой массы клубеньков).

Анализ содержания Cd в органах растений и почве проводили на атомно-эмиссионном спектрометре Shimadzu ICPE 9000 (Япония). Результаты выражали в мг Cd/кг сухой массы.

Получение суммарного белкового препарата из клубеньков люпина проводили по методу [19] с модификациями. Клубеньки, отделенные от корней, гомогенизировали в охлажденном 0,1 М калий-фосфатным буфере (рН 7,2), содержащем 0,2 М аскорбат натрия, 1 %-ный высокомолекулярный поливинилпирролидон, 50 мкМ фенилметилсульфонилфторид (PMSF) (Merck, Германия) и 0,001 М MgCl₂ (Россия)

в соотношении 1 : 4 по массе. Полученный гомогенат фильтровали через капроновое волокно и дважды центрифугировали: в течение 10 мин при 5000 об/мин для удаления крупных фрагментов растительной ткани; затем в течение 10 мин при 10000 об/мин для выделения бактериоидов. Супернатант высаливали $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (AppliChem, Германия). Фракцию белков, осажденную в диапазоне насыщения 0–40 %, отделяли центрифугированием при 15000 об/мин в течение 15 мин. Легглобиновую фракцию получали высаливанием белков супернатанта сульфатом аммония в диапазоне насыщения 40–80 %. Все операции проводили на холоде.

Концентрацию гемопротеидов в образцах определяли по интенсивности флуоресценции порфирина, образующегося при взаимодействии горячей насыщенной щавелевой кислоты с гемовой группой белка [20], и по пиридингемохромному методу с модификациями [21]. Для получения порфирина к 50 мкл раствора белка добавляли 50 мкл раствора насыщенной щавелевой кислоты и инкубировали 40 мин при 99 °С в твердотельном термостате «Гном» (ДНК-технология, Россия). Затем измеряли флуоресценцию в диапазоне длин волн 550–750 нм. Спектры эмиссии флуоресцирующих продуктов обнаруживают максимумы при 600 и 650 нм. Длина волны возбуждения составляла 400 нм. Регистрацию спектров флуоресценции проводили при комнатной температуре на спектрофлуориметре Shimadzu RF-5301 PC (Япония) в кварцевой микрокювете объемом 0,5 мл, содержащей 50 мкл образца и 450 мкл 3 М раствора HCl. Пиридингемохромоген получали, добавляя к раствору белка раствор пиридина (Sigma-Aldrich, США) в соотношении 1 : 3, перед измерением смесь восстанавливали дитионитом натрия. Измеряли оптическое поглощение восстановленного пиридингемохромогена при 556 и 539 нм и рассчитывали концентрацию гемовых белков по формуле $C(\text{гема}) = A_{556-539} \times 3,86$ (мг/мл).

Активность метлеглобинредуктазы (MLbR) определяли по скорости восстановления миоглобина [22] с модификациями. Реакционная смесь содержала 100 мМ калий-фосфатный буфер (pH 6,8), 30 мкМ миоглобина (Mb) и диализованный белок (0,04 мкг/мл) фракции, полученной высаливанием $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в диапазоне насыщения 40–80 %. Реакцию инициировали добавлением NADH до конечной концентрации 3 мМ. Образование оксигенированного миоглобина (oxyMb) регистрировали спектрофотометрически на спектрофотометре Cary (VarianBio, США).

Статистическая обработка данных производилась с использованием пакета программ Excel. На рисунках представлены стандартные ошибки средних значений исследуемых показателей.

Результаты и их обсуждение. Для оценки влияния кадмия на состояние симбиотического аппарата растений люпина, обработанных и необработанных препаратами различных фитолектинов, был проведен анализ изменения активности нитрогеназы и числа корневых клубеньков, которые определяются в фазу цветения растений, когда азотфиксирующая активность клубеньков у бобовых максимальная [23] (рис. 1).

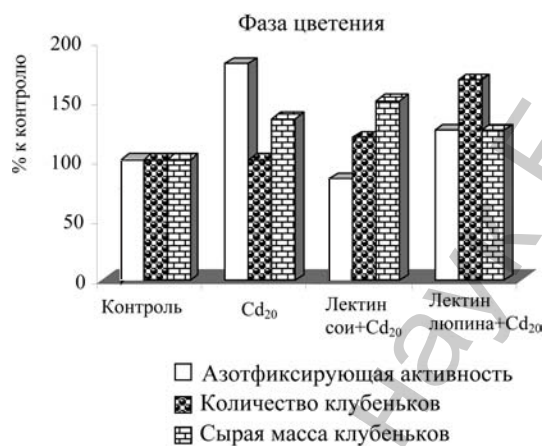


Рис. 1. Влияние Cd (20 мг/кг почвы) на показатели азотфиксирующей активности, количество и сырую массу клубеньков обработанных и необработанных фитолектинами растений люпина узколистного в фазе цветения. Отличия от контроля достоверны при $P < 0,05$

В фазе цветения люпина кадмий при концентрации в почве 20 мг/кг вызывал достоверную активацию азотфиксации в клубеньках – более, чем на 80 %. При этом наблюдалось увеличение сырой массы клубеньков до 30 % без изменения их количества. В то же время в растениях, обработанных фитолектинами, имело место уменьшение амплитуды Cd-индуцированных сдвигов активности аппарата фиксации азота почти до уровня контрольных значений этого показателя, сопровождаемое увеличением не только массы клубеньков, но и их количества. Так, при загрязнении почвы кадмием в растениях, обработанных лектином сои, наблюдалось увеличение сырой массы клубеньков и их количества до 50 и 20 % соответственно, при использовании в качестве биорегулятора препарата лектина люпина – до 25 и 70 % соответственно. Это может быть обусловлено тем, что в растениях люпина препарат гомологичного лектина, более, чем гетерогенный лектин сои, способен выполнять функции молекулярного сигнала на ранних этапах формирования эффективного симбиоза и оказывать модулирующий эффект на симбиотические свойства и вирулентность ризобий [6; 7]. Так, в предварительных экспериментах нами было установлено, что предпосевная обработка растений люпина лектином сои способствовала в фазе цветения увеличению количества клубеньков в среднем на 20 %, тогда как препаратом гомологичного лектина – на 50 %. В связи с этим для дальнейших исследований использовали препарат лектина люпина.

С целью более полной характеристики изменений, происходящих в азотфиксирующем аппарате люпина в фазе цветения под действием кадмия и на фоне предпосевной обработки растений экзогенным препаратом гомологичного лектина, была проведена оценка функционального состояния леглобина (Lb) и его количества в клубеньках растений.

Легоглобины – гемоглобинподобные белки корневых клубеньков, которые обратимо связывают кислород и облегчают его диффузию к фиксирующим азот бактероидам, а также поддерживают концентрацию кислорода на уровне,

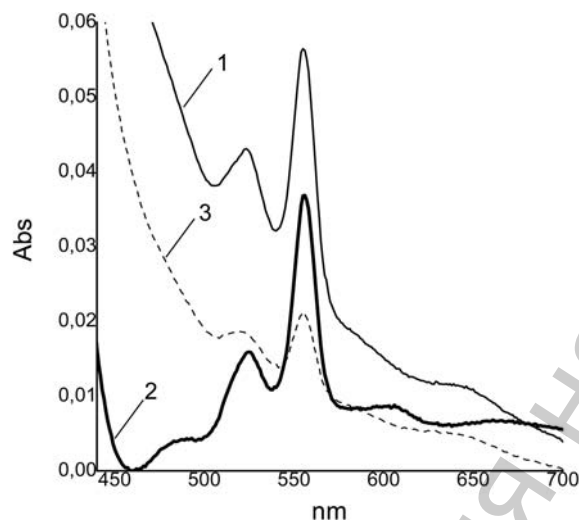


Рис. 2. Спектры поглощения растворов леглоббинсодержащей фракции в 25 %-ном щелочном растворе пиридина после восстановления дитионитом натрия: 1 – контроль, 2 – Cd_{20} , 3 – лектин люпина + Cd_{20} . Фаза цветения растений

не инактивирующем нитрогеназный комплекс [24–26]. Общепринятой является точка зрения, что леглоббин является одним из регуляторов кислородного режима, поддерживая условия, оптимальные для азотфиксации. Показано также, что содержание леглоббина и активность метлеглоббинредуктазы – фермента, поддерживающего его в физиологически активном состоянии, коррелирует с азотфиксирующей активностью клубеньков [27–29].

О функциональном состоянии Lb можно судить по спектрам поглощения его восстановленной и оксигенированной форм (рис. 2 и табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Максимумы длин волн спектров поглощения растворов леглоббинсодержащей фракции в 25 %-ном растворе пиридина после восстановления дитионитом натрия (фаза цветения люпина)

Вариант опыта	λ_{\max} , nm					
	643	598	556	524	485	418
Контроль	–	–	556	524	–	418
Cd_{20}	660	598	556	524	485	418
Лектин люпина + Cd_{20}	643	–	556	524	–	418

Следует отметить, что во всех вариантах опыта спектры восстановленного Lb обнаруживали характеристики гексакоординированной низкоспиновой формы с максимумом поглощения в полосе Сорс 418 нм вместо 427 нм. Этот факт свидетельствует о том, что железо гема было связано с неизвестным лигандом, возможно, с никотиновой кислотой, имидазолом, производными пиридоксаля [30–32], или с остатками гистидина и тирозина. Подобный модифицированный леглоббин может иметь измененные характеристики по связыванию кислорода, что, вероятно, оказывает влияние на его функционирование в качестве переносчика кислорода. Однако эти предположения требуют дополнительных исследований.

Доля Lb с немодифицированным гемовым карманом была оценена по способности этого гемопротейда образовывать комплексы с пиридином. Спектр поглощения восстановленного пиридингемохромогена интактного Lb имеет три полосы поглощения в видимой области (418, 556, 539 нм). Наличие дополнительных полос поглощения в варианте «Cd₂₀», свидетельствует о модификации белковой части гемопротейда в области гемового кармана [33]. В то же время предпосевная обработка люпина препаратом гомологичного лектина предотвращала резкие изменения спектральных характеристик левоглобина при действии кадмия.

Поскольку часто модификация, затрагивающая гемовый карман, препятствует присоединению лиганда, то количество пиридингемохрома является косвенной оценкой доли функционально активного Lb. Результаты анализа данных о количестве функционально активного Lb представлены на рис. 3. Под действием кадмия наблюдалось Cd-индуцированное увеличение количества левоглобина и активация его функционального состояния. Вместе с тем предобработка растений люпина препаратом гомологичного лектина способствовала сохранению содержания Lb на уровне контроля. При этом лишь 37 % Lb обнаруживали способность образовывать комплексы с пиридином, что свидетельствует о модифицированном состоянии значительной части левоглобина.

Левоглобин в цитозоле клубеньков может существовать в нескольких окислительно-восстановительных формах: восстановленной (LbO₂), окисленной (Lb³⁺) или феррилформе (Lb⁴⁺). Функционально активной является только восстановленная форма Lb. Незначительные физиологические изменения и наличие некоторых ионов металлов, энтеросорбентов и токсичных метаболитов (нитрит, супероксидный радикал, перикись) могут приводить к окислению левоглобина до Lb³⁺ и Lb⁴⁺. Поэтому в клубеньках существуют механизмы поддержания Lb в функционально активном восстановленном состоянии [34].

Основной вклад в процесс восстановления Lb клубеньков и поддержания его в физиологически активном состоянии вносит фермент метлевоглобинредуктаза,

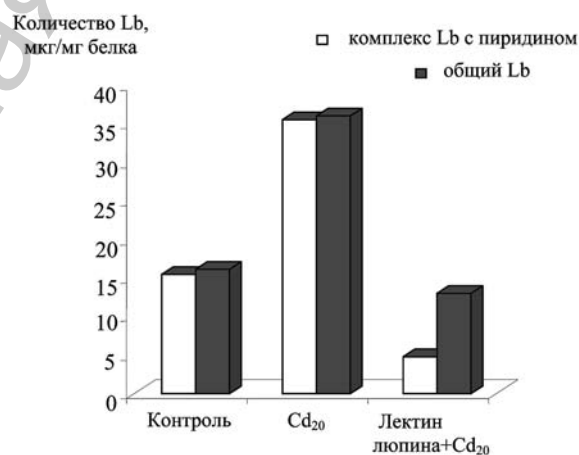


Рис. 3. Количество левоглобина и его фракции, образующей комплексы с пиридином. Фаза цветения растений

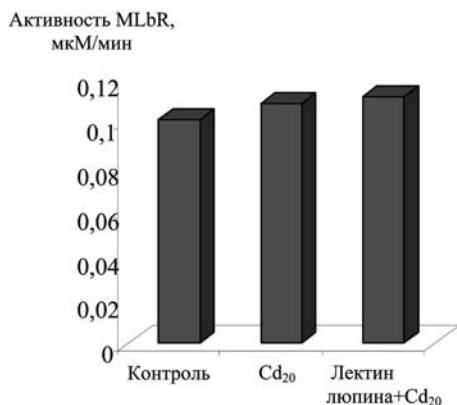


Рис. 4. Активность метлеглобинредуктазы во фракции белков, полученных высаливанием $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в диапазоне насыщения 40–80 %. Фаза цветения растений

использующая в качестве донора электронов NADH [34–36]. Исследовали влияние кадмия (20 мг/кг почвы) на активность данного фермента у растений люпина в фазе цветения, предобработанных и необработанных препаратом гомологичного лектина (рис. 4).

Согласно полученным данным, под действием кадмия, а также на фоне предпосевной обработки растений люпина препаратом гомологичного лектина, показатель активности MLbR почти не изменялся. При этом восстановление миоглобина в исследуемых образцах происходило в три раза медленнее, чем в контроле в присутствии NADH, что может свидетельствовать о наличии в образцах ингибиторов восстановления легоглобина. Это и может быть причиной накопления окисленных форм Lb в клубеньках и его последующей модификации.

Поскольку взаимосвязь процессов азотфиксации, нодуляции и роста растений проявляется в разные сроки вегетации, проведены исследования влияния кадмия при более высокой концентрации (50 мг/кг почвы) на указанные параметры у обработанных и не обработанных гомологичным лектином растений в фазах бутонизации и начала плодообразования.

Анализ динамики азотфиксирующей активности в клубеньках растений, подвергнутых действию кадмия, выявил существенные изменения данного показателя (рис. 5). Под действием более высокой концентрации Cd в почве (50 мг/кг почвы) в фазе бутонизации также наблюдалась тенденция спонтанного увеличения уровня азотфиксирующей активности клубеньков растений люпина, однако к фазе начала плодообразования имело место резкое ингибирование процесса фиксации азота – почти на 80 %. В то же время в контрольном варианте уменьшение данного показателя при переходе от одной фазы вегетации к другой составляло в среднем 46 %.

Предпосевная обработка люпина препаратом гомологичного лектина оказывала протекторное действие на азотфиксирующий аппарат клубеньков, предотвращая индуцированные кадмием резкие изменения амплитуды данного показателя и способствуя его сохранению на уровне контроля.

