

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

Издается с III квартала 1997 г.



№ 4 [62], 2012

**ВЕСТНИК
ФОНДА
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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»

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

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

Пагадненне аб супрацоўніцтве паміж Нацыянальнай акадэміяй навук Беларусі, Беларускаім рэспубліканскім фондам фундаментальных даследаванняў і Фондам развіцця навукі пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі	5
Дадатак «Абарона і выкарыстанне правоў інтэлектуальнай уласнасці» да Пагаднення аб супрацоўніцтве паміж Нацыянальнай акадэміяй навук Беларусі, Беларускаім рэспубліканскім фондам фундаментальных даследаванняў і Фондам развіцця навукі пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі	8
Соглашение о сотрудничестве по отражению научных изданий Республики Беларусь в базе данных «Российский индекс научного цитирования»	13
Протокол договоренности о планируемой тематике, сроках проведения и объемах финансирования в 2013–2015 гг. совместного тематического конкурса исследовательских проектов «БРФФИ–ОИЯИ-2013» на основании Меморандума о взаимодействии между Объединенным институтом ядерных исследований и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований	15
Протокол по результатам переговоров Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Вьетнамской академии наук и технологий.....	16
Протокол 9-го заседания Совместной комиссии НЦНИ и НАН Беларуси.....	17

КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Условия совместного тематического конкурса фундаментальных и прикладных научных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Витебского областного исполнительного комитета «БРФФИ–Витебск-2013».....	19
--	----

ИТОГИ КОНКУРСОВ

Конкурс совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Национального исследовательского фонда Кореи «БРФФИ–НИФК-2013».....	25
Конкурс совместных научных проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Вьетнамской академии наук и технологий «БРФФИ–ВАНТ-2013»	27

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Дымонт В. П., Круплевич В. Ч., Митюк В. И., Ткаченко Т. М. Получение и исследование свойств твердых растворов антимоноид марганца с кремнием и алюминием	29
Быков Р. П., Докторов В. В., Кузнечик О. О., Пилиневич Л. П., Клименко В. Н., Косторнов А. Г. Моделирование электропроводности пористых волоконных материалов	33
Домаш В. И., Соколик А. И., Кабанова Н. В., Шарпио Т. П., Забрейко С. А., Шабашова Т. Г. Влияние стресса на изменение физиолого-биохимических показателей и состояние ион-транспортных систем плазматической мембраны растительных клеток	40
Хомич С. А., Аношко Я. И., Данильченко А. О., Дикарева Ю. И. Геоэкологические принципы туристско-рекреационного использования обводненных карьеров Беларуси	50
Сидорович А. А., Орлов И. А. Влияние кормовых условий на рост и развитие молодых особей лисицы обыкновенной (<i>Vulpes vulpes</i> L.) в центральной Беларуси	60
Максименко С. А. Исследование взаимодействия терагерцового электромагнитного излучения с материалами на основе углеродных нанотрубок	71
Перечень материалов, опубликованных в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» в 2012 г.	81

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

Issued since the 3rd quarter of 1997



N 4 [62], 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

INTERNATIONAL RELATIONS

The Agreement on Cooperation between the National Academy of Sciences of Belarus, Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research and the Science Development Fund under the President of the Republic of Azerbaijan.....	5
Supplementary Contract «Protection and use of intellectual property rights» to the Agreement on Cooperation between the National Academy of Sciences of Belarus, Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research and the Science Development Fund under the President of the Republic of Azerbaijan.....	8
The Agreement on Cooperation on scientific publications reflection of the Republic of Belarus in the database «Russian Science Citation Index».....	13
The Protocol of agreement on the proposed topics, terms and level of funds of 2013–2015 years for joint thematic competition of fundamental scientific projects «BRFFR–JINR-2013» of the Memorandum of cooperation between the Joint Institute for Nuclear Research and the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research.....	15
The Protocol on the results of negotiations of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research and the Vietnamese Academy of Science and Technology.....	16
Minutes of the 9th CNRS–NASB Joint Commission Proceeding.....	17

BRFFR COMPETITIONS: NORMATIVE BASE

Joint thematic competition «BRFFR–Vitebsk-2013» of fundamental and applied research of the BRFFR and the Vitebsk Oblast Executive Committee.....	19
--	----

COMPETITIONS RESULTS

Joint scientific projects competition «BRFFR–NFR of Korea-2013» of the BRFFR and the National Research Foundation of the Republic of Korea.....	25
Joint scientific projects competition «BRFFR–VAST-2013» of the BRFFR and the Vietnamese Academy of Science and Technology.....	27

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Dymont V. P., Kruplevich V. Ch., Mitsiuk V. I., Tkachenka T. M. Preparation and study of the solid solutions of manganese antimonide with silicon and aluminum.....	29
Bykau R. P., Doktarau V. V., Kuznechik O. O., Pilinevich L. P., Klimenko V. N., Kostornov A. G. Modelling of electroconductivity of fiber porous materials.....	33
Domash V. I., Sokolik A. I., Kabanova N. V., Sharpio T. P., Sabreiko S. A., Shabashova T. G. Influence of stress condition on the changes in physiological and biochemical parameters and the state of ion-transport systems of the plasma membrane of plant cells.....	40
Khomitch S. A., Anochko Ya. I., Daniltchenko A. O., Dikareva Yu. I. The geo-ecological principles of tourist and recreational development of quarry ponds Belarus.....	50
Sidorovich A. A., Orlov I. A. Impact of food supply on growth and development of juvenile red foxes (<i>Vulpes vulpes</i> L.) in central Belarus.....	60
Maksimenco S. A. Interaction of terahertz electromagnetic radiation with carbon nanotube materials.....	71
A list of materials published in the journal «Vestnik of the Foundation for Fundamental Research» in 2012.....	81

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

ПАГАДНЕННЕ

аб супрацоўніцтве паміж Нацыянальнай акадэміяй навук Беларусі, Беларускім рэспубліканскім фондам фундаментальных даследаванняў і Фондам развіцця навукі пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі

Нацыянальная акадэмія навук Беларусі, Беларускі рэспубліканскі фонд фундаментальных даследаванняў, з аднаго боку, і Фонд развіцця навукі пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі, з другога боку, далей – Бакі, кіруючыся ўзаемным жаданнем умацоўваць адносіны і развіваць традыцыйныя сяброўскія сувязі паміж народамі дзвюх дзяржаў, зыходзячы з інтарэсаў развіцця навукі ў Рэспубліцы Беларусь і Азербайджанскай Рэспубліцы, у адпаведнасці з Пагадненнем паміж Урадам Рэспублікі Беларусь і Урадам Азербайджанскай Рэспублікі аб супрацоўніцтве ў галіне навукі і тэхналогій ад 03 чэрвеня 2010 года, з улікам узаемнай зацікаўленасці Бакоў у рэалізацыі сумесных навуковых і навукова-тэхнічных праграм і праектаў, заключылі гэтае пагадненне (далей – Пагадненне) аб наступным:

Артыкул 1

1.1. Прадметам гэтага Пагаднення з'яўляецца садзейнічанне развіццю супрацоўніцтва паміж навуковымі калектывамі і даследчыкамі Рэспублікі Беларусь і Азербайджанскай Рэспублікі з мэтай падтрымкі сумесных навуковых даследаванняў у галінах, якія ўяўляюць цікавасць для абодвух Бакоў.

Артыкул 2

2.1. У рамках Пагаднення Бакамі ажыццяўляецца супрацоўніцтва ў форме правядзення сумесных грантавых конкурсаў з фінансаваннем:

навукова-даследчых праектаў, якія выконваюцца сумесна калектывамі беларускіх і азербайджанскіх вучоных;

праектаў па арганізацыі сумесных беларуска-азербайджанскіх і азербайджанска-беларускіх навуковых мерапрыемстваў (з'ездаў, канферэнцый, семінараў і г. д.), якія праводзяцца адпаведна на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь і Азербайджанскай Рэспублікі.

Навуковыя напрамкі, па якіх праводзяцца конкурсы, палажэнні аб сумесных конкурсах, тэрміны і ўмовы правядзення, а таксама аб'ёмы і парадак фінансавання вызначаюцца дадатковымі дагаворамі або пратаколамі да гэтага Пагаднення.

2.2. Па ўзгадненні Бакоў могуць быць выкарыстаны і іншыя формы навуковага супрацоўніцтва.

2.3. Кожны Бок мае права аказваць падтрымку навуковага супрацоўніцтва паміж вучонымі Рэспублікі Беларусь і Азербайджанскай Рэспублікі ў аднабаковым парадку.

Артыкул 3

3.1. Бакі садзейнічаюць адзін аднаму ў абмене навуковай інфармацыяй, навуковымі матэрыяламі і літаратурай, у тым ліку выдадзенай пры падтрымцы кожнага з Бакоў, пры гэтым іх узаемная перадача будзе праводзіцца ў адпаведнасці з дзеючым у кожнай краіне заканадаўствам.

Артыкул 4

4.1. Бакі садзейнічаюць адзін аднаму ў правядзенні экспертызы навуковых праектаў і прыцягненні вядучых беларускіх і азербайджанскіх вучоных у якасці незалежных экспертаў.

Артыкул 5

5.1. Інфармацыя і вынікі навуковых даследаванняў, атрыманыя ў ходзе ажыццяўлення канкрэтнай дзейнасці ў адпаведнасці з гэтым Пагадненнем, распаўсюджваецца ў сусветнай навуковай супольнасці праз звычайныя інфармацыйныя каналы ў адпаведнасці з прынятымі працэдурамі.

5.2. Абарона правоў інтэлектуальнай уласнасці рэалізуецца палажэннямі, вызначанымі ў Дадатку, які з'яўляецца неад'емнай часткай дадзенага Пагаднення.

Артыкул 6

6.1. Бакі публікуюць інфармацыю, звязаную з выкананнем гэтага Пагаднення, у сваіх перыядычных выданнях і на інтэрнэт-старонках.

Артыкул 7

7.1. Сумесная дзейнасць па гэтым Пагадненні ажыццяўляецца згодна з адпаведнымі міжнароднымі абавязацельствамі і нацыянальнымі заканадаўствамі кожнага з Бакоў.

7.2. Пытанні, звязаныя з рэалізацыяй Пагаднення, вырашаюцца шляхам перапіскі або на сустрэчах прадстаўнікоў Бакоў.

Артыкул 8

8.1. Умовы гэтага Пагаднення могуць быць дапоўнены і зменены па ўзаемнай згодзе з абавязковым складаннем пісьмовага дакумента.

8.2. Дапаўненні або змяненні афармляюцца дадатковымі пратаколамі ў якасці дадатку да дадзенага пагаднення, якія ўступаюць у сілу з дня падпісання.

Артыкул 9

9.1. Тэрмін дзеяння гэтага Пагаднення складае 5 (пяць) гадоў і ўступае ў сілу з моманту яго падпісання.

Калі за шэсць месяцаў да сканчэння тэрміну дзеяння гэтага Пагаднення ніводзін з Бакоў не прапануе ў пісьмовым выглядзе спыніць яго дзеянне, то тэрмін яго дзеяння аўтаматычна працягваецца на наступныя пяць гадоў.

9.2. Бакі пакідаюць за сабой права на датэрміновае скасаванне гэтага Пагаднення. У такім выпадку кожны Бок павінен паведаміць другому Боку за шэсць месяцаў да даты скасавання. Узаемаадносіны Бакоў спыняюцца шляхам складання асобнага пагаднення або акта аб скасаванні.

9.3. Гэтае Пагадненне складзена ў 2 (двух) арыгінальных экзэмплярах на беларускай мове і на азербайджанскай мове.