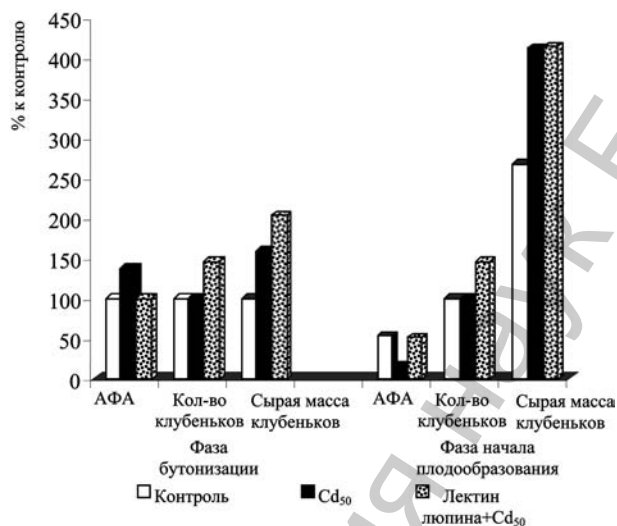


Рис. 5. Влияние кадмия (50 мг/кг почвы) на азотфиксирующую активность (АФА), количество и массу клубеньков растений люпина, обработанных и необработанных препаратом гомологичного лектина

Снижение нитрогеназной активности у люпина при переходе к фазе плодообразования является характерным явлением у бобовых растений, зависящим от условий среды [23], однако под влиянием высокого содержания поллютанта к фазе цветения-начала плодообразования уровень азотфиксирующей активности по сравнению с контрольными значениями снизился более значительно. Следовательно, наблюдаемая Cd-индуцируемая активация процесса азотфиксации в клубеньках люпина являлась временной, и носила, по-видимому, адаптивный характер, согласно классической концепции стресса Г. Селье [37; 38]. Не исключено, что для данного сорта люпина содержание Cd в почве, равное 50 мг/кг, является критическим.

По мнению ряда исследователей, при низких концентрациях кадмия в среде (2–10 мг/кг почвы) и в зависимости от видовой устойчивости растений может наблюдаться стимуляция уровня азотфиксации в процессе адаптации, например, у растений сои, гороха посевного [39; 40]. Более того, не исключено и существование внутривидовой устойчивости к кадмию, как это было показано на растениях рода лядвенец *Lotus L.* Так, при исследовании влияния различных концентраций кадмия на развитие и функционирование клубеньков у лядвенца рогатого и лядвенца японского было установлено, что у последнего имела место активация уровня азотфиксирующей активности при концентрации поллютанта до 10 мкМ в среде, тогда как у первого, напротив, наблюдалось ингибирование этого процесса [41].

Вместе с тем токсичность кадмия в отношении бобовых культур проявляется и в виде прогрессивного снижения показателей нодулирующей, азотфиксирующей и фотосинтетической активности под влиянием возрастающих концентраций кадмия в среде [42–44]. Поэтому представляется важным проведение дальнейших, более детальных исследований действия тяжелых металлов на азотфиксирующий

аппарат люпина в зависимости от дозы поллютантов, а также видовой устойчивости растений.

Следует отметить, что процесс нодуляции у люпина при высокой концентрации поллютанта в почве (50 мг/кг почвы) протекал в целом также, как и при действии более низкой его концентрации (20 мг/кг почвы), повышая лишь сырую массу клубеньков в фазе бутонизации и в фазе начала плодообразования. Предобработка растений препаратом гомологичного лектина оказывала модулирующее действие на данный процесс, индуцируя увеличение как количества клубеньков, так и их сырой массы на всех исследуемых этапах вегетации.

Для выяснения того, вовлекаются ли эндогенные лектины в формирование устойчивости азотфиксирующей системы люпина при действии кадмия, исследовали его влияние на активность эндогенных лектинов корней и клубеньков как у интактных растений, так и после обработки их лектинами (рис. 6). Поскольку предпосевная обработка люпина лектином сои не оказывала существенного протекторного действия на метаболизм эндогенных лектинов корней и клубеньков растений при загрязнении почвы кадмием, приводятся данные по действию препарата гомологичного лектина люпина, как более эффективного, на указанные параметры.

В фазе бутонизации под влиянием поллютанта, при уровне загрязнения почвы 50 мг Cd/кг почвы, в корнях и в клубеньках наблюдалась значительная активация эндогенных лектинов. Однако описываемое явление носило временный характер, поскольку к фазе начала плодообразования имело место ингибирование метаболизма лектинов.

Так, торможение активности лектинов к фазе начала плодообразования составляло: в корнях в контроле 17 %, для варианта «кадмий» – 33 %; в клубеньках во всех вариантах опыта – в среднем 90 %. Обработка люпина экзогенным препаратом гомологичного лектина способствовала снижению наблюдаемого

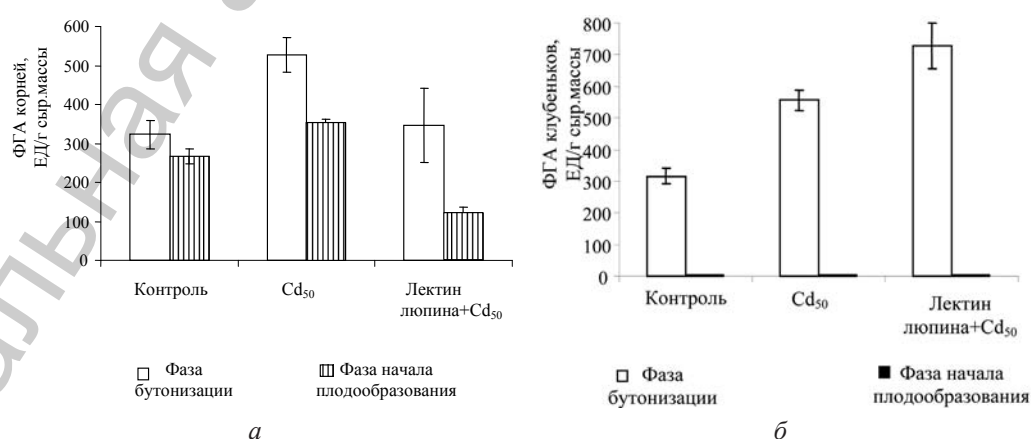


Рис. 6. Активность эндогенных лектинов корней (а) и клубеньков (б) люпина в процессе вегетации под влиянием предпосевной обработки препаратом гомологичного лектина и при избытке кадмия в почве (50 мг/кг почвы)

Cd-индуцируемого увеличения активности лектинов в корнях до уровня контроля уже в фазе бутонизации, тогда как в клубеньках, напротив, наблюдалась еще более выраженная активация эндогенных лектинов с максимумом в фазе начала плодообразования.

Наблюдаемые различия ответной реакции корней и клубеньков на присутствие кадмия в среде может быть обусловлено несколькими причинами. Предположительно, корни имеют более низкий порог чувствительности к присутствию кадмия в почве, чем клубеньки, поскольку ФГА лектинов корней при действии кадмия оказывается более выраженной, чем у клубеньков. В пользу этого предположения свидетельствуют данные, полученные нами ранее о большей восприимчивости корней к избытку кадмия, чем клубеньков [45]. Кроме того, корни как органы-мишени способны более всех других накапливать данный поллютант, ограничивая его поступление в клубеньки и другие органы растений [12; 41; 46; 47].

Таким образом, можно полагать, что эндогенные лектины люпина принимают участие как в формировании процессов адаптации азотфиксирующей системы к избытку кадмия в среде, так и в регуляции ее функциональной активности в процессе вегетации, поскольку в клубеньках к фазе начала плодообразования снижается не только интенсивность метаболизма лектинов, но и азотфиксирующая активность клубеньков. Полученные результаты согласуются в целом с данными об участии лектинов в формировании устойчивости растений к избытку кадмия в среде, что было показано, в частности, на примере лектины зародышей пшеницы и растений пшеницы [35].

Поскольку лектины корней обладают свойством секретироваться в окружающую среду [5; 48; 49], нельзя исключить, что Cd-индуцируемый синтез эндогенных лектинов в тканях корней и клубеньков люпина оказывает влияние как на функциональное состояние нитрогеназного комплекса [50], так и на процессы нодуляции [5–8; 51; 52]. Формирование клубеньков может усиливаться в результате кумулятивного эффекта, возникающего между Cd-индуцируемой активацией эндогенных лектинов и экзогенным препаратом гомологичного лектина.

Важным аспектом протекторного действия различных фитолектинов на азотфиксирующий аппарат при токсическом действии кадмия, выявленный в данной работе, может быть обусловлен влиянием исследуемых биорегуляторов на гормональный баланс растений. Известно, что фитогормоны выполняют интегрирующую функцию в метаболизме макро- и микросимбионта как при инокуляции бобовых ризобиями, так и при формировании и развитии клубеньков [53–55]. Для успешного процесса инокуляции и нодуляции весьма существенна роль ауксина и гиббереллина [56]. Так, изменение под действием биопрепарата баланса эндогенных фитогормонов в сторону преобладания ИУК, гиббереллинов и цитокининов повышало эффективность симбиотической азотфиксирующей системы у различных сортов фасоли и ее урожайность [57].

Что касается влияния тяжелых металлов на баланс фитогормонов, то на примере растений пшеницы было показано, что кадмий вызывает кратковременное

накопление АБК, снижение уровня ИУК и цитокининов, тогда как в растениях, предобработанных лектином АЗП (агглютинин зародыша пшеницы), процесс накопления АБК носил менее выраженный и более кратковременный характер, наблюдалось усиление синтеза цитокининов и замедление падения уровня ИУК. При этом активировался и процесс лигнификации [48].

По-видимому, немаловажным аспектом защитной функции лектинов является их способность предотвращать последствия окислительного стресса, возникающие при действии стрессовых факторов среды на растения, в том числе тяжелых металлов и засоления [48; 59].

Сопоставляя полученные нами данные, следует обратить внимание на тот факт, что при действии кадмия в растениях люпина, обработанных препаратом гомологичного лектина, уровень азотфиксации был ниже, чем в условиях самостоятельного действия стрессора, несмотря на то что показатели количества и массы клубеньков повышались. Однако между активностью нитрогеназы и количеством клубеньков не всегда прослеживается четкая коррелятивная связь [57]. Кроме того, поскольку лектины стимулируют образование клубеньков [51], что было особенно заметно на фоне кадмиевого стресса, возникает необходимость реализации потенциала индуцированного лектинами процесса нодуляции посредством тщательного подбора комплементарных сочетаний микро- и макросимбионта, а также с помощью селекционных и технологических мероприятий, которые в своей совокупности могли бы способствовать повышению устойчивости и эффективности азотфиксирующего аппарата бобовых при неблагоприятных воздействиях [57].

Анализ характера распределения кадмия в органах люпина позволил установить, что максимальное количество поллютанта аккумулировалось в корнях [46; 47; 60; 61] (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Аккумуляция Cd (50 мг/кг почвы) в вегетативных органах люпина узколистного (фаза начала плодообразования)

Вариант опыта	Cd, мг/кг сухой массы			
	Корни	Клубеньки	Листья	Стебли
Cd ₅₀	59,77 ± 0,72	34,6 ± 0,56	8,04 ± 0,18	2,37 ± 0,05
Лектин люпина + Cd ₅₀	53,78 ± 0,39	38,11 ± 0,50	7,37 ± 0,11	2,45 ± 0,11

Содержание кадмия в клубеньках было существенно ниже, чем в корнях. На этом основании можно предположить, что непосредственного поглощения Cd клубеньками не происходит и, скорее всего, в тканях корней, как органах-мишенях для ТМ, существующие механизмы иммобилизации ТМ (хелатирование, синтез стрессовых белков, металлотионеинов и фитохелатинов, компартиментализация) предотвращают избыточное поступление ТМ в клубеньки [46; 61].

Подтверждением существующей барьерной функции корней для ТМ являются данные по концентрации кадмия в надземных органах. Так, в листья люпина узколистного кадмий поступал в меньших количествах по сравнению с показате-

лем накопления его в корнях. Обработка растений люпина препаратом гомологичного лектина несколько ограничивала поступление кадмия в корни и листья. При этом наблюдалось уменьшение токсического действия поллютанта на ростовые процессы в растениях люпина, что было заметно в фазе начала плодообразования (рис. 7).

Полученный результат согласуется с данными литературы о токсическом воздействии кадмия на процессы роста [42–44; 61] и о протекторном влиянии предобработки растений гомологичным лектином на параметры роста и развития [48]. Следует отметить и положительную тенденцию увеличения показателя сырой массы корней у растений, обработанных препаратом гомологичного лектина и выращенных в условиях высокого уровня загрязнения почвы кадмием (рис. 7, б).

Анализ влияния исследуемых условий произрастания люпина на показатели семенной продуктивности не выявил их существенных изменений. Это может быть обусловлено тем, что створки бобов, наряду с корнями, выполняют барьерную функцию и препятствуют проникновению избыточного количества кадмия в семена [47]. Вместе с тем в семенах растений, обработанных препаратом гомологичного лектина и выросших в условиях загрязнения почвы кадмием (50 мг/кг почвы), наблюдалось достоверное увеличение содержания белка в среднем на 1,5 %. Однако соотношение протеиногенных аминокислот в составе белка практически не изменялось.

Таким образом, установлено, что лектины принимают участие в формировании неспецифической устойчивости азотфиксирующего аппарата люпина к токсическому действию кадмия. Показано, что лектины макросимбионта выступают в качестве модулирующего фактора, выполняющего регуляторные функции в процессах нодуляции и фиксации азота. Установлено, что для растений люпина

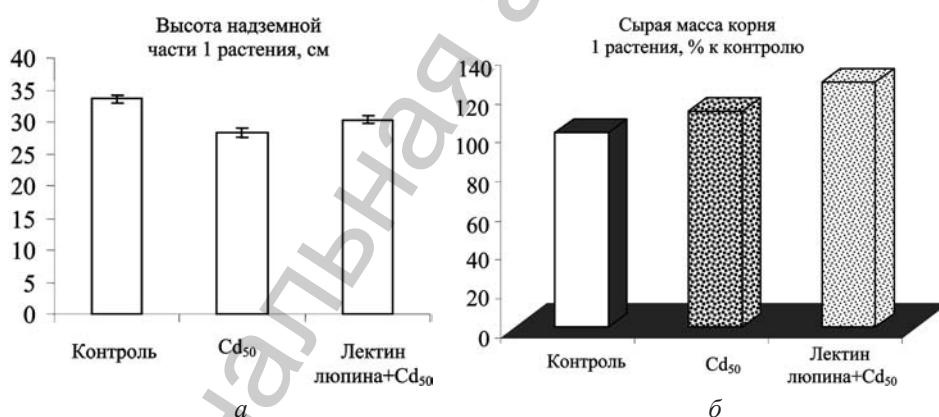


Рис. 7. Влияние кадмия (50 мг/кг почвы) на рост растений люпина в фазе начала плодообразования, обработанных и необработанных препаратом гомологичного лектина: а – высота надземной части 1 растения, см; б – сырая масса корня 1 растения, % к контролю. Отличия от контроля достоверны при $P < 0,05$

при загрязнении почвы кадмием гетерологичный лектин сои был менее эффективен в качестве адаптогена, чем препарат гомологичного лектина. Предобработка растений люпина препаратом гомологичного лектина оказывала протекторное действие на азотфиксирующую систему при воздействии кадмия, уменьшая амплитуду Cd-индуцируемых сдвигов показателей функционального состояния нитрогеназного комплекса. При этом наблюдалась тенденция снижения токсического действия поллютанта на рост растений и сырую массу корней за счет ограничения аккумуляции стрессора в тканях корней и листьев.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Б10Р-211).

Литература

1. Essentials of Glycobiology / Ed. by Ajit Varki, Richard D. Cummings, Jeffrey D. Esko et al. Cold Spring Harbor (NY): Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2009. 2nd ed.
2. Луцук М. Д., Панасюк Е. Н., Луцук А. Д. Лектины. Львов, 1981. – 155 с.
3. Libeiro A. R., Lopez-Garsia S. L., Vazquez T. E. E., Favelukes G. // FEMS Microbiol. Lett. 2000. Vol. 188, N 2. P. 177–184.
4. Коць С. Я., Береговенко С. К., Кириченко Е. В., Мельникова Н. Н. Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов. Киев, 2007. – 316 с.
5. Шакирова Ф. М., Безрукова М. В. // Журн. общей биологии. 2007. Т. 68, № 2. С. 100–125.
6. Сытников Д. М., Коць С. Я. // Физиология и биохимия культ. растений. 2009. Т. 41, № 4. С. 279–296.
7. Коць С. Я., Сытников Д. М. // Физиология и биохимия культ. растений. 2007. Т. 39, № 6. С. 463–475.
8. Губайдуллин И. И., Баймиев Ал. Х., Баймиев Ан. Х. и др. // Вестн. биотехнологии. 2006. Т. 2, № 2. С. 11–16.
9. Сытников Д. М., Коць С. Я., Маличенко С. М. // Физиология и биохимия культ. растений. 2006. Т. 38, № 1. С. 53–60.
10. Shumaev K. B., Kosmachevskaya O. V., Timoshin A. A. et al. // Methods in Enzymology. 2008. Vol. 436. P. 441–457.
11. Кулаева О. А., Цыганов В. Е. // Генетическая токсикология и генетически активные факторы среды. 2010. Т. 8, № 3. С. 3–15.
12. Серёгин И. В., Иванов В. Б. // Физиология растений. 2001. Т. 48, № 4. С. 606–630.
13. Sattsangi D., Sattsangi S. // Preparative biochemistry. 1984–1985. Vol. 14, N 5. P. 471–483.
14. Бабоша А. В., Ладыгина М. Е. // Физиолого-биохимические и биофизические методы диагностики степени устойчивости растений к патогенам и другим факторам / Под ред. М. Е. Ладыгиной. М., 1992. С. 43–52.
15. Bradford M. M. // Anal. Biochem. 1976. Vol. 8. P. 248–254.
16. Hardy R. W. F., Burns R. C., Hebert R. R. et al. // Plant and Soil. 1971. Special Vol. P. 561–590.
17. Методические указания по использованию ацетиленового метода при селекции бобовых культур на повышение симбиотической азотфиксации / ВНИИ с.-х. микробиол. Ленинград, 1982. – 10 с.
18. Умаров М. М. // Почвоведение. 1976. № 11. С. 119–123.
19. Мелик-Саркисян С. С., Чернядьева М. Ф., Кретович В. Л. // Биохимия. 1972. Т. 37, № 2. С. 415–423.
20. LaRue T. A., Child J. J. // Analytical Biochemistry. 1979. Vol. 92. P. 11–15.
21. Riggs A. // Methods in Enzymology. 1981. Vol. 76. P. 5–29.

22. Баширова Н. Ф., Мелик-Саркисян С. С., Кретович В. Л. // Биохимия. 1979. Т. 44, № 7. С. 1240–1245.
23. Орлов В. П., Щербина Е. А., Орлова Е. Ф. и др. // Физиология и биохимия культ. растений. 1985. Т. 17, № 5. С. 475–480.
24. Appleby C. A. // Annu. Rev. Plant Physiol. 1984. Vol. 35 P. 443–478.
25. Топунов А. Ф. // Биохимия. 1995. Т. 60, № 1. С. 66–74.
26. Топунов А. Ф., Петрова Н. Э., Шлеев С. В. и др. // Физиология и биохимия культ. растений. 2001. Т. 33, № 4. С. 363–368.
27. Кретович В. Л., Матус В. К., Мелик-Саркисян С. С. // Физиология растений. 1976. Т. 19, № 5. С. 1060–1065.
28. Мелик-Саркисян С. С., Райхинштейн М. В., Владзиевская Л. П. и др. // Физиология растений. 1976. Т. 23, № 2. С. 274–278.
29. Сварадж К., Топунов А. Ф., Голубева Л. И., Кретович В. Л. // Физиология растений. 1986. Т. 33, № 1. С. 87–92.
30. Appleby C. A., Blumberg W. E., Peisach J. et al. // J. Biol. Chem. 1976. Vol. 251, N 19. P. 6090–6096.
31. Lee K.-K., Shearman L. L., Erickson B. K., Klucas R. V. // Plant. Physiol. 1995. Vol. 109, N 1. P. 261–267.
32. Benesch B. R., Benesch R. E. // Methods in enzymology. 1981. Vol. 76. P. 147–159.
33. Jun H.-K., Sarath C., Moran J. F. et al. // Plant Physiol. 1994. Vol. 104. P. 1231–1236.
34. Vecana M., Klucas R. V. // Plant Physiol. 1992. Vol. 98. P. 1217–1221.
35. Kretovich V. L., Melik-Sarkisyan S. S., Bashirova N. F., Topunov A. F. // J. Appl. Biochem. 1982. Vol. 4. P. 209–217.
36. Голубева Л. И., Топунов А. Ф., Гончарова С. С. и др. // Биохимия. 1988. Т. 53, № 10. С. 1712–1717.
37. Селье Г. На уровне целого организма. М., 1972. – 122 с.
38. Шакирова Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа, 2001. – 160 с.
39. Chen Y. X., He Y. F., Yang Y. et al. // Chemosphere. 2003. Vol. 50, N 6. P. 781–787.
40. Zabolotny A. I., Budkevich T. A., Bazhanov D. P., Tsyganov V. E. // Proceedings of the 7 th ISRR Symposium Research and Applications (2–4 September 2009, Vienna, Austria) [Electronic resource]. 2009. – Mode of access: <http://rootrap.boku.ac.at/index.php?id=28>. – Дата доступа: 11.11.2009.
41. Цыганов В. Е., Заболотный А. И., Будкевич Т. А. и др. // Ботаника (исследования). Сб. науч. тр. / Ин-т экспер. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск, 2010. Вып. 38. С. 343–35.
42. Kutari M., Sinhal V. L., Srivastava A., Singh V. P. // J. of Phytology. 2011. Vol. 3 (8). P. 38–42.
43. Hasan A., Fariduddin Q., Ali B. et al. // J. Environ. Biol. 2009. Vol. 30, N 2. P. 165–174.
44. Sheirdil R. A., Bashir K., Hayat R., Akhtar S. // African J. of Bionotechnology. 2012. Vol. 11, N 8. P. 1886–1891.
45. Канделинская О. Л., Грищенко Е. Р., Анохина В. С., Брыль Е. А. // Вестн. БГУ. 2008. Сер. 2, № 1. С. 64–68.
46. Серегин И. В., Кожевникова А. Д. // Физиология растений. 2008. Т. 55, № 4. С. 3–26.
47. Заболотный А. И., Будкевич Т. А. // Ботаника (исследования). Сб. науч. тр. / Ин-т экспер. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск, 2009. Вып. 37. С. 374–383.
48. Безрукова М. В., Фатхутдинова Р. А., Лубянова А. Р. и др. // Физиология растений. 2011. Т. 58, № 6. С. 907–914.
49. Fountain D. W., Foard D. E., Replogle W. D., Yang W. K. // Science. 1977. Vol. 197, N 4309. P. 1185–1187.
50. Антонюк Л. П., Фомина О. Р., Игнатов В. В. // Микробиология. 1997. Т. 67, № 3. С. 427–433.
51. Vauchrowitz M. A., Barker D. G., Truchet G. // Plant J. 1996. Vol. 9, N 1. P. 31–43.
52. Сытников Д. М., Коць С. Я., Даценко В. К. // Прикладная биохимия и микробиология. 2007. Т. 43, № 3. С. 304–310.

53. Fang Y., Hirsch A. M. // Plant physiology. 1998. Vol. 116(1). P. 53–68.
54. Павлова З. Б., Лутова Л. А. // Генетика. 2000. Т. 36, № 6. С. 1173–1188.
55. Stougaard J. // Plant physiology. 2000. Vol. 124(2). P. 531–540.
56. Matheus U. // Functional Plant Biology. 2008. Vol. 35. P. 651–668.
57. Сидорова К. К., Шумный В. К., Власова Е. Ю. и др. // Вестн. ВОГиС. 2010. Т. 14, № 2. С. 357–374.
58. Волобуева О. Г., Скоробогатова И. В., Шильникова В. К. // Изв. Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 1. С. 105–113
59. Bezrukova M., Kildibekova A., Shakirova F. // Plant Growth Regul. 2008. Vol. 54. P. 195–201.
60. Бармаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. Саранск, 2009. – 235 с.
61. Серегин И. // Успехи биол. химии. 2001. Т. 41. С. 283–300.

O. L. KANDELINSKAYA, E. R. GRISCHENKO, A. I. ZABOLOTNY, N. A. BUDKEVICH,
Z. M. ALESCHENKOVA, L. E. KARTYZHOVA, V. N. HALECKY, O. V. KOSMACHEVSKAYA,
E. I. NASYBULLINA, V. S. ZOTOV, A. F. TOPUNOV

**FUNCTIONAL STATUS OF NARROW-LEAVED LUPINE (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)
SYMBIOTIC NITROGEN-FIXING SYSTEM UNDER THE ACTION OF CADMIUM:
THE ROLE OF PHYTOLECTINS**

Summary

It has been studied the influence of pretreatment of narrow-leaved Lupine plants with phytolectins (lectin of soybean seeds, preparation of lupine seed lectin) on the functional status of the nitrogen-fixing system, the activity of endogenous root and root nodule lectins, distribution and accumulation of cadmium in organs, morphometrical characteristics of plants during ontogenesis at different levels of soil cadmium pollution. It has been revealed cadmium-induced changes of functional activity of nitrogen-fixing system and spectral characteristics of legoglobin. Pretreatment of narrow-leaved Lupine plants with phytolectins has been protecting the plants to varying degrees: soybean lectin < preparation of lupine seed lectin. For all that it were observed the decreasing of Cd-induced fluctuation amplitude of nitrogen fixating activity in the nodules, the metabolism of endogenous root and root nodule lectins, weakening of pollutant toxic action on growth processes and limitation of cadmium entrance into the roots and leaves. It has been discussed the role of lectins in the regulation of the activity of legume nitrogen-fixing system and the formation of resistance to heavy metals in the environment.

УДК 634.737:581.19:522.4 (476)

Ж. А. РУПАСОВА¹, И. К. ВОЛОДЬКО¹, А. А. ВОЛОТОВИЧ², Н. П. ВАРАВИНА¹,
Н. Б. КРИНИЦКАЯ¹, О. А. КУДРЯШОВА²

**ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО НАКОПЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ
КИСЛОТ И УГЛЕВОДОВ В ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНАХ
ВЕЧНОЗЕЛЕННЫХ И ЛИСТОПАДНЫХ ВИДОВ *RHODODENDRON L.*
ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

¹ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

²Полесский государственный университет

(Поступила в редакцию 16.03.2012)

Приведены результаты сравнительного исследования содержания сухих и пектиновых веществ, ряда органических кислот и растворимых сахаров в генеративных органах вечнозеленых и листопадных видов *Rhododendron L.* в сезонном цикле развития в условиях Беларуси. Установлены генотипические различия параметров накопления в них данных соединений и выявлены таксоны с наиболее высокой способностью к биосинтезу последних. Показано, что цветки вечнозеленых видов рододендрона характеризовались меньшим, чем у листопадных видов, содержанием свободных органических и фенолкарбоновых кислот, но более высоким содержанием сухих веществ и растворимых сахаров при сопоставимых параметрах накопления аскорбиновой кислоты и пектиновых веществ. Плоды рододендрона (коробочки с семенами) в 4–7 раз превосходили цветки в содержании сухих веществ, но уступали им на порядок в содержании аскорбиновой кислоты и в 1,5–3 раза в содержании титруемых кислот, пектиновых веществ, а у вечнозеленых видов и в содержании растворимых сахаров. В период цветения рододендрона генеративные органы *Rh. jaropiscit* (A. Gray) Suring могут представлять интерес в качестве потенциального природного источника свободных органических, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, а цветки вечнозеленых видов – в качестве источников растворимых сахаров и в меньшей степени пектиновых веществ.

Введение. Особое место в ряду интродуцентов, являющихся потенциальными источниками лекарственного сырья в Республике Беларусь, занимают

малоизученные декоративные кустарники рода *Rhododendron* L., сырье которых с давних пор востребовано в народной медицине для лечения разных патологий [1; 4].

Коллекция *Rhododendron* L. в ЦБС НАН Беларуси представлена 79 видами, подвидами, формами и сортами, значительная часть которых характеризуется высоким ростовым и биопродукционным потенциалом. Предварительные исследования биохимического состава ассимилирующих частей некоторых видов рододендрона, осуществленные на базе коллекции ЦБС НАН Беларуси [7], подтвердили повышенную способность данных интродуцентов к накоплению в них широкого спектра полезных веществ – органических кислот, углеводов, биофлавоноидов, терпеноидов, дубильных и минеральных веществ и при этом обнаружили существенные различия в их содержании у вечнозеленых и листопадных видов. Вместе с тем подобных исследований с генеративными органами рододендрона ранее не проводилось, что не позволяет определить их ценность в качестве природных источников лекарственного сырья.