Артыкул 10

НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ

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

Тэлефон: +375-17-284-18-01

Факс: +375-17-284-28-16

Электронная пошта: nasb@presidium.bas-net.by

Інтэрнэт-старонка: <http://nasb.gov.by>

БЕЛАРУСКІ РЭСПУБЛІКАНСКІ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ДАСЛЕДАВАННЯЎ

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

Тэлефон: +375-17-284-07-42

Факс: +375-17-284-08-97

Электронная пошта: fond@it.org.by

Інтэрнэт-старонка: <http://fond.bas-net.by>

ФОНД РАЗВІЦЦЯ НАВУКІ ПРЫ ПРЭЗІДЭНЦЕ АЗЕРБАЙДЖАНСКАЙ
РЭСПУБЛІКІ

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

Тэлефон: +994-12-563-61-11

Факс: +994-12-561-33-90

Электронная пошта: info@sdf.gov.az

Інтэрнэт-старонка: <http://www.sdf.gov.az>

За Нацыянальную акадэмію
навуک Беларусі

За Фонд развіцця навукі пры Прэзідэнце
Азербайджанскай Рэспублікі

Старшыня Прэзідыума
Нацыянальнай акадэміі навук
Беларусі

А. М. Русецкі

Выканаўчы дырэктар
Фонда развіцця навукі пры Прэзідэнце
Азербайджанскай Рэспублікі

Э. С. Бабаеў

За Беларускі рэспубліканскі
фонд фундаментальных
даследаванняў

Старшыня Навуковага савета –
дырэктар выканаўчай дырэкцыі
В. А. Арловіч

28 верасня 2012 года

ДАДАТАК

**АБАРОНА І ВЫКАРЫСТАННЕ ПРАВОЎ ІНТЭЛЕКТУАЛЬнай
УЛАСНАСЦІ,**

якія датычацца
праектаў сумесных даследаванняў, што ажыццяўляюцца ў рамках Пагаднення
аб супрацоўніцтве паміж Нацыянальнай акадэміяй навук Беларусі
(НАН Беларусі), Беларускім рэспубліканскім фондам фундаментальных
даследаванняў (БРФФД) і Фондам развіцця навукі
пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі (ФРНА)

Прэамбула – Прадмет дадзенага дадатку:

Гэты Дадатак мае на мэце вызначыць у рамках Пагаднення аб супрацоўніцтве,
зключаным НАН Беларусі, БРФФД і ФРНА, на тэрмін дзеяння дадзенага Пагад-
нення, палажэнні, якія прымяняюцца да праектаў сумесных даследаванняў у га-
ліне абароны правоў і выкарыстання правоў інтэлектуальнай уласнасці.

Артыкул 1 – Узаемнае інфармаванне

1.1. НАН Беларусі, БРФФД і ФРНА пастаянна інфармуюць адзін аднаго аб
работах, што праводзяцца, і выніках, атрыманых пры выкананні сумесных
праектаў для ўзгодненага прыняцця рашэнняў, накіраваных на абарону гэтых
вынікаў.

Артыкул 2 – Уласнасць і абарона вынікаў

2.1. Кожны з Бакоў застаецца ўласнікам запатэнтаваных або незапатэнтаваных вынікаў, якія былі атрыманы ім да падпісання гэтага Пагаднення або якія будуць атрыманы ў выніку работ, выкананых за рамкамі гэтага Пагаднення.

2.2. Запатэнтаваныя або незапатэнтаваныя вынікі, уключна з праграмамі і базамі даных, атрыманых у рамках дзейнасці па супрацоўніцтве, прызнаюцца сумеснай уласнасцю НАН Беларусі, БРФФД і ФРНА ў адпаведнасці з укладам кожнага з Бакоў, калі адваротнае не было агаворана спецыяльна.

2.3. Бакі праводзяць кансультацыі адзін з адным з тым, каб прыняць усе неабходныя меры для абароны атрыманых вынікаў, у тым ліку шляхам падачы заяўкі на атрыманне ахоўных дакументаў на аб'екты інтэлектуальнай уласнасці для тых вынікаў, якія могуць быць прадметам такой абароны.

2.4. Па пагадненні Бакоў вызначаецца парадак падачы заяўкі на атрыманне ахоўных дакументаў на аб'екты інтэлектуальнай уласнасці пры безумоўным выкананні законаў, якія дзейнічаюць на тэрыторыі кожнага з Бакоў.

2.5. У выпадку, калі Бакі палічаць мэтазгодным атрымаць пасведчанні аб праве на інтэлектуальную ўласнасць для абароны атрыманых імі вынікаў у іншых краінах, акрамя Рэспублікі Беларусь і Азербайджанскай Рэспублікі, яны прымуць па ўзаемнай згодзе адпаведныя меры.

2.6. Бакі абменьваюцца копіямі матэрыялаў заявак на працягу месяца з дня падачы заявак.

2.7. У любой заяўцы на абарону правоў інтэлектуальнай уласнасці абодва Бакі павінны ўказаць імёны вучоных-вынаходнікаў, якія працавалі ў рамках гэтага Пагаднення над атрыманнем вынікаў, што патрабуюць абароны, пасля кансультацый з устаноўмі, дзе працуюць гэтыя вучоныя-вынаходнікі.

2.8. Кожны з Бакоў мае права для сваіх уласных навуковых патрэб бязвыплатна выкарыстоўваць запатэнтаваныя ці незапатэнтаваныя вынікі, атрыманыя ў рамках сумесных праектаў.

Артыкул 3 – Выкарыстанне вынікаў

3.1. Бакі будуць безадкладна прымаць усе меры, неабходныя для ўкаранення атрыманых вынікаў. Яны сумесна вызначаюць парадак выкарыстання аб'ектаў інтэлектуальнай уласнасці ў зацікаўленых краінах. Яны могуць даверыць гэту працэдуру камерцыялізацыі аднаму з Бакоў, выконваць яе сумесна ці даверыць трэцяй асобе.

3.2. Бакі павінны мець гарантыю, што атрыманыя правы на інтэлектуальную ўласнасць выкарыстоўваюцца, наколькі гэта магчыма, на камерцыйнай аснове і ў прымальныя тэрміны.

3.3. Даходы, атрыманыя ад камерцыйнага выкарыстання вынікаў, размяркоўваюцца прапарцыянальна ўкладу Бакоў, калі іншае не прадугледжана спецыяльным дагаворам.

3.4. У выпадку выяўлення падробкі ліцэнзій ці праграм, што знаходзяцца ў сумеснай уласнасці, Бакі будуць па ўзаемнай згодзе прымаць рашэнне аб неабходнасці ўзбуджэння справы супраць стваральніка/стваральнікаў падробак. У выпадку згоды справа можа быць ўзбуджана адным з Бакоў ад агульнага імя і пры ўзаемным фінансаванні. Калі адзін з бакоў наўмысна адмовіцца ад узбуджэння справы, другі можа зрабіць гэта самастойна, за свой кошт, з усімі рызыкамі і даходамі, якія вынікаюць з гэтага.

3.5. Кожны з Бакоў самастойна вырашае пытанне аб выплаце ўзнагароджанняў і магчымых кампенсацый сваім прадстаўнікам, супрацоўнікам ці работнікам на месцах, якія садзейнічаюць атрымання вынікаў.

Артыкул 4 – Выдаткі

4.1. Выдаткі, звязаныя з атрыманнем і забеспячэннем абароны правоў інтэлектуальнай уласнасці, у Рэспубліцы Беларусь нясе беларускі Бок, у Рэспубліцы Азербайджан – азербайджанскі Бок.

4.2. Выдаткі, звязаныя з атрыманнем і забеспячэннем гэтых правоў у іншых краінах, за выключэннем Рэспублікі Беларусь і Рэспублікі Азербайджан, у выпадку неабходнасці, размяркоўваюцца прапарцыянальна адпаведнаму ўкладу Бакоў.

Артыкул 5 – Бухгалтарскі ўлік

5.1. Беларускі і азербайджанскі Бакі павінны весці асобна адзін ад аднаго па кожнай створанай заяўцы падрабязны бухгалтарскі ўлік выдаткаў, звязаных з атрыманнем і забеспячэннем абароны правоў інтэлектуальнай уласнасці ў Рэспубліцы Беларусь, Рэспубліцы Азербайджан і ў іншых краінах.

5.2. Беларускі і азербайджанскі Бакі павінны весці падрабязны бухгалтарскі ўлік даходаў, атрыманых ад выкарыстання гэтых правоў.

5.3. Бакі штогадова абменьваюцца засведчанай належным чынам дакументацыяй аб стане рахункаў.

Артыкул 6 – Адмова

6.1. Калі адзін з Бакоў пажадае адмовіцца ад падачы заяўкі ці адмаўляецца рэгістраваць патэнт ці ўдзельнічаць у выдатках, і ў прыватнасці, афіцыйных выдатках па патэнтнай заяўцы ці па забеспячэнні абароны правоў, ён адразу даводзіць да ведама другога Боку. Гэты Бок можа без парушэння палажэнняў параграфу 2.3, ад свайго ўласнага імя ці выключна на свае сродкі падаць заяўку ці працягнуць працэдуру. У гэтым выпадку Бок, які адмовіўся, акажа садзейнічанне ў ажыццяўленні неабходнай у гэтай сувязі працэдуры.

6.2. У адпаведнасці з палажэннямі параграфу 6.3 і адпаведна з умовамі, пералічанымі ў параграфу 6.1, той з Бакоў, які падаваў заяўку ці займаўся працэдурай

рэгістрацыі патэнта, сам распараджаецца даходамі, атрыманымі ад выкарыстання правоў.

6.3. Перад пачаткам якой-небудзь работы па супрацоўніцтве Бакі могуць скласці спіс тэрыторый, для якіх яны абавязуюцца запрасіць і, калі спатрэбіцца, выдаць пасведчанні аб праве на інтэлектуальную ўласнасць. Яны могуць дамовіцца ў рамках асобага дагавора, што калі адзін з Бакоў не захоча займацца падачай заяўкі ў тых краінах, якія не агавораны ва ўказаным вышэй спісе, другі Бок можа патрабаваць устанаўлення правоў на інтэлектуальную ўласнасць толькі на яго ўласнае імя на тэрыторыі гэтых краін. Асобы рэжым размеркавання даходаў, які дазваляе адступіць ад агаворнага ў артыкуле 2, можа быць устаноўлены гэтым асобым дагаворам.

Артыкул 7 – Канфідэнцыяльнасць – Публікацыі

7.1. Кожны з Бакоў мае права публікаваць вынікі, атрыманыя ім у рамках дзейнасці па супрацоўніцтве. Тым не менш перад кожнай публікацыяй Бакі павінны пераканацца ў тым, што ў выпадку апублікавання матэрыялаў правы трэціх асоб не будуць ушчэслены.

7.2. Кожны з Бакоў вызначае, і як мага раней, якую інфармацыю, атрыманую ў выніку дзейнасці па супрацоўніцтве ці якая выцякае з яе, яны не хацелі б публікаваць, напрыклад:

інфармацыю, невядомую экспертам у дадзенай галіне ці цяжкадаступную праз афіцыйныя каналы;

інфармацыю, якая прадстаўляе рэальную ці патэнцыяльную камерцыйную вартасць, звязаную з яе канфідэнцыяльным характарам;

інфармацыю, у адносінах да якой уладамі зацікаўленых дзяржаў былі прыняты неабходныя меры для забеспячэння яе канфідэнцыяльнасці.

7.3. Бок, які атрымлівае інфармацыю канфідэнцыяльнага характару ў рамках мерапрыемства па супрацоўніцтве, павінен захоўваць яе канфідэнцыяльнасць.

7.4. Любая публікацыя ці выдаванне падобнай інфармацыі адным з Бакоў павінны быць папярэдне ўзгоднены ў пісьмовай форме з другім Бокам.

Тым не менш падобнага ўзгаднення не патрабуецца, калі канфідэнцыяльная інфармацыя паведамляецца прадстаўнікам, занятым у ажыццяўляемых навукова-даследчых работах, што тычацца гэтай інфармацыі, ці прадстаўнікам ураду.

Бок, у аднас якога накіраваны запыт, павінен паведаміць Баку, які запытвае, аб сваім рашэнні на працягу аднаго месяца з дня атрымання запыту. Пасля заканчэння гэтага тэрміну запыт лічыцца адобраным. Гэта палажэнне сапраўднае на працягу шасці месяцаў пасля заканчэння тэрміну дзеяння Пагаднення. Тым не менш дадзенае палажэнне не з'яўляецца перашкодай для ўдзельнікаў мерапрыемстваў па супрацоўніцтве даследчыкаў Рэспублікі Беларусь і Рэспублікі Азербайджан для напісання абавязковых справаздач, якія не разглядаюцца як выдаванне (выказванне) інфармацыі ні ў тым разуменні, якое ўкладваецца ў гэта паняцце

заканадаўствам аб прамысловай уласнасці, ні ў тым, што тычыцца абароны дысертацый ці справаздач аб стажыроўцы, прысвечаных работам, выкананым у рамках дадзенага супрацоўніцтва. У выпадку неабходнасці абароны праводзяцца на закрытых пасяджэннях.

Артыкул 8

8.1. Перад пачаткам выканання сумеснага праекта беларускі і азербайджанскі бакі, што ўдзельнічаюць у выкананні (арганізацыі-выканаўцы) заключаюць паміж сабой Пагадненне аб абароне і выкарыстанні правоў інтэлектуальнай уласнасці, якое павінна базіравацца на гэтым «Дадатку» і ўключаць у сябе (з улікам канкрэтнай спецыфікі выконваемых работ) яго асноўныя палажэнні. Адказнасць за невыкананне гэтага артыкула цалкам кладзецца на арганізацыі – выканаўцы сумеснага праекта.