В связи с этим первостепенную значимость и актуальность обретают исследования, направленные на выявление таксонов данного вида с наиболее высоким содержанием в цветках и плодах действующих веществ разной химической природы, играющих важную роль в метаболизме человека. Для решения этой задачи в 2010–2011 гг. было проведено сравнительное исследование сезонной динамики накопления ряда органических кислот и углеводов в генеративных органах наиболее перспективных по биопродукционным характеристикам таксонов рододендрона, различающихся по географическому происхождению и ареалу распространения, охватывающему 2 континента – Северную Америку и Евразию.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследования были привлечены следующие представители рода *Rhododendron* L. – 1 полувечнозеленый вид *Rh. dauricum* L., принятый в качестве эталона сравнения, 2 листопадных вида – *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring и *Rh. luteum* (L.) Sweet, второй из которых был представлен тремя формами – Минской (из коллекции ЦБС НАН Беларуси), Ветчиновской и Марковской (отобранными близ соответствующих их названиям населенных пунктов в Гомельской обл.), а также 4 вечнозеленых вида – *Rh. catawbiense* Michx., *Rh. brachycarpum* D. Don, *Rh. smirnowii* Trautv., *Rh. fortunei* Lindl.

При исследовании биохимического состава генеративных органов рододендрона в свежих усредненных пробах определяли содержание сухих веществ – по ГОСТ 8756.2–82 [2]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [3]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [3]. В высушенных при температуре 65 °С усредненных пробах анализируемого материала определяли содержание фенолкарбоновых кислот (в пересчете на хлорогеновую) – методом нисходящей хроматографии на бумаге [5]; содержание растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [6]; пектиновых веществ (водорастворимого пектина и протопектина) – карбазольным методом [3].

Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты и их обсуждение. В условиях Беларуси цветение рододендрона обычно приходится на третью декаду мая – начало июня. По нашим оценкам, в этот период содержание в цветках сухих веществ примерно в 2–3 раза уступало таковому в молодых ассимилирующих органах и варьировалось в таксономическом ряду в интервале значений от 6,4 % у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring до 10,9 % у *Rh. brachycarpum* D. Don, причем у вечнозеленых видов оно было в среднем на 35 % выше, чем у листопадных.

Содержание свободных органических кислот в сухой массе цветков большинства таксонов рододендрона было сопоставимо с таковым в новообразованных листьях и изменялось в сравнительно узком диапазоне значений – от 3,4 % у Ветчиновской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet до 4,6 % у *Rh. fortunei* Lindl. Исключением же из этого ряда являлся листопадный вид *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring, обнаруживший в генеративных органах чрезвычайно выраженную способность к биосинтезу данных соединений, содержание которых в 4–5 раз превышало таковое у остальных исследуемых таксонов и достигало 15,7 % сухой массы. Вместе с тем данному виду принадлежало лидирующее положение и в накоплении в цветках аскорбиновой кислоты, содержание которой составляло в среднем 1352 мг%, тогда как у остальных таксонов рододендрона оно примерно в 1,5–2 раза превышало таковое в новообразованных листьях и варьировалось в диапазоне от 438,6–449,0 мг% у Ветчиновской и Марковской форм *Rh. luteum* (L.) Sweet до 890,4–911,7 мг% у Минской формы данного вида и *Rh. fortunei* Lindl.

Заметим, что цветки *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring оказались чрезвычайно богаты и фенолкарбоновыми кислотами, содержание которых в их сухой массе, достигавшее 3553,5 мг%, в 1,5–2 раза превышало таковое у остальных таксонов рододендрона (1601,2–2992,0 мг%). При этом содержание данных соединений в цветках рододендрона лишь незначительно уступало таковому в молодых ассимилирующих органах.

Наиболее контрастно генотипические различия в содержании рассматриваемых соединений проявились при сравнении параметров их накопления в цветках эталонного вида *Rh. dauricum* L. и тестируемых таксонов рододендрона (табл. 1). Оказалось, что для большинства вечнозеленых видов не было выявлено достоверных различий с ним в содержании сухих веществ, и лишь в единичном случае – у *Rh. brachycarpum* D. Don оно оказалось выше на 8 %. Все же листопадные виды уступали эталонному виду по данному показателю на 18–37 %, при наибольших различиях у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring. При этом абсолютное большинство тестируемых таксонов рододендрона на 4–20 % отставали от *Rh. dauricum* L. также в содержании в цветках свободных органических кислот, и лишь два из них – *Rh. fortunei* Lindl. и *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring превосходили его в этом плане соответственно на 9 и 272 %. В отличие от данных соединений, для аскорбиновой кислоты наблюдалась противоположная картина – на 6–127 %

более высокое, чем у эталонного вида рододендрона, ее содержание в цветках большинства тестируемых таксонов, при наибольших различиях у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring и наименьших у *Rh. brachycarpum* D. Don. Лишь обе формы *Rh. luteum* (L.) Sweet из Гомельской обл. уступали *Rh. dauricum* L. в накоплении аскорбиновой кислоты в среднем на 25 %.

Т а б л и ц а 1. Степень различий с эталонным видом *Rh. dauricum* L. содержания органических кислот в сухой массе генеративных органов интродуцированных видов *Rhododendron* L. в фазу цветения, %

Таксон	Сухие вещества	Свободные органические кислоты	Аскорбиновая кислота	Фенолкарбоновые кислоты
<i>Rh. catawbiense</i> Michx.	–	–4,3	+21,2	–18,4
<i>Rh. smirnowii</i> Trautv	–	–11,1	+36,2	–42,4
<i>Rh. brachycarpum</i> D. Don	+7,9	–15,6	+5,8	–28,5
<i>Rh. fortunei</i> Lindl.	–	+8,8	+53,2	–22,5
<i>Rh. japonicum</i> (A. Gray) Suring	–36,6	+271,6	+127,2	+27,9
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Минская	–24,8	–5,2	+49,6	+7,7
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Ветчинская	–17,8	–19,9	–24,6	–9,9
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Марковская	–21,8	–10,9	–26,3	–7,1

П р и м е ч а н и е. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с эталонным видом при $p < 0,05$.

В направленности же различий тестируемых таксонов рододендрона с эталонным видом в содержании в генеративных органах фенолкарбоновых кислот прослеживалось заметное сходство с таковой титруемых кислот, при наиболее выраженном проявлении указанных различий у вечнозеленых видов, особенно у *Rh. smirnowii* Trautv, уступавших *Rh. dauricum* L. по данному признаку на 18–42 % (см. табл. 1). Оба же листопадных вида в районе интродукции, особенно *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring, превосходили эталонный вид в содержании в цветках фенолкарбоновых кислот на 8 и 28 %, однако Марковская и Ветчиновская формы *Rh. luteum* (L.) Sweet примерно в равной степени (на 7 и 10 %) отставали от него в их накоплении. Обращает на себя внимание, что среди исследуемых таксонов рододендрона наиболее высоким содержанием в цветках свободных органических, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот обладал листопадный вид *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring.

Исследование углеводного состава генеративных органов *Rhododendron* L. в фазу цветения выявило наличие существенных различий между вечнозелеными и листопадными видами в содержании растворимых сахаров. Так, если в первом случае, включая полувечнозеленый вид *Rh. dauricum* L., принятый за эталон сравнения, оно варьировалось в их сухой массе в диапазоне довольно высоких значений от 27,3 % у *Rh. fortunei* Lindl. до 34,8 % у *Rh. smirnowii* Trautv, то в цветках листопадных видов параметры накопления растворимых сахаров были примерно вдвое ниже и изменялись от 9,7 % у Минской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet до 18,2 % у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring. Это обусловило, в свою очередь, ана-

логичные различия и в соотношении количеств растворимых сахаров и титруемых кислот (соответственно 6,0–9,3 против 1,2–5,0). При этом цветки *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring с аномально высоким содержанием последних характеризовались наименьшим в таксономическом ряду значением данного признака. Заметим, что в цветках вечнозеленых видов рододендрона содержание растворимых сахаров примерно вдвое превышало таковое в молодых листьях, на фоне отсутствия подобных различий у листопадных видов.

В отличие от растворимых сахаров, для пектиновых веществ существенных различий между листопадными и вечнозелеными видами в их содержании в генеративных органах рододендрона выявлено не было. По нашим оценкам, оно несколько уступало таковому в молодых листьях и варьировалось в диапазоне от 5,4–5,5 % сухой массы у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring и двух форм *Rh. luteum* (L.) Sweet (Минской и Ветчиновской) до 8,7 % у его Марковской формы. Доминирующее положение в комплексе этих углеводов принадлежало нерастворимому пектину, содержание которого в 5–9 раз превышало таковое гидропектина, при наиболее широком соотношении их количеств у *Rh. dauricum* L., *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring и Минской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet и наиболее узком у Ветчиновской формы данного вида.

Сравнение углеводного состава генеративных органов *Rh. dauricum* L. и тестируемых таксонов *Rhododendron* L. в период цветения выявило существенные генотипические различия по всем анализируемым показателям (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Степень различий с эталонным видом *Rh. dauricum* L. содержания углеводов в сухой массе генеративных органов интродуцированных видов *Rhododendron* L. в фазу цветения, %

Таксон	Раствор. сахара	Сахарокислотный индекс	Гидропектин	Протопектин	Сумма пектиновых веществ	Пртп/Гдрп
<i>Rh. catawbiense</i> Michx.	–	–	+20,5	–22,7	–18,4	–36,6
<i>Rh. smirnowii</i> Trautv	+16,0	+31,0	+16,4	–17,9	–14,6	–30,1
<i>Rh. brachycarpum</i> D. Don	+6,7	+26,8	+37,0	–9,9	–5,3	–34,4
<i>Rh. fortunei</i> Lindl	–9,0	–15,5	+19,2	–6,5	–4,0	–22,6
<i>Rh. japonicum</i> (A. Gray) Suring	–39,3	–83,1	–23,3	–26,5	–26,3	–
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Минская	–67,7	–66,2	–24,7	–28,3	–27,9	–
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Ветчинская	–43,3	–29,6	+17,8	–31,8	–27,0	–43,0
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Марковская	–49,0	–42,2	+24,7	+14,8	+15,8	–8,6

Пр и м е ч а н и е. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с эталонным видом при $p < 0,05$.

Оказалось, что все листопадные виды в значительной степени (на 39–68 %) уступали эталонному виду в содержании в них растворимых сахаров, при наиболее выраженных различиях у Минской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet, а также характеризовались на 30–83 % меньшими значениями соотношения их количеств и содержания свободных органических кислот, особенно у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring. При этом все листопадные виды рододендрона, за исключением

Марковской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet, в равной степени (на 26–28 %) отставали от *Rh. dauricum* L. также по общему накоплению в цветках пектиновых веществ, причем у двух таксонов – *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring и Минской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet это было связано с аналогичным отставанием в содержании обеих фракций данных углеводов. Вместе с тем цветки Ветчиновской и Марковский форм *Rh. luteum* (L.) Sweet оказались богаче таковых эталонного вида гидропектином соответственно на 18 и 25 %, а во втором случае также протопектином (на 15 %), что и обусловило более высокое, чем у *Rh. dauricum* L., общее содержание в них пектиновых веществ.

В отличие от листопадных, у вечнозеленых видов рододендрона подобные различия с эталонным видом носили неоднозначный и менее выразительный характер. Так, если два из них – *Rh. brachycarpum* D. Don и *Rh. smirnowii* Trautv. характеризовались на 7 и 16 % более высоким, чем у него, содержанием в цветках растворимых сахаров и на 27 и 31 % более высокими значениями соотношения количеств данных углеводов и титруемых кислот, то для *Rh. fortunei* Lindl., напротив, было показано отставание от *Rh. dauricum* L. по данным признакам на 9 и 16 %, на фоне отсутствия сколь-либо значимых различий с ним у *Rh. catawbiense* Michx. При этом все вечнозеленые виды рододендрона, как и большинство листопадных, на 4–18 % уступали ему в общем содержании в цветках пектиновых веществ, при наибольших различиях у *Rh. catawbiense* Michx. Несмотря на более высокое (на 16–37 %), чем у эталонного вида, накопление в них гидропектина, это отставание было обусловлено меньшим (на 6–23 %) содержанием доминирующей фракции данных веществ – протопектина.

Особый научный и практический интерес представляет исследование биохимического состава плодов рододендрона, т. е. коробочек с семенами, созревающих, по нашим наблюдениям, в августе–сентябре. Они характеризовались наиболее высоким среди структурных компонентов фитомассы содержанием сухих веществ, варьировавшимся в таксономическом ряду в диапазоне значений от 29,7 % у *Rh. brachycarpum* D. Don до 57,8–61,7 % у обеих Гомельских форм *Rh. luteum* (L.) Sweet. Вместе с тем для плодов рододендрона было показано наименьшее содержание свободных органических, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, не превышавшее в их сухой массе соответственно 1,35–3,99 %, 39,5–92,2 мг% и 505,6–1644,4 мг%. При этом наиболее высокие параметры их накопления в первом и третьем случаях характеризовали *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring, во втором – *Rh. brachycarpum* D. Don. Обращает на себя внимание, что *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring был отмечен наиболее высоким в таксономическом ряду содержанием в генеративных органах титруемых и фенолкарбоновых кислот не только в период цветения, но и на стадии плодоношения.

Сравнение содержания сухих веществ в плодах эталонного вида и тестируемых таксонов рододендрона выявило наличие весьма заметных генотипических различий по данному признаку (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Степень различий с эталонным видом *Rh. dauricum* L. содержания органических кислот в сухой массе генеративных органов интродуцированных видов *Rhododendron* L. в фазу плодоношения, %

Таксон	Сухие вещества	Свободные органические кислоты	Аскорбиновая кислота	Фенолкарбоновые кислоты
<i>Rh. catawbiense</i> Michx.	+11,7	-25,4	+4,8	+54,4
<i>Rh. smirnowii</i> Trautv	+4,1	-12,7	+39,0	-20,2
<i>Rh. brachycarpum</i> D. Don	-32,0	+16,6	+92,5	+43,0
<i>Rh. fortunei</i> Lindl.	-27,2	-9,9	+62,0	+89,5
<i>Rh. japonicum</i> (A. Gray) Suring	-25,6	+120,4	+37,8	+159,7
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Минская	-7,3	+11,6	+10,4	+7,0
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Ветчинская	+41,2	+105,0	-17,5	+7,0
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Марковская	+32,3	+43,6	+5,0	+7,0

Так, по два вида из групп вечнозеленых и листопадных видов превосходили *Rh. dauricum* L. в их накоплении на 4–41 %, при наибольших различиях у Ветчиновской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet, и по два вида из этих же групп на 7–32 % уступали ему в этом плане, при наиболее значительных контрастах у *Rh. brachycarpum* D. Don. Столь же выразительной и неоднозначной была картина подобных различий и в содержании в генеративных органах свободных органических кислот. Например, если у всех листопадных видов наблюдалось превышение его эталонного уровня на 12–120 %, при наибольших различиях у Ветчиновской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet и особенно у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring, то для большинства вечнозеленых видов было характерно отставание от *Rh. dauricum* L. в накоплении в плодах титруемых кислот на 10–25 %.

При этом почти все тестируемые объекты на 5–92 % превосходили эталонный вид рододендрона в содержании в плодах аскорбиновой кислоты при наибольших различиях у *Rh. brachycarpum* D. Don, и лишь для плодов Ветчиновской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet было показано отставание от него по данному признаку на 17 %, что, напомним, характерно для генеративных органов данного таксона и в период цветения. Что касается фенолкарбоновых кислот, то почти все тестируемые объекты, особенно *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring, превосходили *Rh. dauricum* L. по их содержанию в плодах на 7–160 %, и только *Rh. smirnowii* Trautv. уступал ему в этом плане на 20 %.

Содержание растворимых сахаров в сухой массе плодов рододендрона варьировалось в таксономическом ряду в весьма широком диапазоне значений от 11,0–11,5 % у *Rh. fortunei* Lindl. и *Rh. smirnowii* Trautv до 20,2–23,7 % у всех форм *Rh. luteum* (L.) Sweet, что свидетельствовало о заметных генотипических различиях параметров их накопления. При этом в плодах вечнозеленых видов содержание сахаров существенно уступало таковому в цветках, тогда как у листопадных видов наблюдалась противоположная этой картина. Значения сахарокислотного индекса плодов рододендрона изменялись также в довольно широком

диапазоне от 3,1 у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring до 10,0 у Минской формы *Rh. luteum* (L.) Sweet.

Исследование пектинового комплекса плодов рододендрона выявило весьма узкий диапазон варьирования в пределах таксономического ряда общего содержания в них этих веществ, охватывающий область значений от 4,0 до 4,9 % сухой массы. Это свидетельствовало о слабо выраженных генотипических различиях параметров их накопления, значительно уступающих таковым в генеративных органах растений в период цветения, что было обусловлено меньшим содержанием в плодах нерастворимого пектина, составлявшим 3,4–4,1 % сухой массы. Что касается гидропектина, то его содержание в плодах и цветках растений было примерно одинаковым и не превышало 0,5–0,9 %.

Как следует из данных табл. 4, тестируемые таксоны рододендрона существенно различались с *Rh. dauricum* L. по углеводному составу плодов. Так, среди вечнозеленых видов лишь для *Rh. brachycarpum* D. Don было показано превышение эталонного уровня накопления в них растворимых сахаров на 25 %, тогда как в остальных случаях наблюдалось либо отставание от него на 10–14 %, либо отсутствие достоверных различий с ним по данному признаку. Что касается листопадных видов, то все три формы *Rh. luteum* (L.) Sweet, особенно произрастающие в Гомельской области, были отмечены на 58–85 % более высоким, чем у эталонного вида, содержанием в плодах растворимых сахаров, и лишь у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring достоверных различий с ним в этом плане выявлено не было. Весьма неоднозначной оказалась картина подобных различий у тестируемых таксонов рододендрона с *Rh. dauricum* L. и по величине сахарокислотного индекса плодов, что объясняется производным характером данного показателя, учитывающего содержание в них и растворимых сахаров, и свободных органических кислот.

Т а б л и ц а 4. Степень различий с эталонным видом *Rh. dauricum* L. содержания углеводов в сухой массе генеративных органов интродуцированных видов *Rhododendron* L. в фазу плодоношения, %

Таксон	Растворимые сахара	Сахаро-кислотный индекс	Гидропектин	Протопектин	Сумма пектиновых веществ	Пртп/Гдрп
<i>Rh. catawbiense</i> Michx.	–	+31,0	+28,6	+5,3	+8,9	–11,8
<i>Rh. smirnowii</i> Trautv	–10,2	–	–	–5,3	–4,4	–
<i>Rh. brachycarpum</i> D. Don	+25,0	+7,0	+14,3	+7,9	+8,9	–
<i>Rh. fortunei</i> Lindl	–14,1	–	–14,3	–10,5	–11,1	+21,6
<i>Rh. japonicum</i> (A. Gray) Suring	–	–56,3	–28,6	+5,3	–	+56,9
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Минская	+57,8	+40,8	–14,3	–	–4,4	+17,6
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Ветчинская	+77,3	–14,1	–14,3	–	–	+17,6
<i>Rh. luteum</i> (L.) Sweet, Марковская	+85,2	+28,2	–14,3	–	–	+21,6

П р и м е ч а н и е. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с эталонным видом при $p < 0,05$.

При сопоставлении параметров накопления пектиновых веществ в плодах эталонного и тестируемых таксонов рододендрона, тем не менее, были выявлены

определенные различия, нашедшие статистическое подтверждение (см. табл. 4). Наиболее выразительными (в пределах 14–29 %), при преимущественно отрицательной направленности, они оказались у параметров накопления в плодах гидропектина. Лишь у двух вечнозеленых видов рододендрона – *Rh. catawbiense* Michx. и *Rh. brachycarpum* D. Don отмечено превышение эталонного уровня содержания в плодах и растворимого, и нерастворимого пектинов, что, в свою очередь, обусловило на 9 % более высокое, чем у *Rh. dauricum* L., общее количество в их плодах данных соединений. В остальных же случаях было показано либо отставание от эталонного уровня на 4–11 % по данному признаку, либо отсутствие сколь-либо значимых различий с ним. Большинство же тестируемых таксонов рододендрона были отмечены на 18–57 % более широким, чем у *Rh. dauricum* L., соотношением содержания прото- и гидропектина, при наиболее выразительных различиях с ним у *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring.

Заключение. В результате исследования сезонной динамики накопления ряда органических кислот и углеводов в генеративных органах вечнозеленых и листопадных видов *Rhododendron* L. установлены отчетливые внутрисезонные и генотипические различия в содержании исследуемых соединений. Показано, что цветки вечнозеленых видов рододендрона характеризовались меньшим, чем у листопадных видов, содержанием свободных органических и фенолкарбоновых кислот, но более высоким содержанием сухих веществ и растворимых сахаров при сопоставимых параметрах накопления аскорбиновой кислоты и пектиновых веществ.

Плоды рододендрона (коробочки с семенами) в 4–7 раз превосходили цветки в содержании сухих веществ, но уступали им на порядок в содержании аскорбиновой кислоты и в 1,5–3 раза в содержании титруемых и фенолкарбоновых кислот, пектиновых веществ, а у вечнозеленых видов и в содержании растворимых сахаров.

В период цветения рододендрона генеративные органы *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring могут рассматриваться в качестве потенциального природного источника свободных органических, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, а таковые большинства вечнозеленых видов могут представлять интерес как источники растворимых сахаров и в меньшей степени пектиновых веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б08-057).

Литература

1. Александрова М. С. Рододендрон. М., 1989.
2. ГОСТ 8756.2–82. Методы определения сухих веществ. М., 1982. – 5 с.
3. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. и др. Методы биохимического исследования растений. М., 1987. – 430 с.
4. Кондратович Р. Я. Рододендроны в Латвийской ССР. Рига, 1981.

5. Мжаванадзе В. В., Таргамадзе И. Л., Драник Л. И. // Сообщ. АН Груз. ССР. 1971. Т. 63, вып. 1. С. 205–210.

6. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М., 1985. С. 110–112.

7. Рупасова Ж. А., Кутас Е. Н., Злотников А. К. // Вестні НАН Беларусі, сер. біял. навук. 2000. № 3. С. 11–16.

Zh. A. RUPASOVA, I. K. VOLODKO, A. A. VOLOTOVICH, N. P. VARAVINA,
N. B. KRINITSKAIA, O. A. KUDRYASHOVA

**FEATURES OF SEASONAL ACCUMULATION OF ORGANIC ACIDS
AND CARBOHYDRATES IN GENERATIVE BODIES OF EVERGREEN
AND DECIDUOUS KINDS OF *RHODODENDRON* L. AT THE INTRODUCTION
UNDER THE CONDITIONS OF BELARUS**

Summary

Results of comparative research of the maintenance of dry and pectinaceous substances, of some organic acids and soluble sugars in generative bodies of evergreen and deciduous kinds of *Rhododendron* L. in a seasonal cycle of development under the conditions of Belarus are presented in this article. It is established the exact genotypic distinctions of parameters of accumulation of the given compounds in them. It is also revealed kinds with the highest ability to biosynthesis of the last. It is shown that flowers of rhododendron evergreen kinds were characterized by smaller maintenance of free organic and phenol (carbolic) acids, than at deciduous kinds, but by higher maintenance of solids and soluble sugars at comparable parameters of accumulation of ascorbic acid and pectin substances. Rhododendron fruits (boxes with seeds) in 4–7 times surpassed of flowers in the maintenance of solids, but conceded to them on an order in the maintenance of ascorbic acid, and in 1.5–3.0 times in the maintenance of titratable acids, pectin substances, and at evergreen kinds also conceded to them in the maintenance of soluble sugars. In rhododendron flowering period the generative organs of *Rh. japonicum* (A. Gray) Suring can be interesting as a potential natural source of ascorbic and phenol (carbolic) acids. Flowers of evergreen kinds can be interesting as sources of soluble sugars and to a lesser degree of pectin substances.

УДК 634.232:631.527.823(476+498)

З. А. КОЗЛОВСКАЯ¹, А. А. ТАРАНОВ¹, В. С. ВОЛОТ¹,
С. БУДАН², М. БУТАЧ², М. МИЛИТАРУ²

СОВМЕСТИМОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ СОРТОВ ЧЕРЕШНИ ПРИ ИСКУССТВЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ РУМЫНИИ И БЕЛАРУСИ

¹Институт плодородства НАН Беларуси

²Научно-исследовательский институт плодородства, Питешти, Румыния

(Поступила в редакцию 26.04.2012)

Представлены результаты исследований по определению совместимости при опылении новых сортов черешни, полученные в рамках реализации совместного проекта между НИИ плодородства в Питешти (Румыния) и РУП «Институт плодородства» (Беларусь). Выделены наиболее результативные комбинации скрещиваний: *Daria* × *Ponoare*, *Simbol* × *Daria*, *Superb* × *Ponoare*, *Superb* × *Daria*, *Hedelfinger* × *Izverna*, *Superb* × *Severin* в условиях Румынии и *Наслаждение* × *Ponoare*, *Гастинец* × *Superb*, *Фатеж* × *Ponoare*, *Фатеж* × *Izverna*, *Фатеж* × *Daria* в условиях Беларуси.

Введение. Плоды черешни являются объектом высокоприбыльной коммерческой деятельности и не имеют серьезной конкуренции среди других плодовых пород в начале фруктового сезона. Не случайно за высокие десертные качества плоды черешни в странах с развитой экономикой включены в группу дорогих, редких и роскошных фруктов. Румыния является одной из важнейших стран – производителей плодов черешни в Европе. После спада производства плодов черешни в Румынии, отмечавшегося в 1990-х годах, со вступлением в Европейский союз расширяются новые торговые связи и прогнозируется увеличение насаждений данной культуры.

Создание высоко адаптивных сортов черешни в Румынии и Беларуси является важнейшей задачей для селекционных учреждений обеих стран. За последние два десятилетия создано 15 новых румынских сортов, которые получают все большее распространение, а отдельные из них уже произрастают в коммерческих садах наряду с традиционными сортами и в ближайшем будущем заменят некоторые из них [1]. В последние годы черешня получает все большее распространение в приусадебном садоводстве Беларуси благодаря созданным в Институте

плодоводства высокопродуктивным сортам, приспособленным к достаточно суровым климатическим условиям и, прежде всего, сортам нового поколения – Гастинец, Медуница, Витязь, Наслаждение и Соперница [2]. Создание новых сортов, сочетающих устойчивость к болезням (коккомикозу и монилиозу) и высокое качество плодов, на основе мониторинга коллекций, выявления сортов-источников и доноров соответствующих признаков, а также целенаправленной гибридизации в обоих учреждениях – конечная цель совместного белорусско-румынского проекта.

Основная масса сортов черешни проявляет незначительную самоплодность, и реализация потенциала продуктивности определяется подбором сортов опылителей. Проявление несовместимости гаметофитов называют перекрестной стерильностью или взаимной стерильностью, а также несовместимостью при скрещиваниях. Самостерильными являются не только отдельные сорта, но и целые группы сортов, неспособные к взаимному опылению, что необходимо учитывать как в процессе создания сортов, так и в практическом садоводстве. Генетической основой стерильности при перекрестном опылении является ген стерильности S с множественными аллелями ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$). Совпадение S -аллелей в пыльце и в ткани рыльца или столбика цветка подлежащего опылению сорта приводит к стерильности, так как рост пыльцевой трубки блокируется [3; 4].

В связи с вышесказанным работа по подбору опылителей для новых сортов черешни белорусской и румынской селекции является весьма актуальной. Особенно важен вопрос изучения совместимости различных комбинаций в селекционном аспекте для повышения результативности искусственной гибридизации.

Материалы и методы исследования. Весна 2011 года в Румынии была поздней, по этой причине цветение образцов черешни отмечалось во второй–третьей декадах апреля. Погодные условия во время цветения данной культуры были благоприятными для оплодотворения (температура воздуха днем составляла 17–24 °С при отсутствии осадков). В условиях Беларуси во время массового цветения черешни, которое наблюдалось в первой декаде мая отмечены неблагоприятные погодные условия для оплодотворения. Так, с 1 по 7 мая среднесуточная температура воздуха не превышала 11,7 °С. В этот период только два дня 1 и 3 мая были без осадков. Благоприятная погода для опыления установилась лишь 9–13 мая, когда воздух днем прогревался до 22 °С.

При проведении насыщающих скрещиваний черешни в РУП «Институт плодородства» в качестве отцовских форм были использованы устойчивые к коккомикозу и монилиозу крупноплодные сорта селекции Института плодородства (Питешти) Superb, Ponoare, Colina, Sublim, Izverna, Severin, Tentant, Daria, Rubin, имеющие сложное географическое происхождение. В качестве материнских форм использовались зимостойкие высококачественные сорта нового поколения белорусской селекции: Гастинец, Наслаждение, Витязь, а также российские сорта-эталоны высокой зимостойкости Фатеж и Красная плотная.

Всего в Научно-исследовательском институте плодородства Питешти (Румыния) и РУП «Институт плодородства» (Беларусь) была проведена 41 комбинация скрещиваний с использованием одних и тех же сортов-опылителей.

Подбор пар скрещиваний, процедура опыления производились согласно общепринятым методам.

Кастрация цветков не проводилась, так как привлеченные в скрещивания сорта являются самобесплодными. В каждой комбинации были опылены не менее ста цветков. Учет завязываемости плодов проводили через 2–4 недели после опыления. Совместимость родительских компонентов определялась по завязываемости плодов: 0 % – полная несовместимость комбинации; 1–10 % – очень низкая совместимость; 11–30 % – низкая совместимость; 31–66 % – хорошая совместимость; 67–100 % – очень хорошая совместимость родительских компонентов.

Результаты и их обсуждения. В Научно-исследовательском институте плодородства Питешти было опылено 5806 цветков по 24 комбинациям скрещиваний и получено 1075 плодов. Завязываемость плодов по комбинациям скрещиваний колебалась от 0 до 56,7 % (табл. 1). Завязываемость по комбинациям скрещивания составила 18,51 %. Наиболее высокий процент завязываемости наблюдался в скрещиваниях: Daria × Ponoare (56,7 %), Superb × Severin (45,9 %), Hedelfinger × Izverna (45,3 %), Simbol × Daria (42,0 %), Superb × Ponoare (36,8 %), Superb × Daria (33,6 %).