За Нацыянальную акадэмію
наук Беларусі

Старшыня
Прэзідыума Нацыянальнай акадэміі
наук Беларусі

За Беларускі рэспубліканскі
фонд фундаментальных
даследаванняў

Старшыня Навуковага савета –
дырэктар выканаўчай дырэкцыі
В. А. Арловіч

28 верасня 2012 года

За Фонд развіцця навукі
пры Прэзідэнце
Азербайджанскай Рэспублікі

Выканаўчы дырэктар
Фонда развіцця навукі пры Прэзідэнце
Азербайджанскай Рэспублікі

Э. С. Бабаеў

СОГЛАШЕНИЕ
о сотрудничестве по отражению научных изданий Республики Беларусь
в базе данных «Российский индекс научного цитирования»

24 мая 2012 г.

Национальная академия наук Беларуси и Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU в соответствии с Планом действий по организации белорусско-российского научно-технического сотрудничества, согласованным с российской стороны: с Министерством образования и науки Российской Федерации, Министерством промышленности и торговли Российской Федерации, Российской академией наук, Российским фондом фундаментальных исследований, Российским гуманитарным научным фондом; с белорусской стороны: с Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь, Национальной академией наук Беларуси, Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований, в целях усиления интеграции российской и белорусской науки, а также оценки уровня научных исследований российских и белорусских ученых и их профессиональной конкурентоспособности в системе мировой науки, заключили настоящее соглашение.

Соглашение предусматривает сотрудничество по отражению научных изданий Республики Беларусь, в которых публикуются результаты научных исследований в базе данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), по следующим направлениям:

1. Взаимодействие по вопросам отражения научных изданий Республики Беларусь, в которых публикуются результаты научных исследований, в базе данных РИНЦ.

2. Включение в РИНЦ научных изданий Республики Беларусь, в которых публикуются результаты научных исследований, на основании договоров между издающими организациями и Научной электронной библиотекой eLIBRARY.RU.

3. Осуществление взаимных консультаций, а также совместное проведение научных и информационных мероприятий.

Содержание и сроки проведения работ, а также ответственные исполнители каждой из сторон определяются дополнительными договоренностями.

Настоящее соглашение заключается на русском языке в двух экземплярах, по одному для каждой из сторон, причем оба экземпляра имеют одинаковую юридическую силу.

Настоящее соглашение вступает в силу с момента его подписания сторонами и действует до исполнения сторонами всех обязательств.

Настоящее соглашение может быть изменено, расторгнуто или признано недействительным по основаниям, предусмотренным действующим законодательством Российской Федерации и Республики Беларусь, либо по соглашению сторон.

От Научной электронной
библиотеки eLIBRARY.RU
Генеральный директор

Г. О. Еременко

От Национальной академии наук
Беларуси

Председатель Научного совета
Белорусского республиканского фонда
фундаментальных исследований

В. А. Орлович

Директор ГУ «Центральная научная
библиотека имени Якуба Коласа
Национальной академии наук Беларуси»

Н. Ю. Берёзкина

ПРОТОКОЛ
договоренности о планируемой тематике, сроках проведения
и объемах финансирования в 2013–2015 гг. совместного тематического
конкурса исследовательских проектов «БРФФИ–ОИЯИ-2013»
на основании Меморандума о взаимодействии между Объединенным
институтом ядерных исследований и Белорусским республиканским
фондом фундаментальных исследований

Мы, нижеподписавшиеся, представители Сторон Меморандума о взаимодействии между Объединенным институтом ядерных исследований и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований в лице Председателя Научного совета БРФФИ академика В. А. Орловича и Директора ОИЯИ академика В. А. Матвеева удостоверяем, что Сторонами достигнута договоренность о проведении в 2013–2015 гг. совместного тематического конкурса исследовательских проектов «БРФФИ–ОИЯИ-2013» по следующим направлениям научных исследований:

- физика микромира,
- физика атомного ядра,
- физика элементарных частиц,
- теоретическая физика,
- изучение физики конденсированного состояния ядерно-физическими методами.

Сроки проведения конкурса:

- прием заявок на участие в конкурсе – до 1 декабря 2012 г.;
- экспертиза и утверждение проектов – до 1 марта 2013 г.;
- начало финансирования – со 2-го квартала 2013 г.;
- окончание финансирования – конец 1-го квартала 2015 г.

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

Объем финансирования конкурса каждой из Сторон в 2013 году составит сумму, эквивалентную 60 тыс. долларов США по курсу на 1 января 2013 года. При этом каждая Сторона оплачивает расходы своих исследователей в соответствии с утвержденными сметами и калькуляциями расходов.

Настоящий Протокол является основанием для планируемого каждой Стороной на 2013 год объема финансирования по выполнению условий совместного тематического конкурса «БРФФИ–ОИЯИ-2013».

От Белорусского республиканского
фонда фундаментальных исследований

В. А. Орлович

20 июля 2012

От Объединенного
института ядерных
исследований

В. А. Матвеев

3 августа 2012

ПРОТОКОЛ
по результатам переговоров Белорусского республиканского фонда
фундаментальных исследований
и Вьетнамской академии наук и технологий

В период с 6 по 7 сентября 2012 г. в Минске состоялись переговоры представителей Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) и Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ).

В процессе переговоров Стороны обсудили состояние сотрудничества в рамках Соглашения БРФФИ и ВАНТ и Положения о конкурсах. С удовлетворением было констатировано, что сотрудничество в рамках финансирующихся проектов (конкурсы 2011 и 2012 гг.) осуществляется успешно. Каждая из Сторон выполняет запланированные объемы исследований. Происходит обмен опытом и информацией о результатах исследований, их совместный анализ, обмен визитами с целью проведения экспериментальных работ, ознакомления с выполнением партнерской части проекта и подготовки совместных публикаций. Финансирование осуществляется в оговоренные сроки.

В ходе переговоров были обсуждены предложения по плану мероприятий на 2013–2015 гг. с целью успешной реализации Соглашения и укрепления двусторонних контактов.

Стороны считают необходимым:

- по результатам совместной экспертизы поданных заявок отобрать для финансирования 7 проектов в рамках конкурса «БРФФИ–ВАНТ-2013»;
- объявить в январе 2013 г. конкурс «БРФФИ–ВАНТ-2014» с окончательным сроком подачи заявок 30 апреля 2013 г.;
- в рамках конкурса «БРФФИ–ВАНТ-2014» в мае–июне 2013 г. организовать экспертизу представленных заявок и совместно принять решение о финансировании отобранных проектов, начиная с 2014 года;
- организовать осенью 2013 г. научный семинар с участием белорусских и вьетнамских ученых;
- предусмотреть возможность оплаты вьетнамской стороной пребывания в Беларуси вьетнамских исполнителей совместных проектов.

Протокол подписан в Минске 7 сентября 2012 года в двух экземплярах на русском языке.

За Белорусский республиканский
фонд фундаментальных
исследований

За Вьетнамскую академию наук
и технологий

Председатель Научного совета БРФФИ
В. А. Орлович

Президент
Тьяу Ван Минь

ПРОТОКОЛ
9-го заседания Совместной комиссии НЦНИ и НАН Беларуси

Минск, 15–17 октября 2012 г.

Совместная комиссия Национального центра научных исследований (НЦНИ) и Национальной академии наук Беларуси (НАН Беларуси) при участии Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) в составе:

- председателя Научного совета БРФФИ В. А. Орловича и начальника управления международного сотрудничества НАН Беларуси В. В. Подкопаева с белорусской стороны,

- директора Бюро НЦНИ в Москве М. Тарарина и помощника директора Т. Г. Мироновской с французской стороны

обсудили все пункты повестки дня и согласились о нижеследующем:

I. В отношении предыдущей и текущей деятельности:

1. В рамках 2-го совместного конкурса на проведение двусторонних научных семинаров в 2010–2011 гг. один (1) белорусско-французский семинар (Дж.-Л. Лазари/В. Борисенко) «Перспективы нанотехнологий и наноматериалов в энергетике» был одобрен к финансированию и прошел в г. Минске 25–27 мая 2011 г.

На 3-й совместный конкурс двусторонних научных семинаров в 2011–2012 гг. заявок не поступало.

2. В 2011 г. успешно завершено выполнение десяти (10) проектов в рамках 3-го совместного конкурса исследовательских проектов на 2009–2010 гг. (НЦНИ–НАН Беларуси/БРФФИ). По этим проектам представлены отчеты от белорусских и французских руководителей, опубликовано 45 статей и 49 тезисов, получено 4 патента, подана одна совместная заявка на изобретение.

Осуществляется выполнение одиннадцати (11) проектов в рамках 4-го совместного конкурса исследовательских проектов на 2011–2012 гг. (НЦНИ–НАН Беларуси/БРФФИ). Обеими Сторонами было обеспечено эффективное финансирование взаимных научных визитов.

3. В 2012 г. продолжалось выполнение проекта «Методы теории расписаний и теории графов для решения оптимизационных задач в приложении к логистике и цепям поставок» (2010–2012) в рамках конкурса «БРФФИ–НЦНИ (PICS)-2010». В рамках конкурса «БРФФИ–НЦНИ (PICS)-2011» был подан один (1) проект, однако он не был принят к финансированию. В рамках объявленного в 2011 г. конкурса «БРФФИ–НЦНИ (PICS)-2012» из четырех проектов были выбраны и одобрены к финансированию (с апреля с. г.) два (2) проекта. В рамках объявленного в 2012 г. конкурса «БРФФИ–НЦНИ (PICS)-2013» проектов не поступало.

II. В отношении будущей деятельности стороны договорились о нижеследующем:

1. В рамках 4-го совместного конкурса на проведение двусторонних научных семинаров в 2012–2013 гг. из двух поступивших заявок один (1) белорусско-фран-

цузский семинар «Перспективы нанотехнологий и наноматериалов для генерации, преобразования и хранения возобновляемой энергии» (Дж.-Л. Лазари/В. Борисенко) одобрен к финансированию и будет проходить в г. Минске 29–31 мая 2013 г. Заявка на семинар «Актуальные проблемы миграционной политики в условиях развития интеграции: сотрудничество стран ЕС и ЕЭП» (Д. Тетрти/В. Шадурский) не поддержана.

2. Объявлен 5-й совместный конкурс исследовательских проектов на 2013–2014 гг. (НЦНИ–НАН Беларуси/БРФФИ). По предложению французской Стороны был утвержден окончательный срок подачи заявок – 31 октября 2012 г.

3. 1 февраля 2013 г. открыть 5-й совместный конкурс на проведение двусторонних научных семинаров в 2013–2014 гг. Последний срок подачи заявок – 15 апреля 2013 г. Стороны утвердят окончательный список семинаров до 15 июня 2013 г.

4. Организовать следующий совместный конкурс «БРФФИ–НЦНИ (PICS)» на 2014–2016 гг. Начало подачи заявок – 1 февраля 2013 г., последний срок – 31 мая 2013 г.

5. Принять дополнительные меры по информированию французских и белорусских ученых с целью активизации их участия во всех совместных конкурсах, в том числе о возможности создания международных ассоциированных лабораторий и международных научных объединений.

6. Рекомендовать руководителям новых двусторонних/многосторонних проектов привлекать в состав научных коллективов молодых ученых.

7. Проработать вопрос о возможностях информирования НАН Беларуси о создаваемых с участием НЦНИ консорциумах по подготовке проектных заявок в Рамочные программы Евросоюза.

8. Совместно с заинтересованными сторонами продолжить работу по поддержке совместной инновационной деятельности.

9. Следующее заседание Совместной комиссии НЦНИ – НАН Беларуси/БРФФИ провести в г. Париже в 2013 году. Точная дата будет определена позднее.

Настоящий Протокол составлен в двух экземплярах, на русском и английском языках, имеющих равную силу.

Минск, 16 октября 2012 г.

За французскую сторону:

М. Тарарин

За белорусскую сторону:

В. Орлович
В. Подкопаев

КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА

УСЛОВИЯ

совместного тематического конкурса фундаментальных и прикладных научных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Витебского областного исполнительного комитета «БРФФИ–Витебск-2013»

Общие положения

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – БРФФИ) и Витебский областной исполнительный комитет (далее – облисполком), в соответствии с заключенным между ними соглашением, объявляют совместный тематический конкурс фундаментальных и прикладных научных исследований «БРФФИ–Витебск-2013» с целью финансовой поддержки творческих научных коллективов и отдельных ученых, занимающихся решением актуальных для Витебской области проблем по приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований в соответствии с Перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также с учетом Концепции социально-экономического развития Витебской области.

2. Конкурс «БРФФИ–Витебск-2013» проводится по следующей тематике:
энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии для промышленного комплекса региона;

перспективные технологии диагностики и лечения основных заболеваний человека и животных.

3. На конкурс принимаются заявки ученых, проживающих в Республике Беларусь и работающих в организациях, являющихся резидентами Республики Беларусь. Ученый обязан во время выполнения проекта не менее 9 месяцев в каждом году работать в Республике Беларусь.

Одно и то же лицо может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов по Фонду, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2013 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в Фонд). Не учитываются проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 2013 г., а также проекты и заявки по конкурсам ГКНТ Республики Беларусь («ГКНТ–Польша» и др.) и НАН Беларуси («НАНБ(БРФФИ)–СО РАН» и др.).

При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов («Наука», «Наука М», «Наука МС», «БРФФИ–ГФФИУ»,

«БРФФИ–Витебск», «БРФФИ–ОИЯИ» и др.) участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

Заявки, поданные на конкурс 2013 г. с нарушением любого из вышеперечисленных ограничений, будут сняты с конкурса на стадии предварительной экспертизы экспертными советами.

4. Определение проектов-победителей осуществляется на конкурсной основе независимо от ведомственной принадлежности и правового статуса научных и иных организаций, а также возраста, ученой степени, ученого звания и должности научного работника. По результатам конкурса проводится целевое финансирование проектов фундаментальных и прикладных научных исследований, прошедших отбор в региональном экспертном совете, экспертных советах и секциях Научного совета БРФФИ на основе заключений независимых экспертов и принятых к финансированию.

Решение о поддержке конкретных проектов и объемах их финансирования принимается совместно Научным советом БРФФИ и региональным экспертным советом конкурса. Результаты отбора конкурсных заявок (список поддержанных проектов и объемы их финансирования) утверждаются Научным советом БРФФИ.

5. Финансирование работ по проектам осуществляется за счет средств БРФФИ (50 % от общего объема финансирования – на фундаментальные исследования) и облисполкома (50 % от общего объема финансирования – на прикладные исследования) следующим образом: БРФФИ и облисполком заключают договор с головной организацией – исполнителем научно-организационного сопровождения конкурса (Институтом технической акустики НАН Беларуси, далее – ИТА НАН Беларуси), утвержденной решением облисполкома, а головная организация заключает с организациями – исполнителями проектов, которые получили гранты, договоры на их выполнение. Приветствуется доленое участие в финансировании работ организаций – исполнителей проектов, а также заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных и прикладных исследований по конкретным научным направлениям.

Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в отечественных и международных научных изданиях со ссылкой на участие в данном конкурсе.

По окончании этапов выполнения работ, а также в конце каждого года и по окончании проекта руководитель проекта представляет отчет о проделанной работе в головную организацию-исполнитель, которая передает отчеты на рассмотрение региональному экспертному совету. Научные и финансовые отчеты по проектам по принятым в БРФФИ формам с заключением регионального экспертного совета головная организация-исполнитель представляет в БРФФИ и облисполком в установленные сроки. Результаты экспертизы отчетов утверждаются Научным советом или бюро Научного совета БРФФИ.

6. Все научно-исследовательские работы, выполняемые в рамках конкурса «БРФФИ–Витебск-2013», подлежат государственной регистрации в установленном порядке.

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

Требования к проектам, представляемым на конкурс

7. На конкурс представляются проекты по приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь с учетом Концепции социально-экономического развития Витебской области в соответствии с п. 2 условий настоящего конкурса, способные внести существенный вклад в расширение и углубление научных знаний, отличающиеся новизной в постановке и методах проведения исследований и имеющие большую научную и практическую значимость.

Исследования преимущественно должны быть направлены на обеспечение научного задела для заданий региональной научно-технической программы Витебской области.

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

актуальность тематики;

оригинальность научной идеи (гипотезы);

научная и практическая значимость ожидаемых результатов;

научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;

обеспеченность необходимой материально-технической базой.

Предпочтение отдается:

междисциплинарным проектам, предлагаемым совместно учеными разных областей знаний;

проектам ученых, работающих на территории Витебской области, а также ученых из других регионов Республики Беларусь, работающих совместно с учеными данного региона;

проектам с участием зарубежных ученых;

проектам, выполняемым совместно учеными из академических, вузовских и отраслевых научных организаций.

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

9. Срок выполнения проекта не должен превышать двух лет.

Дублирование плановой тематики не допускается.

Если в процессе конкурса исполнители получили по заявленной теме финансирование из другого источника, то они обязаны в месячный срок поставить

БРФФИ и ИТА НАН Беларуси об этом в известность. В противном случае заявка будет снята с конкурса (в случае получения гранта он будет аннулирован), а исполнители – лишены права участвовать во всех конкурсах БРФФИ в течение 5 лет.

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах БРФФИ и других фондов, финансирующих фундаментальные и прикладные научные исследования в Республике Беларусь, к участию в конкурсе «БРФФИ–Витебск-2013» не допускаются.

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

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

Материалы заявки должны включать:

титульный лист заявки (форма П1Вт);

аннотацию (форма П2Вт);

обоснование проекта (форма П3Вт);

научную биографию руководителя проекта (форма П4Вт);

калькуляцию сметной стоимости проекта (форма П5Вт) с обоснованием статей затрат, при этом количество штатных единиц не должно превышать пяти. Командировки планируются в пределах СНГ, затраты по соответствующей статье не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета Фонда по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой себестоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей представляется лист согласования расходов, ограничение на количество штатных единиц в этом случае сохраняется;

перечень научных трудов руководителя проекта по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет на дату подачи заявки (форма П6Вт).

Руководители проектов должны указать суммарный индекс цитирования всех своих научных статей и индекс Хирша отдельно по каждой из нижеприведенных баз данных по форме П7Вт, а также привести перечень научных статей (не более 10 по выбору автора), имеющих наибольший индекс цитирования, по форме П8Вт. Для получения информации о научном рейтинге необходимо использовать следующие базы данных:

1. Scopus (изд-во Elsevier),
2. Web of Science на платформе ISI Web of Knowledge,
3. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Доступ к первым двум базам данных предоставляется Центральной научной библиотекой им. Я. Коласа НАН Беларуси – единственным обладателем права доступа к этим ресурсам в Республике Беларусь (г. Минск, ул. Сурганова, 15, Центр Интернет-доступа), тел. для справок: +375-17-284-10-02, 284-14-90, e-mail: ok@kolas.basnet.by (О. Н. Сикорская), 284-14-63, e-mail: gkhrenova@kolas.basnet.by (Г. С. Хренова).

Доступ к РИНЦ предоставляется Научной электронной библиотекой <http://elibrary.ru> в системе Science Index (http://elibrary.ru/projects/science_index_author_tutorial.asp).

Более подробную информацию о РИНЦ и Science Index см. в статье Н. Березкиной и О. Сикорской (файл РИНЦ.pdf в пакете форм заявочных материалов).

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

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

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

К материалам заявки прилагаются в двух экземплярах копии опубликованных научных трудов по тематике проекта (до 5 наименований), которые скрепляются с 3-м и 4-м экземплярами заявки.

Сроки и условия участия в конкурсе

11. Заявки на конкурс представляются в объявленный срок. Для иногородних дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

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

12. Заявителям сообщаются только окончательные результаты конкурса, руководители проектов, получивших гранты, информируются в течение месяца после его завершения. Списки поддержанных проектов публикуются.

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

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы направляются в адрес Института технической акустики НАН Беларуси: 210023, г. Витебск, ул. Людникова, 13. Консультации по конкурсу можно получить по тел. 8-0212-24-63-89, а также в исполнительной дирекции БРФФИ: 220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101, тел.: 294-92-16 (физика, математика и информатика), 284-27-22 (технические науки), 294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки), 294-92-17 (аграрно-биологические науки), 294-93-35 (бухгалтерия); факс 284-08-97.

Условия конкурса и формы заявочных материалов могут быть скопированы на электронный носитель в исполнительной дирекции БРФФИ, с сайта БРФФИ <http://fond.bas-net.by> в разделе «Объявленные конкурсы», а также в ИТА НАН Беларуси.

ИТОГИ КОНКУРСОВ

КОНКУРС СОВМЕСТНЫХ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ БЕЛОРУССКОГО РЕСПУБЛИКАНСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ФОНДА Кореи «БРФФИ–НИФК-2013»

В соответствии с заключенным между Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (БРФФИ) и Национальным исследовательским фондом Кореи (НИФК) Меморандумом о взаимопонимании в марте 2012 года был объявлен первый конкурс совместных научных проектов фундаментальных исследований «БРФФИ–НИФК-2013» с целью консолидации усилий для финансирования научных исследований, выполняемых совместно учеными Республики Беларусь и Республики Корея по актуальным для обеих сторон научным направлениям, на который поступило 6 заявок. По результатам экспертизы принято совместное решение о финансировании 3 проектов. Ниже публикуется перечень финансируемых совместных проектов, сгруппированных по 2 секциям. По каждому проекту приводится следующая информация: фамилия и инициалы руководителя с белорусской стороны, шифр и название проекта, название организации-исполнителя с белорусской стороны, название организации-исполнителя с корейской стороны. Продолжительность выполнения проектов – 2 года.

Секция технических наук

1. РУБАНИК В. В.

Проект T12KOP-005

Развитие технологии получения композитных покрытий с металлической матрицей на основе бора для экранирования нейтронного излучения.

Исполнители: Институт технической акустики НАН Беларуси, Корейский исследовательский институт атомной энергии.

Секция физики, математики и информатики

2. ДЕМЬЯНОВ С. Е.

Проект Ф12KOP-004

Изучение динамики магнитных доменов в тонкоплёночных материалах с магнитокалориметрическим эффектом.

Исполнители: Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению, Национальный университет Чунгбук.

3. ДЖАГАРОВ Б. М.

Проект Ф12КОР-002

Разработка новых углеродных наноматериалов для фотодинамической терапии и исследование их фотофизических свойств.

Исполнители: Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Исследовательский центр бионанотехнологий Корейского исследовательского института бионаук и биотехнологий.

Национальная академия наук Беларуси

**КОНКУРС СОВМЕСТНЫХ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БЕЛОРУССКОГО РЕСПУБЛИКАНСКОГО ФОНДА
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ВЬЕТНАМСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ
«БРФФИ–ВАНТ-2013»**

В январе 2012 года был объявлен конкурс совместных научных проектов фундаментальных исследований «БРФФИ–ВАНТ-2013» с целью поддержки совместных фундаментальных научных исследований в областях, представляющих интерес для Республики Беларусь и Социалистической Республики Вьетнам, на который поступило 13 заявок. По результатам экспертизы принято совместное решение о финансировании 7 проектов. Ниже публикуется перечень финансируемых совместных проектов, сгруппированных по 3 секциям. По каждому проекту приводится следующая информация: фамилия и инициалы руководителя с белорусской стороны, шифр и название проекта, название организации-исполнителя с белорусской стороны, название организации-исполнителя с вьетнамской стороны. Продолжительность выполнения проектов – 2 года.

Секция аграрно-биологических наук

1. КУХАРЕВА Л. В.

Проект Б13В-002

Фитоценотическая оценка потенциала лекарственных растений на территории Национального парка «Hoang» этнической группы Sa Pa Северного Вьетнама и Национального парка «Припятский» Белорусского Полесья, выделение наиболее ценных видообразцов, исследование накопления биологически активных веществ, определение перспектив практического использования.

Исполнители: Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Институт экологии и биологических ресурсов ВАНТ.

Секция технических наук

2. МАРТЫНЕНКО О. Г.

Проект Т13В-010

Научные основы технологических процессов создания тонкодисперсных водоугольных топлив с углеродными наночастицами.

Исполнители: Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, Научный энергетический институт ВАНТ.

Секция физики, математики и информатики

3. АСИМОВ М. М.

Проект Ф13В-004

Лазерно-оптический метод визуализации кровеносных сосудов и его применение в биометрии и фотомедицине.

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

4. ГРАБЧИКОВ А. С.

Проект Ф13В-013

Исследования и разработка полностью твердотельных ВКР лазеров для спектроскопических применений.

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

5. КАБАШНИКОВ В. П.

Проект Ф13В-012

Оценка экологического состояния атмосферы на основе данных лидарного мониторинга и моделирования.

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

6. НЕЛАЕВ В. В.

Проект Ф13В-003

Разработать математические методы и программное обеспечение для проведения статистической обработки результатов экспериментальных измерений.

Исполнители: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Институт информационных технологий ВАНТ.

7. ТИХОМИРОВ С. А.

Проект Ф13В-011

Исследование и разработка техники усиления сверхкоротких импульсов и ее применение в нелинейной лазерной спектроскопии.

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

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

Н. Н. Половинко

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

УДК 537.621.318.1

В. П. ДЫМОНТ¹, В. Ч. КРУПЛЕВИЧ¹, В. И. МИТЮК², Т. М. ТКАЧЕНКО²

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ АНТИМОНИДА МАРГАНЦА С КРЕМНИЕМ И АЛЮМИНИЕМ

¹Белорусский государственный аграрный технический университет
²НПЦ НАН Беларуси по материаловедению

(Поступила в редакцию 13.07.2012)

Получены твердые растворы структурного типа В8 антимонида марганца с алюминием и кремнием. Области взаимной растворимости составляют $0 \leq y \leq 0,2$ для $Mn_{1,1}Sb_{1-y}Al_y$ и $0 \leq y \leq 0,1$ для $Mn_{1,1}Sb_{1-y}Si_y$. Показано, что замещение носит анионный характер: атомы алюминия и кремния в антимониде марганца замещают атомы сурьмы. Удельная намагниченность и температура Кюри твердых растворов, по данным магнитных измерений, практически не меняются относительно этих параметров в исходном соединении.