Т а б л и ц а 1. Результаты целенаправленной гибридизации (Румыния)

Комбинация скрещивания	Количество опыленных цветков, шт.	Количество полученных плодов, шт.	Завязываемость плодов, %	Совместимость комбинации
Daria × Ponoare	302	170	56,7	хорошая
Izverna × Ponoare	176	31	17,6	низкая
Superb × Ponoare	312	115	36,8	хорошая
Cerna × Daria	235	18	7,6	очень низкая
Superb × Daria	229	77	33,6	хорошая
Ponoare × Daria	444	73	16,4	низкая
Severin × Daria	367	15	4,1	очень низкая
Simbol × Daria	321	135	42,0	хорошая
Noble × Daria	166	12	7,2	очень низкая
Jaboulay × Daria	194	4	2,0	очень низкая
Sam × Daria	553	7	1,3	очень низкая
Vogue × Daria	205	37	18,0	низкая
Noble × Izverna	152	15	9,9	очень низкая
Sam × Izverna	176	9	5,1	очень низкая
Jaboulay × Izverna	112	32	28,6	низкая
Vogue × Izverna	164	3	1,8	очень низкая
Hedelfinger × Izverna	161	73	45,3	хорошая
Izverna × Severin	148	2	1,3	очень низкая
Superb × Severin	183	84	45,9	хорошая
Noble × Superb	154	18	7,4	очень низкая
Jaboulay × Superb	157	41	25,6	низкая
Sam × Superb	450	71	15,8	низкая
Vogue × Superb	281	0	0	отсутствует
Hedelfinger × Superb	164	33	20,1	низкая
Всего	5 806	1 075	в среднем 18,51	

Очень низкая результативность скрещиваний отмечена в комбинациях Cerna × Daria, Severin × Daria, Noble × Daria, Jaboulay × Daria, Sam × Daria, Noble × Izverna, Sam × Izverna, Vogue × Izverna, Izverna × Severin, Noble × Superb и нулевое значение завязываемости отмечалось в комбинации Vogue × Superb.

В коллекционном саду отдела селекции плодовых культур РУП «Институт пловодства» (Беларусь) были проведены 17 комбинаций скрещиваний между зимостойкими белорусскими и российскими сортами, которые были использованы в качестве материнских форм и румынскими сортами – в качестве отцовского компонента. Пыльца для скрещиваний была собрана заблаговременно в Румынии и использована после 7–10 дней хранения в Беларуси. Всего было опылено 9515 цветков и получено 670 плодов. Процент завязываемости плодов колебался от 0 до 20 % (табл. 2). Средний процент завязываемости плодов составил 7,05 %. Низкая завязываемость плодов в скрещиваниях обусловлена прежде всего неблагоприятными погодными условиями во время массового цветения черешни. Выделены наиболее результативные комбинации скрещиваний: Наслаждение × Ponoare (20,0 %), Гастинец × Superb (12,0 %), Фатеж × Ponoare (10,0 %), Фатеж × Izverna (10,0 %), Фатеж × Daria (10,0 %).

Т а б л и ц а 2. Результаты целенаправленной гибридизации (Беларусь)

Комбинация скрещивания	Количество опыленных цветков, шт.	Количество полученных плодов, шт.	Завязываемость плодов, %	Совместимость комбинации
Наслаждение × Ponoare	800	160	20,0	низкая
Гастинец × Ponoare	405	45	9,0	очень низкая
Фатеж × Ponoare	600	60	10,0	очень низкая
Наслаждение × Colina	360	0	0	отсутствует
Фатеж × Colina	400	6	1,5	очень низкая
Гастинец × Superb	960	80	12,0	низкая
Фатеж × Superb	600	56	9,0	очень низкая
Гастинец × Izverna	600	11	1,8	очень низкая
Фатеж × Izverna	660	66	10,0	очень низкая
Витязь × Izverna	600	0	0	отсутствует
Фатеж × Tentant	500	30	6,0	очень низкая
Фатеж × Sublim	300	4	1,3	очень низкая
Фатеж × Severin	850	68	8,0	очень низкая
Красная плотная × Severin	400	8	2,0	очень низкая
Фатеж × Daria	680	68	10,0	очень низкая
Красная плотная × Daria	400	0	0	отсутствует
Фатеж × Rubin	400	8	2,0	очень низкая
Всего	9 515	670	в среднем 7,05	

Не отмечено завязывания плодов в комбинациях Наслаждение × Colina, Витязь × Izverna, Красная плотная × Daria.

Использование сорта Daria как опылителя в комбинациях с Ponoare и Фатеж обеспечило хорошую завязываемость плодов. При использовании Ponoare в качестве опылителя для сортов Daria, Superb, Izverna, Наслаждение, Фатеж также наблюдали хорошее завязывание плодов. Самая низкая способность к образованию

плодов была выявлена при использовании в качестве опылителя сортов Superb, Colina, Izverna и Daria для сортов Vogue, Наслаждение, Витязь и Красная плотная.

Выявлена самая низкая совместимость в исследуемых комбинациях скрещивания (для большинства сортов) при использовании в качестве опылителя сорта Izverna. Единичные плоды образовывались при опылении сорта Izverna пыльцой сорта Severin (как правило, плоды не развивались и не достигали зрелости). Исходя из этого, мы полагаем, что эти два румынских генотипа действительно имеют гаметофитную несовместимость. Кроме того, их общее происхождение и идентичный генотип аллели S подтверждаются сходными показателями завязывания плодов, полученными в комбинациях скрещивания с белорусским сортом Витязь.

Результаты, полученные в двух научно-исследовательских институтах, позволили разделить гибридные комбинации на 4 различные группы (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Группировка комбинаций скрещиваний по совместимости сортов черешни

Совместимость сортов	Комбинации скрещиваний
Несовместимые	Vogue × Superb, Наслаждение × Colina, Витязь × Izverna, Красная плотная × Daria
Очень низкая совместимость	Cema × Daria, Severin × Daria, Noble × Daria, Jaboulay × Daria, Sam × Daria, Noble × Izverna, Sam × Izverna, Vogue × Izverna, Izverna × Severin, Noble × Superb, Гастинец × Ponoare, Фатеж × Ponoare, Фатеж × Colina, Фатеж × Superb, Гастинец × Izverna, Фатеж × Izverna, Фатеж × Tentant, Фатеж × Sublim, Фатеж × Severin, Красная плотная × Severin, Фатеж × Daria, Фатеж × Rubin
Низкая совместимость	Izverna × Ponoare, Ponoare × Daria, Vogue × Daria, Jaboulay × Izverna, Sam × Superb, Hedelfinger × Superb, Наслаждение × Ponoare, Гастинец × Superb
Хорошая совместимость	Daria × Ponoare, Superb × Ponoare, Superb × Daria, Simbol × Daria, Hedelfinger × Izverna, Superb × Severin

Заключение. Лучшие результаты завязываемости плодов в изучаемых комбинациях скрещиваний в обоих научно-исследовательских центрах получены при использовании в качестве опылителей сортов Daria и Ponoare.

У сорта Izverna наблюдалась самая низкая совместимость с большинством сортов при опылении.

Комбинации скрещиваний Vogue × Superb, Наслаждение × Colina, Витязь × Izverna, Красная плотная × Daria не рекомендуются для использования в селекции в связи с выявленной несовместимостью.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Б10 РА-011).

Литература

1. Budan S., Braniste N., Butac Madalina et al. New achievements in fruit breeding at RIFG Pitesti. Scientific Papers RIFG Pitesti Maracineni. Ed. INVEL Multimedia, Bucuresti, 2009. P. 9–16.
2. Вышинская М. И., Таранов А. А. // Плодоводство: науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. Самохваловичи, 2009. Т. 21. С. 198–204.
3. Таранов А. А. // Земляробства і ахова раслін. 2006. № 1. С. 57–58.

4. Budan S., Popescu A. N., Butac M. Studies on Assignment of Some Romanian Sweet Cherry Cultivars into the S Incompatibility Groups. Acta Hort., 2008. P. 303–307.

Z. A. KAZLOUSKAYA, A. A. TARANOV, V. S. VOLAT, S. BUDAN, M. BUTAC, M. MILITARU

**COMPATIBILITY OF SOME SWEET CHERRY CULTIVARS
DURING ARTIFICIAL HYBRIDIZATION IN CONDITIONS
OF ROMANIA AND BELARUS**

Summary

This article presents a result of a determination of compatibility of new sweet cherry cultivars during the pollination in different climatic conditions. The investigation was carry out inside bilateral project between Research Institute for Fruit Growing Pitesti, Romania and Institute for Fruit Growing Samokhvalovitchy, Belarus. There were selected the most efficient cross combinations: Daria × Ponoare, Simbol × Daria, Superb × Ponoare, Superb × Daria, Hedelfinger × Izverna, Superb × Severin in conditions of Romania and Naslazhdenie × Ponoare, Gastinetz × Superb, Fatezh × Ponoare, Fatezh × Izverna, Fatezh × Daria in conditions of Belarus.

**ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ
АКАДЕМИЙ НАУК**

Совет Международной ассоциации академий наук

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

7 июня 2012 г.

№ 224

г. Москва

О перспективах развития
сотрудничества ученых стран СНГ
в области НБИКС технологий

Заслушав научный доклад директора Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» члена-корреспондента РАН М. В. Ковальчука «Конвергенция наук – от неживого к живому», выступления в прениях руководителей делегаций академий наук и организаций – ассоциированных членов МААН, Совет Международной ассоциации академий наук отмечает следующее:

В НИЦ «Курчатовский институт» завершается формирование уникального Центра нано-, био-, инфо-, когнитивных и социогуманитарных наук и технологий (НБИКС-центр). Тем самым создана инфраструктура для ведения конвергентных фундаментальных и прикладных исследований в области материаловедения, бионанотехнологий, информатики, инновационной энергетики, заложена база для получения принципиально новых знаний о природе мышления, формирования процессов памяти и их моделирования.

Конвергенция наук и технологий представляет собой новый этап развития, когда от технического, модельного копирования «устройства» и возможностей человека на основе неорганических материалов совершается переход к воспроизведению систем живой природы на основе НБИКС технологий.

Также в Курчатовском НБИКС-центре начато развертывание государственной программы космического материаловедения, биоисследований для освоения дальнего космоса, в частности изучение влияния малых доз излучений и частиц на биологические системы.

Учитывая масштабность и актуальность проекта по НБИКС технологиям, представляется целесообразным привлечь к его реализации научные организа-

ции стран СНГ, имеющие важные достижения по ряду направлений в области НБИКС технологий.

С учетом изложенного, Совет Международной ассоциации академий наук постановляет:

Одобрить научный доклад директора Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» члена-корреспондента РАН М. В. Ковальчука «Конвергенция наук – от неживого к живому».

Отметить, что сфера НБИКС является одним из актуальных и перспективных направлений для взаимовыгодного объединения усилий ученых стран СНГ.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Совет Международной ассоциации академий наук

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

7 июня 2012 г.

№ 225

г. Москва

О некоторых результатах и ближайших перспективах деятельности МААН

На заседании Совета Международной ассоциации академий наук (МААН), состоявшемся 7 июня 2012 г. в Москве на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», были заслушаны доклад президента МААН академика НАН Украины Б. Е. Патона «О некоторых результатах и ближайших перспективах деятельности МААН», сообщения руководителей делегаций академий наук и организаций, входящих в Ассоциацию, проведено обсуждение доклада.

Значительное внимание в докладе и выступлениях было уделено ходу выполнения Решения совместного заседания Совета Международной ассоциации академий наук и Совета Евразийской ассоциации университетов от 22 октября 2011 г., а также ряда постановлений Совета МААН, принятых на этом заседании.

Была отмечена активная работа Ассоциации и ее членов по поддержке молодых ученых, в том числе путем проведения международных форумов, курсов, стажировок, летних школ; содействию интеграции науки и образования, подготовке высококвалифицированных кадров для науки; выполнению ряда международных программ и подготовки к реализации новых; организации с участием фондов международных конкурсов проектов научно-исследовательских работ; проведению выездных инновационно-образовательных мероприятий; обеспечению работы научных советов; осуществлению обмена книжно-журнальной продукцией и др.

Совет Международной ассоциации академий наук постановляет:

1. Принять к сведению доклад президента МААН академика НАН Украины Б. Е. Патона.

2. Одобрить ход выполнения Решения совместного заседания советов МААН и Евразийской ассоциации университетов от 22 октября 2011 г. и продолжить работу по его дальнейшей реализации.

3. Считать целесообразным:

- поддержать предложение Совета по сотрудничеству в области фундаментальной науки государств-участников СНГ о создании Межгосударственного фонда научных исследований стран СНГ;

- направить в Евразийскую ассоциацию университетов на рассмотрение и согласование подготовленный МААН совместно с рядом университетов стран СНГ проект Научно-исследовательской программы «Черное, Азовское и Каспийское моря как имитационная модель океана»;

- проработать вопрос формирования межгосударственной программы сотрудничества стран СНГ в области ядерной медицины.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Национальная академия наук Беларуси

Совет Международной ассоциации академий наук

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

7 июня 2012 г.

№ 226

г. Москва

О новом статусе МААН
в партнерских отношениях с ЮНЕСКО

Новыми директивами, касающимися партнерства ЮНЕСКО с неправительственными организациями, принятыми на 36-й сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО, с текстом которых можно ознакомиться на сайте ЮНЕСКО (<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002150/215084r.pdf>, резолюция 36 C/108), предусмотрен переход от трех категорий отношений (рабочие, официальные консультативные и официальные отношения сотрудничества) к двум категориям партнерства: категория официального партнерства, именуемая «консультативный статус», и категория партнерства под названием «статус сотрудничества».

Заместитель Генерального директора ЮНЕСКО по международным связям и общественной информации Эрик Фальт своим письмом от 3 февраля 2012 г. информировал МААН о том, что Генеральный директор ЮНЕСКО принял решение переклассифицировать партнерство с МААН, предоставив ему консультативный статус (ранее была категория рабочих отношений).

Совет Международной ассоциации академий наук постановляет:

Принять к сведению, что МААН предоставлен консультативный статус партнерства с ЮНЕСКО. Использовать в деятельности МААН предоставляемые преимущества и налагаемые обязательства на такого рода партнерство, предусмотренные в вышеупомянутых директивах.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Совет Международной ассоциации академий наук**ПОСТАНОВЛЕНИЕ**

7 июня 2012 г.

№ 227

г. Москва

Об Объединенном научном совете
по фундаментальным географическим проблемам

Объединенный научный совет по фундаментальным географическим проблемам при МААН (далее – Объединенный совет) (председатель – академик РАН В. М. Котляков) создан в 1996 г. В его состав вошли представители географических учреждений национальных академий наук и ведущих университетов СНГ. Цель Объединенного совета – объединение усилий ученых разных стран для содействия в решении основных научных проблем в сфере фундаментальных географических исследований и проблем географического образования.