Введение. Одним из факторов, способствующих образованию большого количества твердых растворов антимонида марганца с переходными металлами [1–4], является наличие в исходном соединении широкой концентрационной области существования структурной фазы В8: $Mn_{1+\delta}Sb$, $0 \leq \delta \leq 0,3$ [5–6]. Твердые растворы позволяют достигать разнообразия магнитных свойств на основе одного соединения – антимонида марганца со структурой типа В8. Так как твердые растворы находят разнообразное практическое применение, интерес к их получению и исследованию постоянно поддерживается [7–10].

В [11–13] были получены твердые растворы антимонида марганца с медью и цинком (структурный тип В8). Это твердые растворы составов $Mn_{1,1-x}Cu_xSb$ и $Mn_{1,1-x}Zn_xSb$ с $x \leq 0,1$, полученные обычным сплавлением компонент с последующим отжигом [11–12], и твердые растворы составов $Mn_{1,5-x}Cu_xSb$ ($x \leq 0,3$) и $Mn_{1,5-x}Zn_xSb$ ($x \leq 0,1$), при получении которых использовали дополнительную термобарическую обработку. Дополнительная стадия синтеза позволила увеличить содержание меди в составе твердого раствора до 30 ат. %, но не повлияла на содержание цинка [13].

Цель исследования – проведение замещения атомов в анионной подрешетке антимонида марганца атомами кремния или алюминия и определение области существования фазы В8 в тройных системах Mn–Sb–Si и Mn–Sb–Al.

Эксперимент. Процедура получения твердых растворов MnSb(Al) и MnSb(Si) аналогична примененной для получения $Mn_{1,1-x}Cu_xSb$ и $Mn_{1,1-x}Zn_xSb$ [12]. Смесь порошков помещали в предварительно откачанные до 10^{-3} Торр и запаянные кварцевые ампулы. Синтез проводили в однозонной печи сопротивления. На первой стадии проводили медленный нагрев гомогенной смеси порошков исходных компонент спектроскопической чистоты (в течение 24 ч) до температуры сплавления $T = 900\text{--}950$ °С. Далее смесь выдерживали при $T = 900\text{--}950$ °С в течение 4 ч и охлаждали до $T = 840\text{--}860$ °С – температуры образования фазы В8 в системе. При этой температуре смесь отжигали в течение суток, затем закаляли в воду.

Твердые растворы получали на основе антимонида марганца состава $Mn_{1,1}Sb$, что приблизительно соответствует середине концентрационной области существования структурной фазы типа В8 в системе Mn–Sb. Расчет навесок компонент проводился, исходя из химической формулы $Mn_{1,1}Sb_{1-y}Al(Si)_y$, $0 \leq y \leq 1$ с шагом $y = 0,1$.

Продукты синтеза изучались на фазовый состав. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре ДРОН-3М, использовали CuK_{α} -монохроматическое излучение, шаг сканирования $0,03^\circ$, диапазон сканирования $20\text{--}90^\circ$, экспозиция 3 с в каждой точке.

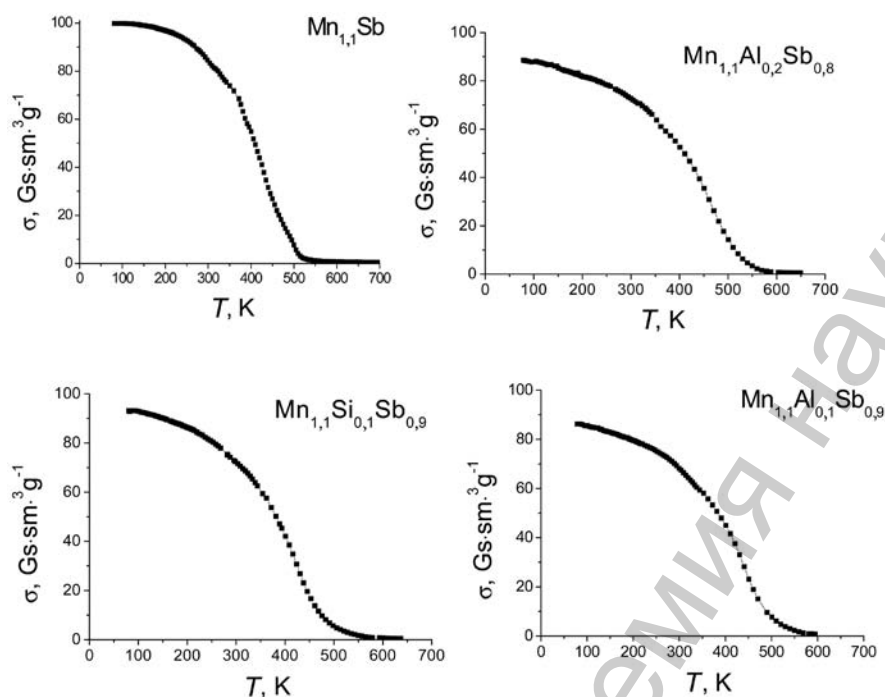
Анализ результатов синтеза твердых растворов $Mn_{1,1}Al_ySb_{1-y}$ и $Mn_{1,1}Si_ySb_{1-y}$ и их структурных свойств по данным рентгенографических исследований показал существование ограниченной растворимости немагнитных кремния и алюминия в антимониде марганца со структурой типа В8. Определены пределы взаимной растворимости, они составляют 10 ат. % по Si и 20 ат. % по Al.

Магнитные измерения по методу Фарадея проводились в диапазоне температур $77\text{--}700$ К и поле 0,86 Тл. На рисунке приведены термомагнитные кривые полученных твердых растворов. В таблице приведены параметры кристаллической структуры и температуры Кюри.

Параметры решетки и температуры магнитных фазовых переходов твердых растворов $Mn_{1,1}Al_ySb_{1-y}$ и $Mn_{1,1}Si_ySb_{1-y}$ со структурой типа В8

Образец	a , Å	c , Å	c/a	T_C , К
$Mn_{1,1}Sb$	4,157	5,757	1,385	498
$Mn_{1,1}Si_{0,1}Sb_{0,9}$	4,167	5,742	1,377	470
$Mn_{1,1}Al_{0,1}Sb_{0,9}$	4,177	5,734	1,372	465

Анализ кривых намагниченности твердых растворов $Mn_{1,1}Al_xSb_{1-x}$ и $Mn_{1,1}Si_xSb_{1-x}$ в сравнении с полученными ранее данными для $Mn_{1,1-x}Cu_xSb$ и $Mn_{1,1-x}Zn_xSb$ [9–10] показал, что влияние катионных (Cu, Zn) замещений на магнитные свойства твердых растворов ощутимее влияния анионных (Si, Al). Замещение сурьмы на



Результаты магнитных измерений твердых растворов $\text{Mn}_{1,1}\text{Al}_y\text{Sb}_{1-y}$ и $\text{Mn}_{1,1}\text{Si}_y\text{Sb}_{1-y}$ со структурой типа В8

алюминий и кремний практически не оказывает влияния на магнитные свойства, в частности, наблюдаются незначительные снижения намагниченности и повышение температуры перехода в парамагнитное состояние по сравнению с незамещенным антимонидом марганца состава $\text{Mn}_{1,1}\text{Sb}$. Такие результаты по магнитным свойствам полученных растворов можно интерпретировать, исходя из представлений о косвенном обмене [14], приводящем к магнитным взаимодействиям ферромагнитного типа, и особенностей кристаллической структуры типа В8. В фазах типа В8 $3d^4$ электронная конфигурация катиона марганца Mn^{3+} , находящегося в октаэдрических позициях (MeI), приводит к образованию связей с анионами сурьмы, через которые осуществляется косвенный обмен между соседними ионами марганца в октаэдрических позициях, т. е. в цепочках MeI-Sb-MeI осуществляется ферромагнитное взаимодействие. Прямое обменное взаимодействие металл-металл, по Гуденафу, должно приводить к магнитному упорядочению антиферромагнитного типа. Для структуры типа В8 каждый атом металла, расположенный в тригонально-бипирамидальном междоузлии (MeII), непосредственно взаимодействует с шестью ближайшими атомами металла, расположенными в позициях MeI. Таким образом, осуществляемое прямое магнитное взаимодействие атомов марганца в позициях MeI-MeII – антиферромагнитного типа. Решающим

влиянием на магнитные характеристики, исходя из таких представлений, обладают катионы металла, находящиеся в тригонально-бипирамидальных позициях. В нашем случае не менялся ни их тип, ни их количество. Влияние же замещений в анионной подрешетке согласно таким теоретическим представлениям менее ощутимо.

Локальное перераспределение атомов может иметь влияние на электрические свойства твердых растворов, что ставит задачу для дальнейших исследований.

Заключение. На основе антимионида марганца синтезированы твердые растворы $Mn_{1,1}Al_ySb_{1-y}$, $0 < y \leq 0,2$ и $Mn_{1,1}Si_ySb_{1-y}$, $0 < y \leq 0,1$. Частичное замещение сурьмы на алюминий и кремний в пределах фазы B8 незначительно снижает величину удельной намагниченности. Показано, что замещение носит анионный характер: атомы алюминия и кремния в антимиониде марганца замещают атомы сурьмы.

Работа выполнена в рамках проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Ф110Б-006.

Литература

1. Noda Y., Shimada M., Koizumi M. // Inorganic Chemistry. 1984. Vol. 23. P. 628–630.
2. Adachi K., Imura R., Matsui M., Sawamoto H. // J. of the Physical Society of Japan. 1978. Vol. 44. P. 114–121.
3. Seshu Bai V., Rama Rao K. V. S. // J. of Physics F. 1983. Vol. 13. P. 695–702.
4. Sasioglu E., Sandratskii L. M., Bruno P. // J. of Magnetism and Magnetic Materials. 2005. Vol. 290–291. P. 385–387.
5. Teramoto I., Van Run A. M. J. G. // J. Phys. Chem. Solids. 1968. Vol. 29. P. 347–355.
6. Bowma J., van Bruggen C. F., Haas C., van Laar B. // J. de physique. 1971. Vol. 32. P. 78–80.
7. Ionica C. M., Lippens P. E., Fourcade J. O., Jumas J.-C. // J. of Power Sources. 2005. Vol. 146, N 1. P. 478–481.
8. Thackeray M. M., Vaughney J. T., Johnson C. S. et al. // J. of Power Sources. 2005. Vol. 113. P. 124–130.
9. Митюк В. И., Рыжковский В. М., Ткаченко Т. М. Магнитный материал: Патент РБ № 11937 (приоритет от 10.10.2007 г.).
10. Митюк В. И., Рыжковский В. М., Ткаченко Т. М. Магнитный материал: Патент РБ № 13034 (приоритет от 18.12.2008 г.).
11. Митюк В. И., Рыжковский В. М., Ткаченко Т. М. // Изв. НАН Беларуси. 2008. № 4. С. 88–92.
12. Mitsiuk V. I., Ryzhkovskii V. M., Tkachenka T. M. // J. of Alloys and Compounds. 2009. Vol. 467. P. 268–270.
13. Будзински М., Митюк В. И., Рыжковский В. М. и др. // Неорган. материалы. 2010. Т. 46. С. 1167–1171.
14. Goodenough J. B. Magnetism and Chemical Bond. New York: Wiley, 1963.
15. Mitsiuk V. I., Ryzhkovskii V. M., Tkachenka T. M. // AIP Conf. Proc. 2008. Vol. 1070, Issue 1. P. 64–68.

V. P. DYMONT, V. Ch. KRUPLEVICH, V. I. MITSUK, T. M. TKACHENKA

PREPARATION AND STUDY OF THE SOLID SOLUTIONS OF MANGANESE ANTIMONIDE WITH SILICON AND ALUMINUM

Summary

The B8 type solid solutions of manganese antimony with Al and Si were obtained. The existence region was determined as $0 \leq y \leq 0.2$ for $Mn_{1,1}Sb_{1-y}Al_y$ and $0 \leq y \leq 0.1$ for $Mn_{1,1}Sb_{1-y}Si_y$. The anion character of substitutions was shown. Notably the Al and Si atoms replaced the Sb atoms in the anion sublattice of base manganese antimonide. The specific magnetization and Curie temperature of present solid solutions negligible differ from those of parent compound.

УДК 621.7/9(06)

Р. П. БЫКОВ¹, В. В. ДОКТОРОВ¹, О. О. КУЗНЕЧИК¹, Л. П. ПИЛИНЕВИЧ¹,
В. Н. КЛИМЕНКО², А. Г. КОСТОРНОВ²

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОРИСТЫХ ВОЛОКНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹Институт порошковой металлургии, Минск

²Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины, Киев

(Поступила в редакцию 18.05.2012)

Представлена разработанная на основе анализа соотношений линейных размеров, как частиц порошка и волокон, так и контактных зон к диаметрам частиц порошка или волокон, модель для расчета электропроводности пористых порошковых и волоконных материалов. Путем моделирования показано, что по сравнению с пористыми порошковыми материалами пористые волоконные материалы могут иметь более высокую электропроводность и, как следствие, более низкое электрическое сопротивление из-за повышенного количества контактов, приходящихся в среднем на волокно. В частности, если длина волокна превышает его диаметр в 10–100 раз, то электропроводность волоконных материалов может превышать электропроводность пористых порошковых материалов в 1,5–7 раз. Разработанная модель может использоваться в расчетах режимов электроимпульсного спекания пористых порошковых и волоконных материалов.

Введение. Известно [1–3], что получаемые из металлических волокон материалы (волоконные материалы), имеющие проницаемую поровую и капиллярно-пористую структуру, широко используются в процессах сепарации и фильтрации, применяемых в различных отраслях машиностроения, перерабатывающего и химического производства, а также в энергетике. Повышение эффективности получения таких волоконных материалов является актуальной задачей для порошковой металлургии. Решить данную задачу можно с помощью электроимпульсного спекания [4; 5], обеспечивающего образование металлических контактов между волокнами при их упругом сжатии (подпрессовке электродами-пуансонами) в момент протекания импульсного тока с амплитудой порядка 10^2 – 10^4 А и длительностью импульсов порядка 10^{-2} – 10^{-5} с. Этот процесс в порошковой металлургии также имеет и другие названия [6–8], такие как Spark Plasma Sintering / Field

Assisted Sintering Technology. Разработка на основе этих процессов технологий получения пористых волоконных материалов для фильтрации может основываться на результатах моделирования, позволяющих получить сравнительную оценку проводимости пористых порошковых и волоконных материалов. Получение этой сравнительной оценки на основе моделирования и является целью данной работы.

Разработка модели проводимости волоконных материалов. Известно [1; 9], что температура оказывает существенное влияние на спекание пористых порошковых и волоконных материалов. Если этот процесс проводить с использованием электрического тока, то исходя из закона Джоуля–Ленца, кроме силы тока на температуру спекания будет оказывать влияние электропроводность спекаемых пористых порошковых и волоконных материалов. Связь между электропроводностью и теплопроводностью, позволяющая говорить о проводимости пористых порошковых и волоконных материалов как о едином целом, показана в [4; 5; 10]. В этих работах также показана связь между проводимостью, удельным сопротивлением и электрическим сопротивлением, включая контактное, между порошковыми частицами или волокнами. С учетом этих связей разработаем модель, позволяющую с помощью установленных аналитических зависимостей между проводимостью материала, пористостью и соотношением длины к диаметру, включая соотношение размера контакта к диаметру, волокна получить сравнительную оценку проводимости пористых волоконных материалов.

Из анализа работ [1; 11–14] следует, что в пористых порошковых материалах связь между проводимостью $\lambda_{\text{ПМ}}$ и пористостью Θ устанавливается зависимостью

$$\lambda_{\text{ПМ}} / \lambda_0 = \xi(1 - \Theta)^{1,5}. \quad (1)$$

Используемый в (1) параметр ξ для совершенных контактов между порошковыми частицами (или волокнами) может изменять в пределах от 0,9 до 1, а для несовершенных

$$\xi = 2a / D_0, \quad (2)$$

где λ_0 – проводимость материала порошковой частицы или волокна; a – размер контакта; D_0 – диаметр порошковой частицы или волокна.

В работах [1–3] показано, что зависимость (1) может использоваться для определения проводимости, в том числе и для пористых волоконных материалов. Однако в работе [1] для определения проводимости пористых волоконных материалов $\lambda_{\text{ПВМ}}$ рекомендуется использовать другую зависимость

$$\lambda_{\text{ПВМ}} / \lambda_0 = 0,25(1 - (2\xi + 1)\Theta + \sqrt{[1 - (2\xi + 1)\Theta]^2 + 8\xi(1 - \Theta)}). \quad (3)$$

Одними из недостатков зависимостей (2) и (3) являются то, что в них не учитываются геометрические отличия порошковых частиц от волокон, а также не учитывается связь между совершенными и несовершенными контактами в зависимости от пористости. Чтобы преодолеть эти недостатки, с учетом анализа ра-

бот [5; 10–13], введем модельные допущения, позволяющие приступить к решению поставленной задачи.

В работах [5; 14] для несовершенных контактов их электрическое сопротивление с достаточной степенью точности может оцениваться по формуле [7]

$$R_k = \rho_0 / 2a, \quad (4)$$

где ρ_0 – удельное электрическое сопротивление материала порошковой частицы или волокна.

Исходя из анализа работ [1; 11–13], волокно можно представить как волокнистую частицу цилиндрической формы, у которой оценка электрического сопротивления формирующихся контактов с другими волокнами может производиться с помощью зависимости

$$R_k = \frac{\rho_0}{\pi} \left[\frac{1}{a} \arctg \left(\sqrt{\left(\frac{d}{2a} \right)^2 - 1} \right) - 4,8 \sqrt{\frac{1}{4d^2} - \frac{a^2}{d^4}} \right]. \quad (5)$$

Чтобы получить аналогичную (1) зависимость для оценки относительной электропроводности пористого волоконного материала введем следующие модельные допущения.

Пусть волоконный материал состоит из дискретных хаотически ориентированных волокон диаметром d и длиной l , в котором круговые контакты между волокнами распределены равномерно по всей длине. При этом будем полагать, что эти контакты имеют одинаковые размеры, а отдельно взятый такой контакт можно представить в виде двух контактных элементов сопротивлением $R_k / 2$. Причем в зависимости от линейных размеров контактов R_k определяется либо с помощью (4) либо (5). Пусть количество контактных элементов, приходящихся на одну частицу, велико и определяется координационным числом Z [12]. Тогда при нумерации ветвей от середины, сопротивление i -й ветви равно $ri + R_k / 2$, где i изменяется от 0 до $Z / 2$. В этом случае проводимость i -й ветви с учетом расстояния от центра волокна до центра контакта определяется как

$$\lambda_i = \frac{1}{ri + R_k / 2} \frac{L_1 i}{l}, \quad (6)$$

где L_1 – длина межконтактного участка, а r – его сопротивление, которое определяется выражением

$$r = \rho_0 \frac{4L_1}{\pi d^2} = \frac{4\rho_0 l}{Z\pi d^2}. \quad (7)$$

Принимая во внимание принятые модельные допущения, исходя из (6), в рассматриваемом случае суммарная электропроводность (λ_Σ) всех ветвей сопротивлений будет определяться зависимостью

$$\lambda_\Sigma = \frac{L_1}{lr} \left(Z + \frac{R_k}{r} \ln \frac{R_k}{R_k + rZ} \right). \quad (8)$$

Для перехода от проводимости модели сопротивления единичного волокна к электропроводности волоконного материала ($\lambda_{\text{ПВМ}}$), с учетом анализа работ [12; 13], будем полагать

$$\lambda_{\text{ПВМ}} = \lambda_{\Theta} \left(1 + \frac{R_{\kappa}}{rZ} \ln \frac{R_{\kappa}}{R_{\kappa} + rZ} \right), \quad (9)$$

где λ_{Θ} – электропроводность волоконного материала с идеальными контактами между волокнами [9].

Исходя из (9), принимая во внимание (1) и (8), а также учитывая работы [1; 11–13], окончательную оценку относительной электропроводности пористых волоконных материалов, имеющих проницаемую поровую структуру, можно оценивать используя следующее выражение:

$$\lambda_{\text{ПВМ}} / \lambda_0 = \left[1 - \frac{A}{2l/d} \ln \left(\frac{2l/d}{A} + 1 \right) \right] \xi (1 - \Theta)^{1,5}, \quad (10)$$

где $A = \frac{1}{\xi} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{\xi} - 1, 2\sqrt{1 - \xi^2}$.

С учетом (10) значение координационного числа, необходимого для определения сопротивления контактов в (5), будет определяться как

$$Z = \frac{\lambda_{\text{ПВМ}}}{\lambda_{\text{ПМ}}} = \frac{\lambda_{\text{ПВМ}} ([2l/d] > 1)}{\lambda_{\text{ПВМ}} ([2l/d] = 1)}. \quad (11)$$

Полученные на основе принятых модельных допущений зависимости (10), (11), совместно с (1) являются безразмерными структурными характеристиками, показывающими отличие проводимости пористых волоконных и порошковых материалов по отношению к аналогичным, но компактным материалам.

В [1–3] приводятся результаты экспериментальных данных, отражающих влияние пористости и степени совершенства контактов, существующих между порошковыми частицами или волокнами, на относительную проводимость порошковых и волоконных материалов. Аналитически эта зависимость наиболее точно для волоконных материалов устанавливается на основе решений, получаемых с помощью приведенных (1), (3) и полученных (10), (11) зависимостей, которые на основе работ [1–3; 12–14] можно обобщить путем введения следующих характеристических параметров:

$$B(\Theta) = (1 - \Theta) \operatorname{arctg} \left([1 - \Theta] \sqrt{1 - [1 - \Theta]^{-2}} \right) - 1, 2\sqrt{1 - [1 - \Theta]^{-2}}, \quad (12)$$

$$\chi(\Theta, l/d) = \frac{2l}{B(\Theta)d}, \quad (13)$$

$$\Omega(\Theta, l/d) = 1 - \frac{\ln[\chi(\Theta, l/d) + 1]}{\chi(\Theta, l/d)}, \quad (14)$$

$$\Psi(\Theta) = 0,25 \left(1 - 2(1 - \Theta)\Theta + \sqrt{[1 - (3 - 2\Theta)\Theta]^2 + 8(1 - \Theta)^2} \right). \quad (15)$$

Характеристические параметры (12)–(15) при обобщении (1), (3), (10) и (11) позволяют получить зависимость

$$\lambda = \lambda_{\text{ПВМ}} / \lambda_0 = \Omega(\Theta, l/d) \Psi(\Theta). \quad (16)$$

Зависимость (16) определяет относительную проводимость волокнового материала, исходя из существующей пористости и соотношения усредненных размеров длины к диаметру, входящих в этот материал волокон. При сопоставимости линейных размеров диаметра и длины волокон, зависимость (16) также описывает относительную проводимость пористого порошкового материала.

Из вышеприведенного следует, что на основе анализа доли сферической и цилиндрической фаз в модельном пористом теле по В. В. Скороходу разработана модель для расчета проводимости пористых волокновых материалов. В этой модели зависимости (1), (10), (11) и (16) отражают структурную особенность пористых порошковых и волокновых материалов, благодаря которой проводимость этих материалов отличается от проводимости аналогичных, но компактных материалов. Вместе с принятыми допущениями, эти зависимости составляют основу разработанной математической модели, позволяющей получить сравнительную оценку проводимости пористых волокновых материалов.

Методика проведения модельного эксперимента и анализ полученных результатов. При проведении модельного эксперимента исследования электропроводности пористых порошковых и волокновых материалов проводились с использованием зависимостей (1) и (16). Входящие в зависимость (16) характеристические параметры устанавливались с помощью выражений (12)–(15).

Исследования электрического сопротивления пористых волокновых и порошковых материалов проводились с использованием зависимостей (4), (5) и (7). Для выявления связи между относительной величиной удельного сопротивления (γ) с соотношением размеров длины и диаметра волокна (ψ) использовались обобщенные величины γ и ψ . Причем при проведении модельного эксперимента вели-

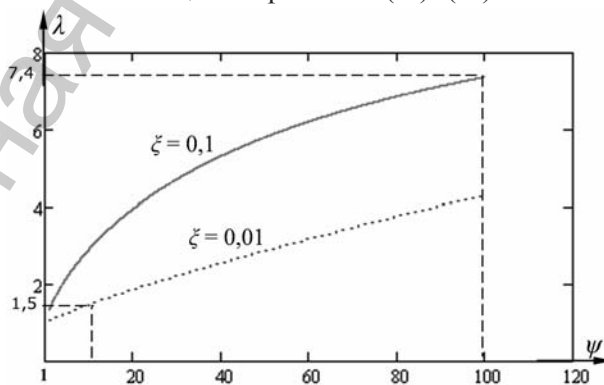


Рис. 1. Влияние увеличения соотношения длины к диаметру волокон на повышение относительной проводимости пористых волокновых материалов

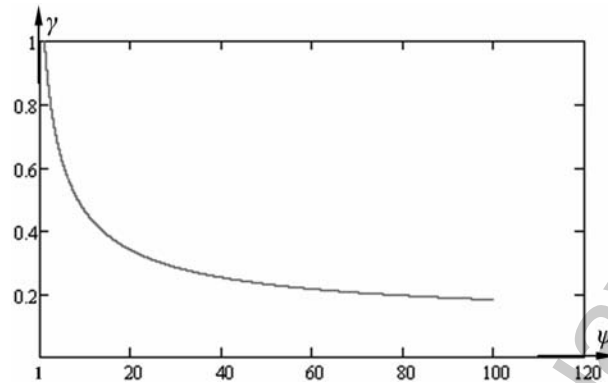


Рис. 2. Влияние увеличения соотношения длины к диаметру волокон на снижение относительного удельного сопротивления волокновых материалов

При этом для получения результатов, представленных на рис. 2, использовалась полученная на основе (7) зависимость:

$$\gamma(\psi) = \frac{r(40\%, 1)}{r(40\%, \psi)}. \quad (17)$$

На рис. 3 пористость (Π) проницаемых волокновых материалов представлена в относительных величинах, изменяемых в пределах от 0 до 1.