Объединенный совет в рамках основных направлений своей деятельности:

- содействует обмену информацией между географическими учреждениями, представленными в Объединенном совете, и установлению контактов между ними;

- готовит экспертные заключения, рекомендации и предложения по важнейшим фундаментальным географическим проблемам и проблемам географического образования;

- рекомендует для рассмотрения заинтересованными академиями наук и университетами предложения по международному сотрудничеству в области фундаментальных географических исследований;

- организует совещания и научные симпозиумы по важнейшим проблемам фундаментальных географических исследований.

За период с 1996 г. по настоящее время Объединенным советом проведено 15 крупных международных ежегодных совещаний. Их характерная особенность – связь тематики с наиболее актуальными научными географическими и экологическими проблемами стран СНГ и отдельных регионов, принятие конструктивных решений и практических рекомендаций.

По результатам совещаний издаются монографии, содержащие заслушанные доклады. Среди монографий: «Географические аспекты проблемы перехода к устойчивому развитию стран Содружества Независимых Государств» (Киев; Москва, 1999. – 199 с); «Глобальные и региональные изменения климата и их

природные и социально-экономические последствия» (Москва: ГЕОС, 2000. – 262 с); «Страны и регионы на пути к сбалансированному развитию» (Киев, 2003. – 194 с); «Инновационные и интеграционные процессы в регионах и странах СНГ» (Москва: Медиа-Пресс, 2011. – 215 с.)

В конце 2009 г. решением Объединенного совета в рамках его деятельности учрежден Совет молодых ученых, целью которого является содействие подготовке кадров для академической и университетской науки, а также приобщение научной молодежи к решению проблем в сфере фундаментальных географических исследований и проблем географического образования. Заседания Совета молодых ученых проводятся ежегодно во время сессий Объединенного совета.

Совет Международной ассоциации академий наук (МААН) постановляет:

1. Одобрить деятельность Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при МААН.

2. Отметить, что благодаря деятельности Объединенного совета географическое сообщество стран СНГ имеет возможность всестороннего научного общения, разработки совместных проектов и подготовки совместных публикаций; за прошедшие годы сформировался уникальный международный коллектив исследователей, способный решать сложные проблемы развития географической науки.

3. Утвердить обновленный состав Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при МААН (прилагается).

4. Просить академии наук и организации, входящие в МААН, оказывать необходимое содействие в обеспечении деятельности Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при МААН.

Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины

Б. Е. Патон

Приложение
к постановлению Совета МААН
от 7 июня 2012 № 227

СОСТАВ

Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при МААН

БЮРО СОВЕТА:

1. Котляков В. М. – директор Института географии РАН, академик РАН, председатель Совета

2. Руденко Л. Г. – директор Института географии НАН Украины, академик НАН Украины, заместитель председателя Совета

3. Бакланов П. Я. – директор Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения РАН, академик РАН

4. Логинов В. Ф. – Институт природопользования НАН Беларуси, академик НАН Беларуси

5. Глезер О. Б. – Институт географии РАН, к. г. н., учёный секретарь Совета

ЧЛЕНЫ СОВЕТА:

1. Бабаев А. Г. – Национальный институт пустынь Министерства природы Туркменистана, академик АН Туркменистана

3. Багров Н. В. – ректор Таврического государственного университета им. В. И. Вернадского, академик НАН Украины

4. Баденков Ю. П. – Институт географии РАН, к. г.-м. н.

5. Будагов Б. А. – директор Института географии НАН Азербайджана, академик НАН Азербайджана

6. Бармин А. Н. – Астраханский государственный университет, географический факультет, д. г. н., профессор

7. Васильев О. Ф. – директор филиала Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, академик РАН

8. Винокуров Ю. И. – директор Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, д. г. н.

9. Воронов Б. А. – директор Института водных и экологических проблем Дальневосточного отделения РАН, член-корреспондент РАН

10. Данилов-Данильян В. И. – директор Института водных проблем РАН, член-корреспондент РАН

11. Добролюбов С. А. – Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, географический факультет, член-корреспондент РАН

12. Касимов Н. С. – декан географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, академик РАН

13. Лисовский С. А. – Институт географии НАН Украины, д. г. н.

14. Закрутқин В. Е. – директор Института геоэкологии и прогнозирования чрезвычайных ситуаций Южного федерального университета, д. г.-м. н., профессор

15. Мамедов Р. М. – Институт географии НАН Азербайджана, член-корреспондент НАН Азербайджана

16. Маруняк Е. А. – председатель Совета молодых ученых Института географии НАН Украины, к. г. н.

17. Матишов Д. Г. – директор Института аридных зон Южного научного центра РАН, член-корреспондент РАН

18. Медеу А. Р. – ТОО «Институт географии» (Республика Казахстан), д. г. н.

19. Мухаббатов Х. М. – Институт геологии АН Таджикистана, д. г. н.

20. Палиенко В. П. – Институт географии НАН Украины, д. г. н., профессор

21. Петин А. Н. – декан геолого-географического факультета Белгородского государственного университета, д. г. н., профессор

22. Плюснин В. М. – директор Института географии им. В. Б. Сочавы Сибирского отделения РАН, д. г. н., профессор
23. Разумовский В. М. – вице-президент Российского географического общества, д. г. н., профессор
24. Сагателян А. К. – Центр эколого-ноосферных исследований НАН Армении, д. г. н., профессор
25. Снытко В. А. – Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, член-корреспондент РАН
26. Тишков А. А. – Институт географии РАН, д. г. н., профессор
27. Трейвиш А. И. – Институт географии РАН, д. г. н.
28. Тулохонов А. К. – директор Байкальского института природопользования Сибирского отделения РАН, член-корреспондент РАН
29. Хомич В. С. – Институт природопользования НАН Беларуси, д. г. н.
30. Чибилёв А. А. – директор Института степи Уральского отделения РАН, член-корреспондент РАН
31. Чистяков К. В. – Санкт-Петербургский государственный университет, факультет географии и геоэкологии, д. г. н., профессор
32. Шмакин А. Б. – Институт географии РАН, член-корреспондент РАН

Совет Международной ассоциации академий наук**ПОСТАНОВЛЕНИЕ**

7 июня 2012 г.

№ 228

г. Москва

О деятельности Совета директоров научных библиотек и информационных центров академий наук – членов МААН

В числе главных задач своей деятельности МААН поставила содействие межакадемическому научному сотрудничеству и свободному обмену информацией между учеными академий наук и организаций, входящих в Ассоциацию.

Усилиями МААН сохранен традиционный книгообмен между академическими библиотеками, развивается сотрудничество в деле обмена электронной информацией, оцифровки научного наследия, создания межбиблиотечных баз данных, исследований эффективности информационного обеспечения ученых и специалистов. Предприняты инициативы относительно улучшения финансовой, правовой, организационной поддержки межакадемического информационного сотрудничества, активизации издания и распространения научной книги на пространстве СНГ.

Академические библиотеки вошли в состав Мировой, Европейской цифровых библиотек, электронной библиотеки «Золотая коллекция Евразии». Библиотеки академии наук – членов МААН приняли активное участие в реализации проекта Межгосударственного фонда гуманитарного сотрудничества государств СНГ, в рамках которого были открыты 46 виртуальных читальных залов электронной библиотеки диссертаций Российской государственной библиотеки.

Совет директоров научных библиотек и информационных центров академий наук – членов МААН особое внимание уделяет обобщению и распространению опыта информационного обеспечения науки, повышению роли академических библиотек в этом деле. Советом ежегодно издается научно-практический и теоретический сборник «Библиотеки национальных академий наук: проблемы функционирования, тенденции развития». Национальная библиотека Украины им. В. И. Вернадского посвящает спецвыпуски своего журнала «Библиотечный вестник» библиотечной жизни в конкретных странах СНГ.

Систематически проводятся международные конференции научных библиотек, на которых обсуждаются проблемы разработки новой стратегии информа-

ционного сотрудничества, создания интегрированных библиотечно-информационных ресурсов, в частности, сетевых, внедрения библиотечной инноватики в информационное обеспечение научных исследований. Вместе с тем кризисные явления в экономике привели к снижению финансирования комплектования академических библиотек печатными и электронными информационными ресурсами, отставанию библиотек в обновлении технической и технологической базы, необходимой для полномасштабной работы в сетях, в подготовке библиотечных кадров, способных внедрять библиотечную инноватику, в частности, и для высокоэффективного информационного обеспечения научных исследований.

Все это требует повышенного внимания академических кругов к накоплению в библиотеках и информационных центрах новейших знаниевых ресурсов, информационному сопровождению реализации научных программ, дальнейшему развитию межакадемического информационного сотрудничества.

Совет Международной ассоциации академий наук постановляет:

1. Утвердить обновленный состав Совета директоров научных библиотек и информационных центров академий наук и организаций – членов МААН (прилагается).

2. Просить президиумы академий наук – членов МААН:

- увеличить финансирование межакадемического информационного обмена;
- ориентировать академические библиотеки и информационные центры на усиление обмена электронной информацией;
- планомерно пополнять академические библиотеки и информационные центры специалистами, владеющими современными информационно-коммуникационными технологиями.

3. От имени Совета МААН обратиться с просьбой к Исполнительному комитету СНГ рассмотреть вопрос об установлении льгот для международного книгообмена.

4. Рекомендовать научным библиотекам и информационным центрам академий наук и организаций, входящих в Ассоциацию:

- разработать и осуществить планы мероприятий по совершенствованию обмена печатной и электронной продукцией как важнейшим средством поддержки межакадемического информационного сотрудничества;
- создать эффективную систему электронной доставки документов по межбиблиотечному и международному абонементам;
- организовать между библиотеками систематический обмен данными по вопросам подготовки и издания новой научной литературы в странах СНГ;
- осуществлять постоянный обмен библиографическими, биографическими и тематическими справками по вопросам развития науки и науковедения, поддерживать инициативу Национальной библиотеки Украины им. В. И. Вернадского сформировать на ее базе электронный архив упомянутых справок, выполненных научными библиотеками и информационными центрами академий и организаций, входящих в МААН;

- внедрять в библиотечную практику опыт гармонического использования традиционных и электронных ресурсов;
- содействовать адекватному представлению в «Википедии» и блогосфере академий наук и ученых;
- совместными усилиями формировать на практике образ библиотеки XXI века как научно-информационного центра.

5. Совету директоров научных библиотек и информационных центров академий наук и организаций, входящих в МААН, обобщить опыт и подготовить очередной выпуск научно-практического и теоретического сборника «Библиотеки национальных академий наук: проблемы функционирования, тенденции развития», посвященный вопросам развития межакадемического информационного сотрудничества; ежегодно готовить аналитические доклады Совету МААН о состоянии информационного сотрудничества в Ассоциации.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Приложение
к постановлению Совета МААН
от 7 июня 2012 г. № 228

**СОВЕТ ДИРЕКТОРОВ
научных библиотек и информационных центров
академий наук и организаций – членов МААН**

1. Алиева-Кенгерли Айбениз Ибрагим кызы – директор Центральной научной библиотеки НАН Азербайджана, доктор филологических наук.
2. Арский Юрий Михайлович – директор ВИНТИ, академик РАН.
3. Аслитдинова Алла Аманулловна – директор Центральной научной библиотеки им. И. Ганди АН Республики Таджикистан, кандидат философских наук.
4. Бербиева Зухра Шукуровна – директор Фундаментальной библиотеки АН Республики Узбекистан.
5. Березкина Наталия Юрьевна – директор Центральной научной библиотеки им. Я. Коласа НАН Беларуси, кандидат исторических наук.
6. Васильев Владимир Иванович – председатель Совета по книгоизданию при МААН, генеральный директор НПО «Издательство «Наука» РАН, директор Научного центра исследований истории книжной культуры РАН, член-корреспондент РАН.
7. Гарибашвили Ираклий Дэвиевич – директор Национальной научной библиотеки Грузии.

8. Елепов Борис Степанович – директор Государственной публичной научно-технической библиотеки Сибирского отделения Российской академии наук, доктор технических наук, профессор.

9. Ибраимова Ширин Джапаровна – директор Центральной научной библиотеки НАН Киргизской Республики.

10. Иванов Владимир Викторович – начальник Научно-организационного управления РАН, сопредседатель Совета по науковедению при МААН, доктор экономических наук.

11. Каймакбаева Карлыгаш Ескендировна – директор Центральной научной библиотеки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

12. Каленов Николай Евгеньевич – директор Библиотеки по естественным наукам Российской академии наук (БЕН РАН), доктор технических наук.

13. Леонов Валерий Павлович – директор Библиотеки Российской академии наук (БАН), доктор педагогических наук, профессор (заместитель председателя Совета директоров).

14. Малицкий Борис Антонович – директор Центра исследований научно-технического потенциала и истории науки им. Г. М. Доброва НАН Украины, сопредседатель Совета по науковедению при МААН, доктор экономических наук.

15. Минасян Карапет Оганесович – директор Фундаментальной научной библиотеки НАН Республики Армения

16. Онищенко Алексей Семенович – генеральный директор Национальной библиотеки Украины им. В. И. Вернадского, академик НАН Украины (председатель Совета директоров).

17. Петров Вячеслав Васильевич – директор Института проблем регистрации информации НАН Украины, академик НАН Украины.

18. Пивоваров Юрий Сергеевич – директор ИНИОН РАН, академик РАН.

19. Романюк Мирослав Николаевич – директор Львовской национальной научной библиотеки им. В. Стефаника, член-корреспондент НАН Украины.

20. Семенов Евгений Васильевич – директор Российского научно-исследовательского института экономики, политики и права в научно-технической сфере, сопредседатель Совета по науковедению при МААН, доктор философских наук.

21. Солоиденко Галина Ивановна – ведущий научный сотрудник Национальной библиотеки Украины им. В. И. Вернадского, ученый секретарь Совета директоров.

22. Хангану Аурелия – директор Центральной научной библиотеки «Андрей Лупан» АН Молдовы, доктор филологических наук.

23. Язбердыев Алмаз Бердыевич – директор Библиотеки при Академии наук Туркменистана, доктор исторических наук, профессор.

Совет Международной ассоциации академий наук**ПОСТАНОВЛЕНИЕ**

7 июня 2012 г.

№ 229

г. Москва

О деятельности Совета
по книгоизданию при МААН

Совет МААН отмечает активную и плодотворную работу Совета по книгоизданию при МААН (СКИ) за период с 2006 по 2011 г., который ежегодно организует и успешно проводит целый ряд полезных и эффективных международных научно-практических мероприятий, уже традиционно имеющих положительные отзывы академического сообщества СНГ и соответствующий резонанс на сайте МААН и в СМИ.

V Сессия Совета по книгоизданию при МААН (председатель – член-корреспондент РАН В. И. Васильев), в рамках которой проходила Международная научная конференция «Историко-культурное взаимодействие на пространстве СНГ в контексте развития книгоиздания, книгообмена и науки о книге», состоялась на базе Национальной академии наук Украины в г. Киеве 4–6 октября 2011 г. при финансовой поддержке Межгосударственного фонда гуманитарного сотрудничества государств – участников СНГ. В ходе Сессии были подведены итоги первого Международного конкурса на соискание премии МААН им. Д. С. Лихачева за лучшие научные работы, внесшие крупный вклад в национальную культуру, науку о книге, изучение истории, теории и современных проблем книжной культуры, а также Международного конкурса на лучший научно-издательский проект «Научная книга» – 2011.

Совет МААН приветствует инициативу АН Молдовы и одобряет ее решение о проведении 3–5 октября с. г. в г. Кишиневе VI Сессии СКИ и приуроченной к ней Международной научной конференции «Научное книгоиздание и проблемы книжной культуры на пространстве СНГ. К 285-летию Первой академической типографии в Санкт-Петербурге и 85-летию Центральной научной библиотеки АН Молдовы».

Совет МААН, с благодарностью и уверенностью в дальнейшем поступательном развитии плодотворных рабочих связей с Международным фондом гуманитарного сотрудничества государств – участников СНГ, высоко оценивает и отмечает практическую значимость его поддержки мероприятий СКИ, проведенных в 2011 г. и запланированных на 2012 г.

В целом за первые пять лет своей деятельности Совет по книгоизданию при МААН обеспечил подготовку, организацию и проведение одиннадцати международных конференций и форумов, пяти сессий Совета, пяти тематических круглых столов с международным участием, около двадцати выставок литературы и двух международных конкурсов.

Специалисты Совета на постоянной основе привлекаются к участию в работе Межгосударственного совета СНГ по сотрудничеству в области периодической печати, книгоиздания, книгораспространения и полиграфии, в заседаниях целевых экспертных групп, создаваемых Исполкомом СНГ, в работе международных Форумов творческой и научной интеллигенции государств – участников СНГ.

СКИ издает международный научно-практический журнал «Научная книга», Бюллетень Совета, Сводный каталог периодических изданий, выпускаемых академиями наук – членами МААН, публикует сборники материалов международных научных конференций и форумов, монографии и тематические сборники.

Совет Международной ассоциации академий наук постановляет:

1. Одобрить результаты работы Совета по книгоизданию при МААН за период с 2006 по 2011 г.
2. Приветствовать инициативу национальных академий наук по проведению ежегодных мероприятий СКИ на их базе.
3. Способствовать дальнейшему развитию плодотворных рабочих связей с Межгосударственным фондом гуманитарного сотрудничества государств – участников СНГ в интересах формирования единого информационного пространства стран Содружества.
4. Просить академии наук и организации, входящие в МААН, обеспечить участие своих представителей в мероприятиях Совета по книгоизданию при МААН, запланированных на 2012 год.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Совет Международной ассоциации академий наук**ПОСТАНОВЛЕНИЕ**

7 июня 2012 г.

№ 230

г. Москва

О создании Научного совета
по проблемам функциональных материалов
электронной техники

Постановлением Совета МААН от 25 октября 2007 г. № 179 в Научном совете по новым материалам МААН была создана Секция по проблемам функциональных материалов электронной техники, в состав которой вошли ученые и специалисты Азербайджана, Армении, Беларуси, Грузии, Кыргызстана, Молдовы, России, Таджикистана, Узбекистана и Украины. Соруководителями Секции стали академики РАН Ю. В. Гуляев и Ф. А. Кузнецов и академики НАН Украины В. Ф. Мачулин и В. П. Семиноженко.

За прошедший период Секция себя положительно зарекомендовала в качестве деятельного активного научно-организационного органа. Начиная с 2008 г. проводятся ежегодные собрания Секции, которые состоялись в Москве (2008 и 2010 гг.), Харькове (2009 г.) и в Киеве (2011 г.). Существенную помощь в их проведении оказали РАН и НАН Украины.

Во время собраний членов Секции проводились научные сессии, на которых заслушивались научные доклады и сообщения о состоянии работ по материалам для электронной техники и возможных формах совместных работ фундаментального и прикладного характера.

Участники собраний посетили ряд ведущих предприятий электронной промышленности, среди которых ОАО НИИМЭ и завод «Микрон» (Россия, Зеленоград), выступили с лекциями перед студентами ряда российских и украинских университетов.

С целью повышения статуса научно-организационного органа по проблемам функциональных материалов электронной техники, эффективного содействия развитию его деятельности, принимая во внимание успешную работу и приобретенный Секцией опыт и имеющуюся поддержку Научного совета по новым материалам МААН, Совет Международной ассоциации академий наук постановляет:

1. Создать на базе Секции по проблемам функциональных материалов электронной техники Научного совета по новым материалам при МААН Научный

совет по проблемам функциональных материалов электронной техники при МААН (далее – Научный совет).

2. Назначить академика РАН Ю. В. Гуляева, академика РАН Ф. А. Кузнецова, академика НАН Украины В. Ф. Мачулина, академика НАН Украины В. П. Семиноженко сопредседателями Научного совета.

3. Руководству Научного совета подготовить персональный его состав, Положение о Научном совете по проблемам функциональных материалов электронной техники при МААН для их утверждения на очередном заседании Совета МААН.

4. Просить Национальную академию наук Украины и Российскую академию наук оказывать содействие организационно-технической деятельности Научного совета.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Совет Международной ассоциации академий наук**ПОСТАНОВЛЕНИЕ**

7 июня 2012 г.

№ 231

г. Москва

О Международной программе
«Астрономия в Приэльбрусье. 2010–2014 гг.»

Во исполнение постановления Совета МААН от 23 сентября 2009 г. № 200 «О международном научном сотрудничестве с использованием астрономических комплексов обсерватории на пике Терскол» Российской академией наук и Национальной академией наук Украины с учетом пожеланий и предложений заинтересованных членов МААН была сформирована Международная программа «Астрономия в Приэльбрусье. 2010–2014 гг.», утвержденная президентами упомянутых академий и выполняемая под эгидой МААН*. Программа включает 42 проекта фундаментальных, прикладных и поисковых исследований в области астрофизики. В рамках этой программы сотрудничают 38 научных учреждений, в том числе 14 астрономических институтов академий наук – членов МААН, 9 университетов Евразийской ассоциации университетов (ЕАУ), 8 университетов стран дальнего зарубежья и ряд других астрономических организаций. В соответствии с Решением совместного заседания Совета МААН и Совета ЕАУ от 22 октября 2011 г. (г. Киев) проводится работа по расширению участия университетов ЕАУ в реализации этой международной программы.

Эффективность исследований по программе обеспечивает современный украинско-российский астрономический комплекс на базе телескопа Zeiss-2000, установленного в уникальных условиях высокогорья в обсерватории на пике Терскол (высота 3150 м).

В настоящее время получены первые важные результаты по ряду направлений исследований, в том числе по кинематике и физике тел Солнечной системы и других планетных систем; по физике звезд, межзвездной среды и внегалактических объектов; по разработке новых методов и средств астрономических наблюдений и их информационного обеспечения.

Совет Международной ассоциации академий наук поставляет:

1. Одобрить работу, проведенную РАН и НАН Украины по формированию Международной программы «Астрономия в Приэльбрусье. 2010–2014 гг.» и ход ее выполнения.

* С программой можно ознакомиться на сайте МААН (www.iaas.nas.gov.ua) в разделе «Деятельность».

2. Просить академии наук и заинтересованные организации, входящие в МААН, оказывать необходимую поддержку исполнителям проектов международной программы.

3. Считать целесообразным заслушать на очередном заседании Совета МААН информацию об уникальных научных комплексах, расположенных в высокогорных районах Приэльбрусья, и о перспективах создания на их базе Международного научно-исследовательского центра астрономических и медико-биологических исследований путем подписания российско-украинского межправительственного соглашения.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Совет Международной ассоциации академий наук**ПОСТАНОВЛЕНИЕ**

7 июня 2012 г.

№ 232

г. Москва**О запросе МААН в ЮНЕСКО**

В начале 2012 г. МААН был направлен в ЮНЕСКО запрос по программе участия государств – членов ЮНЕСКО на 2012–2013 гг. на проведение в октябре 2013 г. в Киеве международного симпозиума «Отношение общества и государства к науке в условиях современных экономических кризисов: тенденции, модели, поиск путей улучшения взаимопонимания и взаимодействия». Основной целью симпозиума является анализ ситуации, обобщения опыта использования науки в качестве важнейшего антикризисного средства и разработка рекомендаций для преодоления экономических кризисов на международном, региональном и национальном уровне.

Упомянутый запрос МААН был поддержан национальными комиссиями по делам ЮНЕСКО Азербайджана, Грузии, Таджикистана и Украины.

Совет Международной ассоциации академий наук постановляет:

1. Отметить активное участие академий наук Азербайджана, Грузии, Таджикистана и Украины в обеспечении получения поддержек запроса МААН в ЮНЕСКО на проведение международного симпозиума от национальных комиссий по делам ЮНЕСКО своих стран.

2. Просить академии наук принять необходимые меры по оказанию поддержки запросу МААН на проведение международного симпозиума «Отношение общества и государства к науке в условиях современных экономических кризисов: тенденции, модели, поиск путей улучшения взаимопонимания и взаимодействия» во время рассмотрения запроса в ЮНЕСКО.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Совет Международной ассоциации академий наук

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

7 июня 2012 г.

№ 233

г. Москва

О двадцатилетии МААН

23 сентября 2013 г. исполняется 20 лет как в Киеве состоялось учредительное собрание Международной ассоциации академий наук (МААН), на котором полномочными представителями 15 академий наук Европы и Азии были подписаны документы о создании МААН – международной неправительственной самоуправляемой организации, объединившей усилия академий наук – ее учредителей в решении на многосторонней основе важнейших научных проблем, в сохранении исторически сложившихся и развитии новых творческих связей между учеными.

За прошедший период Ассоциация получила заслуженное признание по линии ЮНЕСКО, в рамках СНГ и за ее пределами и представляет собой неординарный полезный механизм международного научного сотрудничества, созданный сообща академиями наук и организациями, входящими в МААН.

Совет Международной ассоциации академий наук (МААН) постановляет:

1. Считать целесообразным провести в 2013 г. в Киеве в согласованный срок заседание Совета МААН, посвященное 20-летию Ассоциации.
2. Утвердить перечень мероприятий по подготовке празднования 20-летия МААН (прилагается).
3. Просить академии наук и организации, входящие в МААН, предусмотреть в своих планах на 2013 г. реализацию мероприятий, посвященных 20-летию создания Ассоциации, в том числе приведенных в приложении.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Приложение
к постановлению Совета МААН
от 7 июня 2012 г. № 233

Перечень мероприятий по подготовке празднования 20-летия МААН

1. Освещение результатов двадцатилетней деятельности МААН в средствах массовой информации, размещение соответствующих материалов на Web-сайтах академий наук и ассоциированных членов. Публикация информации по данному вопросу в журналах академий наук и организаций, входящих в МААН.
2. Организация книжно-информационных выставок, посвященных 20-летию МААН и отражающих состояние сотрудничества ученых стран СНГ и роль МААН в развитии научных связей между ними.
3. Проведение в Киеве крупного представительного международного научного симпозиума, посвященного юбилею МААН.
4. Подготовка и опубликование к 20-летию МААН информационных изданий об Ассоциации.
5. Организация во время проведения юбилейного заседания Совета МААН фотовыставки, посвященной 20-летию Ассоциации.
6. Изготовление в связи с юбилеем МААН памятных значков или медалей.
7. Подготовка предложений о награждении медалью МААН «За содействие развитию науки».
8. Подготовка Меморандума МААН в связи с двадцатилетием ее деятельности и доведение его до широких слоев научной общественности.
9. Организация приветствий руководителей стран СНГ и международных организаций в адрес Совета МААН в связи с 20-летием Ассоциации.

Совет Международной ассоциации академий наук

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

7 июня 2012 г.

№ 234

г. Москва

О награждении медалью МААН
«За содействие развитию науки»

Совет Международной ассоциации академий наук (МААН) постановляет наградить серебряной медалью Международной ассоциации академий наук «За содействие развитию науки» за большой вклад в развитие международного научного сотрудничества:

В. И. Васильева – председателя Научного совета по книгоизданию при МААН, советника президента Российской академии наук по издательской деятельности, генерального директора Академического научно-издательского, производственно-полиграфического и книгораспространительного центра РАН «Издательство «Наука», члена-корреспондента РАН.

А. С. Онищенко – председателя Совета директоров научных библиотек и информационных центров национальных академий наук при МААН, академика-секретаря Отделения истории, философии и права НАН Украины, генерального директора Национальной библиотеки Украины им. В. И. Вернадского, академика НАН Украины.

**Президент Международной
ассоциации академий наук
академик НАН Украины**

Б. Е. Патон

Совет Международной ассоциации академий наук**ПОСТАНОВЛЕНИЕ**

7 июня 2012 г.

№ 235

г. Москва

О создании Совета ботанических садов стран СНГ при МААН

В пятидесятые годы XX ст. постановлением Президиума АН СССР был создан Совет ботанических садов СССР. Инициатором его создания был академик Н. В. Цицин. Совет плодотворно работал на протяжении многих десятилетий.

С целью развития сотрудничества ученых в области интродукции и акклиматизации растений, сохранения биологического разнообразия, создания и реконструкции ботанических садов и парков, проведения просветительской работы среди населения и привлечения общественности к природоохранной деятельности, других флористических направлений и учитывая предложение Российской академии наук и Национальной академии наук Украины о создании Совета ботанических садов стран СНГ при МААН Совет Международной ассоциации академий наук постановляет:

1. Создать при Международной ассоциации академий наук Совет ботанических садов стран СНГ (далее – Совет).
2. Назначить председателем Совета ботанических садов стран СНГ при МААН д. б. н. Демидова Александра Сергеевича – директора Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН.
3. Просить академии наук и организации, входящие в МААН, делегировать своих представителей в состав Совета.
4. Председателю Совета подготовить предложения по персональному его составу и проект Положения о Совете ботанических садов стран СНГ для их утверждения на очередном заседании Совета МААН.
5. Просить Российскую академию наук и Национальную академию наук Украины оказывать организационно-техническое содействие деятельности Совета.

Президент Международной ассоциации академий наук академик НАН Украины

Б. Е. Патон

ВЕСТНИК ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, № 3, 2012

на русском и белорусском языках

Редактор Т. П. Петрович

Компьютерная верстка О. Л. Смольская

Подписано в печать 14.09.2012. Выход в свет 25.09.2012. Формат 70 × 100¹/₁₆. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,6. Уч.-изд. л. 7,8. Тираж 132 экз. Заказ 202.

Цена номера: индивидуальная подписка – 24 600 руб.; ведомственная подписка – 24 730 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.

Национальная академия наук Беларуси