На основе анализа полученных результатов моделирования (рис. 1–3) можно сделать следующие выводы.

1. По сравнению с пористыми порошковыми материалами пористые волокновые материалы могут иметь более высокую электропроводность и, как следствие, более низкое электрическое сопротивление. Это объясняется повышенным количеством контактов, приходящихся на одно волокно по сравнению с порошковой частицей, имеющей средний диаметр, равный диаметру волокновой частицы.

2. Относительная электропроводность пористых волокновых материалов зависит от координационного числа, связанного с соотношением длины к диаметру волокновой частицы. Чем это соотношение больше, тем относительная электропроводность волокнового материала выше, а электрическое сопротивление по-

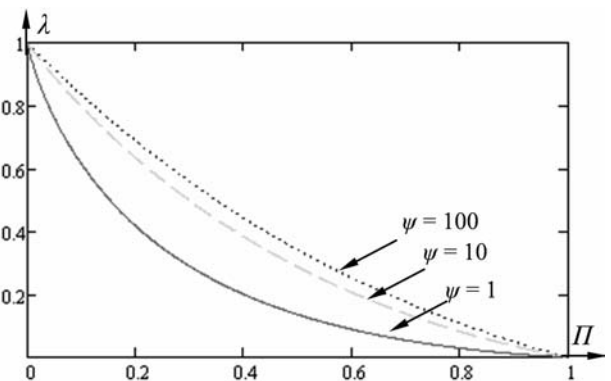


Рис. 3. Влияние пористости на относительную проводимость пористых порошковых и волокновых материалов

чина ψ для волокон изменялась в пределах от 10 до 100, а для частиц порошка – в пределах от 1 до 2.

Модельный эксперимент проводился с использованием специализированного математического пакета прикладных программ MathCad [15]. Результаты моделирования представлены на рис. 1–3.

При получении результатов, представленных на рис. 1 и 2, в расчетах пористость исследуемых материалов составляла 40 %.

ристых волоконных материалов ниже. В частности, если длина волокна превышает его диаметр в 10–100 раз, то электропроводность волоконных материалов может превышать электропроводность пористых материалов в 1,5–7 раз.

3. Учитывая существующую связь между электропроводимостью и теплопроводностью, разработанная модель для расчета проводимости пористых волоконных материалов может использоваться при оценке параметров тока и температурного поля в зоне контакта волоконных частиц при их электроимпульсном спекании, а также теплопроводности пористых волоконных материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследования (грант Т11УКР-017).

Литература

1. Пористые проницаемые материалы: справ. / под ред. С. В. Белова. М., 1987. – 335 с.
2. Пилиневич Л. П. и др. Пористые порошковые материалы с анизотропной структурой для фильтрующих жидкостей и газов / под ред. П. А. Витязя. Минск, 2005. – 252 с.
3. Пилиневич Л. П., Ильющенко А. Ф., Савич В. В., Звонарев Е. В. // *Машиностроитель*. 2010. № 6. С. 29–37.
4. Райченко А. И. Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока. М., 1987. – 128 с.
5. Белявин К. Н. и др. Теория и практика электроимпульсного спекания пористых порошковых материалов. Минск, 1997. – 180 с.
6. Hennicke J., Kessel H. U. // *Ceram. For. Int. / Ber. DKG* 81. 2004. N 11. P. 14–16.
7. Shen Z. et al. // *Am. Ceram. Soc.* 2002. Vol. 85, N 8. P. 1921–1927.
8. Zhang J., Zavaliangos A., Groza J. // *P/M Science & Technology Briefs*. 2003. Vol. 5, N 3. P. 17–21.
9. Роман О. В., Скороход В. В., Фридман Г. Р. Ультразвуковой и резистометрический контроль в порошковой металлургии. Минск, 1989. – 182 с.
10. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. М., 1968. – 940 с.
11. Holm R. *Electric Contacts*. Berlin; Heidelberg; New York, 1967. – 482 p.
12. Клименко В. Н., Косторнов А. Г., Крючков Ю. Н. // *Порошковая металлургия*. 1999. № 3/4. С. 107–110.
13. Скороход В. В. // *Порошковая металлургия*. 1967. № 6. С. 33–38.
14. Гусак А. А., Гусак Г. М., Бричкова Е. А. Справочник по высшей математике. Минск, 1999. – 640 с.
15. Макаров Е. Г. *Инженерные расчеты в Mathcad*. Спб., 2005. – 448 с.
16. Калашиников С. Г. *Электричество*. М., 2004. – 624 с.
17. Сивухин Д. В. *Общий курс физики: в 5 т.* М., 2004. Т. III: *Электричество*. – 654 с.

R. P. BYKAU, V. V. DOKTARAU, O. O. KUZNECHIK, L. P. PILINEVICH,
V. N. KLIMENKO, A. G. KOSTORNOV

MODELLING OF ELECTROCONDUCTIVITY OF FIBER POROUS MATERIALS

Summary

The model for calculating the electrical conductivity of porous powder and fibrous materials is presented. The model was developed on the basis of linear dimensions ratio analysis of powder particles and fibers, as well as of the contact zone and diameters of powder particles or fibers. The modeling shows, that fibrous materials may have higher conductivity and, consequently, lower electrical resistance as compared to the porous powder materials due to the increased number of contacts, corresponding to the fiber at the average. In particular, if the fiber length exceeds the diameter ten-hundredfold, then the electrical conductivity of the fibrous materials may exceed the electrical conductivity of the porous powder materials two-sevenfold. The developed model can be used in the calculation of modes of Field Assisted Sintering Technology of porous powder and fibrous materials.

УДК 574:539.1.04

В. И. ДОМАШ¹, А. И. СОКОЛИК², Н. В. КАБАНОВА², Т. П. ШАРПИО¹,
С. А. ЗАБРЕЙКО¹, Т. Г. ШАБАШОВА¹

**ВЛИЯНИЕ СТРЕССА НА ИЗМЕНЕНИЕ
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
И СОСТОЯНИЕ ИОН-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ
ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК**

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

²Белорусский государственный университет

(Поступила в редакцию 08.10.2012)

Получены данные по изменению уровня активности протеолитических ферментов, ингибиторов протеиназ, содержания пролина, антиоксидантной активности на ранних стадиях роста и развития люпина узколистного и озимой ржи при воздействии стрессовых условий (фитопатогенные микроорганизмы, засоление, тяжелые металлы). Установлена роль системы протеолиза и пролина в адаптации растений. Показано изменение функционирования ион-транспортных систем плазматической мембраны (поглощение калия корнями и ацидофицирующая активность корней) в условиях действия стрессора.

Введение. Растения в процессе роста и развития постоянно подвергаются воздействию неблагоприятных факторов внешней среды (действие повышенных и пониженных температур, закисление, засоление почв, действие тяжелых металлов, фитопатогенов и др.). В результате растения практически постоянно находятся в стрессированном состоянии, что приводит к снижению их продуктивности. При воздействии неблагоприятных факторов первичная реакция растений направлена на предотвращение повреждений всего организма. В ответ на стрессовые воздействия отмечается первичная реакция, способствующая активации защитных механизмов, затем наступает стадия адаптации и при длительном воздействии – стадия истощения [1–3]. К первым неспецифическим ответным реакциям растений относится катаболизм биополимеров, синтез стрессовых белков, повышение синтеза гидролитических ферментов, изменения проницаемости клеточных мембран и др. [4]. Действие негативных факторов вызывает появление защитно-адаптивных реакций, в которых большую роль играет ряд аминокислот

(пролин, гистидин, аспарагиновая, глютаминовая и др.), полиамины, углеводы, пептиды и белки [5; 6].

Одним из биотических факторов является инфицирование растений фитопатогенами, которое вызывает накопление полисахаридов, фенолов, фитоалексинов, ингибиторов протеаз, пероксидаз, изменения проницаемости плазматических мембран и т. д. [7; 8]. При взаимодействии растение–патоген наблюдается сдвиг в окислительной реакции, что приводит к образованию различных форм активного кислорода. Особое внимание в связи с изучением механизмов защиты от фитопатогенов уделяется гидролитическим ферментам (хитиназа, глюканаза), экспрессии генов PR-белков и ингибиторов протеаз [9].

Из абиотических факторов среды, вызывающих ухудшение экологической обстановки, следует отметить засоление. Устойчивость галофитов к существованию на засоленных почвах обеспечивается такими факторами, как способность их активно «выкачивать» токсичные ионы, а также усиленно синтезировать определенные вещества – осмолиты, которые обеспечивают внутреннюю регуляцию осмотического потенциала, что приводит к увеличению поглощения воды корнями [10]. Наиболее распространенным осмолитом является пролин, который может синтезироваться в растениях при солевом и водном стрессах. Благодаря увеличению содержания ряда веществ-осмолитов в растениях происходит повышение экспрессии генов, кодирующих ключевые ферменты, участвующие в биосинтезе осмопротекторов, позволяющих повысить устойчивость к осмотическому стрессу.

Все более актуальной является и проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, которые оказывают влияние на физиолого-биохимические процессы в растениях [11; 12]. Многие из металлов обладают высоким сродством к серосодержащим лигандам и образуют с ними прочные соединения. Попадая в клетки растений, они взаимодействуют с SH-группами, инактивируя многие ферменты. Это вызывает разнообразные нарушения метаболизма клеток, с чем связана высокая токсичность тяжелых металлов [13]. Среди тяжелых металлов наиболее распространены кадмий, медь и др. Тяжелые металлы вызывают многочисленные и разнообразные изменения метаболизма. Значительная часть действия металлов определяется развитием в клетке стрессовых реакций, возникающих в ответ на возможно избирательное повреждение отдельных процессов. В ответ на поступление металлов происходит активация различных систем защиты, направленных на поддержание гомеостаза. К таким относятся активация ферментов стресса (каталазы, пероксидазы, супероксидисмутазы), изменение физико-химических свойств клеточных оболочек, синтез полиаминов. Защитные механизмы обеспечивают выживание организма и его адаптацию в изменяющихся условиях окружающей среды [14; 15].

Абиотические и биотические факторы могут вызывать изменения и в клеточных мембранах растений, которые являются первыми из структур растительных клеток, контактирующих с потенциальным патогеном или с токсичными ионами

при действии засоления и тяжелых металлов. Они включают реакции мембранного потенциала, изменения ионных потоков, повышение уровня активности цитоплазматического Ca^{2+} и синтез активных форм кислорода (АФК) [16]. Индуцируемые изменения проницаемости мембран могут быть как элементами сигнальной цепи, приводящей к ответным реакциям клетки, так и составляющими самого ответа клетки на воздействие стресс-фактора, включая адаптацию. Возможны также изменения фотосинтетических, ростовых и формообразовательных процессов.

До настоящего времени нет сравнительных исследований, в которых на одном и том же объекте были бы изучены изменения ряда процессов при действии различных стресс-факторов. Следует отметить, что проведение таких исследований весьма актуально для развития представлений о стресс-реакциях и выявления специфики повреждающего действия неблагоприятных факторов внешней среды.

Цель работы – получить новые сведения об изменении компонентов системы протеолиза, антиоксидантной активности, содержании пролина и состоянии ион-транспортных систем плазматических мембран растений при воздействии стрессоров биотической и абиотической природы

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили прорастающие и 20-дневные растения люпина узколистного сорта Радужный и озимой ржи сорта Талисман. Семена растений замачивали в растворах, содержащих вызывающие стресс компоненты (культуральные жидкости фитопатогенов, ионы токсичных элементов), на сутки, после чего проращивали до 5-дневного возраста; затем проростки помещали на среду Кнопа на 20 дней.

Активность нейтральных протеиназ определяли по методу Ансона [17] в нашей модификации. За единицу активности принимали количество фермента, вызывающего образование 1 мкМ тирозина за 1 мин инкубации.

Активность БАПАазы определяли по методу Эрлангера [18]. За единицу активности принимали количество фермента в экстракте, которое катализирует образование 1 мкМ п-нитроанилина за 1 мин инкубации. Величину экстинкции переводили в мкМ по калибровочному графику.

Активность ингибиторов трипсина определяли по уменьшению скорости гидролиза субстрата ферментом в присутствии белков-ингибиторов. В основу определения взят метод Гофмана и Вайсбля [19]. В качестве субстрата использовали БАПА.

Определение антиоксидантной активности проводили по методике С. О. Beauchamp и I. Fridovich [20] с фотохимической системой генерирования радикалов супероксида, которая основана на реокислении фотовосстановленного рибофлавина. Образующийся супероксид-анионрадикал регистрировали спектрофотометрически на СФ-26 (Россия) по восстановлению нитросинего тетразолия до фиолетового формазана (при $\lambda = 560$ нм).

Содержание пролина определяли по методу [21; 22] с использованием раствора нингидрина.

Определение функциональной активности ион-транспортных систем плазматических мембран корней проростков (по ацидофицирующей активности и поглощению ионов калия), выращенных в водной культуре рулонным методом [23], проводили методом ионометрии с применением потенциометрического титрования.

Фитопатогенные микроорганизмы *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* и *Colletotrichum gloeosporioides* выращивали на среде Чапека в течение 25 сут. [24]. Для работы использовали культуральную жидкость фитопатогенов, которую отделяли от мицелия центрифугированием при 6000 об/мин в течение 20 мин.

Повторность опыта четырехкратная. Статистическую обработку данных проводили с использованием компьютерных программ Stadia и Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Исследование действия культуральной жидкости патогенов 10, 1 и 0,5 %-ной концентрации на прорастающие семена люпина показали, что все концентрации кроме 0,5 % угнетают рост и развитие проростков. Поэтому семена люпина замачивали в 0,5 %-ной концентрации культуральной жидкости в течение суток, после чего проращивание проводили на дистиллированной воде. Исследовали биохимические показатели на третьи и пятые сутки прорастания.

В табл. 1–3 представлены данные об изменении активности протеолитических ферментов, функционирующих при нейтральных и щелочных pH среды, активности ингибиторов трипсина и антиоксидантной активности.

Результаты исследований показали стрессорирующее действие метаболитов культуральной жидкости фитопатогенов, которые снижали активность нейтральных протеаз к пятым суткам прорастания в среднем на 15 %. Ответная реакция проростков связана с повышением активности щелочных протеаз (БАПАазы), которая увеличивалась на третьи сутки прорастания от действия культуральной жидкости *Fusarium* и *Colletotrichum* в среднем на 24,4 %, в остальных случаях она была на уровне контроля. Активность ингибиторов трипсина на

Т а б л и ц а 1. Активность нейтральных протеаз в прорастающих семенах люпина сорта Радужный при воздействии фитопатогенов

Вариант	ЕА/г	
	сырой массы	абс. сух. массы
72 ч		
Контроль	9,39 ± 0,22	28,19 ± 1,19
<i>Alternaria alternata</i>	7,79 ± 0,16	25,28 ± 0,26
<i>Colletotrichum gloesp.</i>	8,93 ± 0,23	27,74 ± 0,40
<i>Fusarium oxysp.</i>	8,80 ± 0,21	28,66 ± 0,54
120 ч		
Контроль	7,15 ± 0,18	32,54 ± 1,86
<i>Alternaria alternata</i>	6,79 ± 0,24	29,27 ± 1,42
<i>Colletotrichum gloesp.</i>	5,08 ± 0,34	23,48 ± 0,43
<i>Fusarium oxysp.</i>	6,32 ± 0,25	27,43 ± 0,25

Т а б л и ц а 2. Активность щелочной протеазы (БАПАазы) в прорастающих семенах люпина сорта Радужный при воздействии фитопатогенов

Вариант	ЕА/г	
	сырой массы	абс. сух. массы
72 ч		
Контроль	25,01 ± 2,02	75,12 ± 4,22
<i>Alternaria alternata</i>	24,26 ± 2,00	78,78 ± 5,72
<i>Colletotrichum gloesp.</i>	27,54 ± 2,81	75,53 ± 4,56
<i>Fusarium oxysp.</i>	28,70 ± 1,90	93,46 ± 3,81
120 ч		
Контроль	16,80 ± 1,51	75,23 ± 3,80
<i>Alternaria alternata</i>	17,60 ± 0,93	74,78 ± 2,81
<i>Colletotrichum gloesp.</i>	16,53 ± 0,52	76,44 ± 3,22
<i>Fusarium oxysp.</i>	15,73 ± 1,00	68,29 ± 4,31

Т а б л и ц а 3. Активность ингибиторов трипсина и общей антиоксидантной активности (АОА) в прорастающих семенах люпина сорта Радужный при воздействии фитопатогенов

Вариант	ИЕ/г		АОА, %
	сырой массы	абс. сух. массы	
72 ч			
Контроль	0,32 ± 0,18	0,95 ± 0,06	26,60
<i>Alternaria alternata</i>	0,42 ± 0,02	1,37 ± 0,01	48,15
<i>Colletotrichum gloesp.</i>	0,32 ± 0,01	0,99 ± 0,02	29,55
<i>Fusarium oxysp.</i>	0,53 ± 0,02	1,72 ± 0,01	56,80
120 ч			
Контроль	Сл.	Сл.	62,20
<i>Alternaria alternata</i>	Сл.	Сл.	63,85
<i>Colletotrichum gloesp.</i>	Сл.	Сл.	45,40
<i>Fusarium oxysp.</i>	Сл.	Сл.	54,00

третьи сутки повышалась от действия метаболитов *Alternaria* и *Fusarium* соответственно на 44 и 81 %. Известно, что эти белки выполняют защитную функцию при поражении патогенной микрофлорой [5]. На пятые сутки прорастания обнаруживались лишь следовые количества ингибиторов трипсина в связи с их высвобождением в окружающую среду из протеиназно-ингибиторного комплекса. Действие стрессора способствовало ответной реакции растений в виде повышения антиоксидантной активности проростков. Содержание пролина на третьи сутки прорастания повышалось в среднем на 9 %.

Представляло интерес исследовать также и показатели функционального состояния корней растений – их ацидофицирующую активность и скорость поглощения ионов калия. На рис. 1 видно, что предобработка семян культуральными филтратами различных патогенов по-разному влияет на тестируемые процессы.

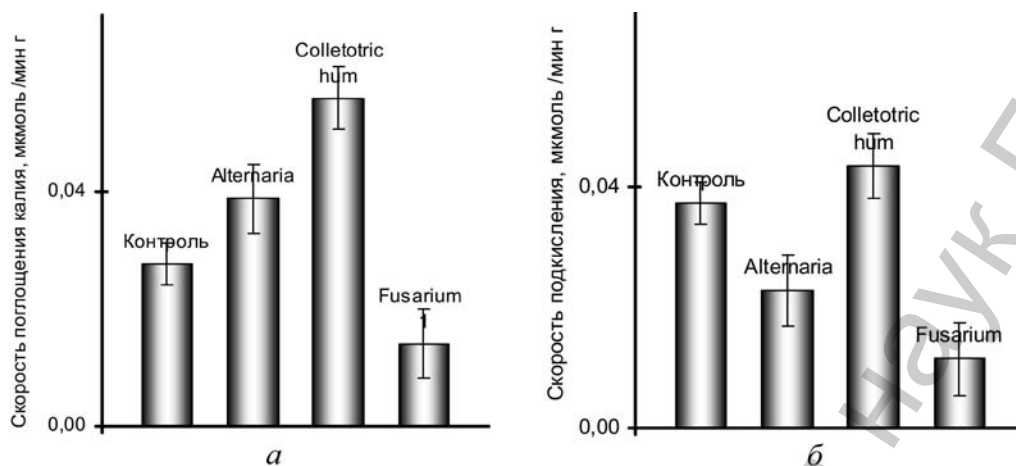


Рис. 1. Влияние предпосевной обработки семян люпина культуральными фильтратами грибов на активность корневой системы семидневных проростков: *а* – скорость поглощения ионов калия из среды, *б* – скорость выделения ионов водорода (ацидофицирующая активность)

Так, процесс поглощения калия (рис. 1, *а*) практически неизменен при действии *Alternaria*, но в то же время он стимулируется выделениями *Colletotrichum* более чем вдвое и ингибируется культуральным фильтратом *Fusarium*.

Ацидофицирующая активность (рис. 1, *б*, выделение ионов водорода корнями) показывает схожую с поглощением калия картину для *Colletotrichum* и *Fusarium*. В данном случае наблюдается небольшая стимуляция и значительное ингибирование (в 3,5 раза) при обработке фильтратом *Fusarium*. Зато для *Alternaria* наблюдается противоположный эффект – заметное ингибирование процесса выделениями фитопатогена. Полученные данные показывают специфичность действия метаболитов исследуемых фитопатогенов на физиолого-биохимические показатели растений.

Представляло интерес провести исследование действие ионов хлора, меди и кадмия на изменение ряда показателей 20-дневных растений люпина узколистного сорта Радужный и ржи сорта Талисман, выращенных на смеси Кюпа в лабораторных условиях. В табл. 4 и 5 представлены данные по действию засоления и тяжелых металлов на активность компонентов системы протеолиза.

Т а б л и ц а 4. Действие ионов хлора, меди и кадмия на активность компонентов системы протеолиза 20-дневных растений люпина узколистного сорта Радужный

Вариант опыта	Нейтральные протеазы, ЕА/г		БАПАаза, ЕА/г		Активность ингибиторов трипсина, ИЕ/г	
	сырой массы	абс. сух. массы	сырой массы	абс. сух. массы	сырой массы	абс. сух. массы
Контроль (вода)	7,20 ± 0,1	62,50 ± 0,02	9,97 ± 0,13	86,51 ± 0,78	2,37 ± 0,06	20,61 ± 0,04
0,1 М NaCl	7,79 ± 0,04	70,66 ± 0,39	10,53 ± 0,01	95,58 ± 0,07	2,30 ± 0,00	20,87 ± 0,07
2,5 мМ CuSO ₄	8,57 ± 0,07	71,42 ± 0,40	11,1 ± 0,01	92,50 ± 0,1	2,15 ± 0,00	17,92 ± 0,10
0,3 мМ CdCl ₂	8,06 ± 0,04	70,33 ± 0,54	10,87 ± 0,05	92,09 ± 0,40	2,17 ± 0,02	18,39 ± 0,06

Т а б л и ц а 5. Действие ионов хлора, меди и кадмия на активность компонентов системы протеолиза 20-дневных растений ржи сорта Талисман

Вариант опыта	Нейтральные протеазы, ЕА/г		БАПАаза, ЕА/г		Активность ингибиторов трипсина, ИЕ/г	
	сырой массы	абс. сух. массы	сырой массы	абс. сух. массы	сырой массы	абс. сух. массы
Контроль (вода)	6,04 ± 0,1	79,61 ± 0,02	7,89 ± 0,03	103,59 ± 0,18	1,30 ± 0,06	17,06 ± 0,02
0,1 М NaCl	6,85 ± 0,03	91,38 ± 0,18	8,40 ± 0,01	112,0 ± 0,07	1,25 ± 0,00	16,67 ± 0,07
1,6 мМ CuSO ₄	7,99 ± 0,04	90,09 ± 0,32	9,97 ± 0,03	102,39 ± 0,31	1,11 ± 0,00	11,30 ± 0,02
0,3 мМ CdCl ₂	7,41 ± 0,03	87,42 ± 0,24	8,35 ± 0,05	98,43 ± 0,32	1,10 ± 0,02	12,97 ± 0,06

Из данных таблиц видно, что засоление и тяжелые металлы приводят к изменению активности протеолитических ферментов и ингибиторов трипсина в 20-дневных растениях люпина и ржи. Так, у растений люпина действие 0,1 М NaCl приводит к повышению активности нейтральных и щелочных протеаз на 10–13 %, действие 2,5 мМ CuSO₄ активизирует эти ферменты на 6–14 %, а 0,3 мМ CdCl₂ – на 6–12 %. У растений озимой ржи активность нейтральных протеаз от действия исследованных элементов повышалась на 9–14 %. Активность же щелочного фермента БАПАазы повышалась на 8,9 % от действия ионов хлора, но наблюдалось некоторое снижение активности при воздействии ионов меди и кадмия (на 1,2–5 %). С повышением активности протеаз наблюдалось снижение активности ингибиторов (в среднем на 10 %) у растений обоих видов.

Результаты исследований показали также (табл. 6), что с воздействием засоления и тяжелых металлов наблюдается изменение содержания в растениях пролина, показателя наличия стресса в растениях, а также антиоксидантной активности.

Т а б л и ц а 6. Действие ионов хлора, меди и кадмия на биохимические показатели 20-дневных растений люпина и ржи

Вариант опыта	Содержание пролина, мкг/г абс. сух. массы	Антиоксидантная активность, %	% абс. сух. массы
<i>Люпин узколистный (Радужный)</i>			
Контроль (вода)	5,08	63,5	11,52
0,1 М NaCl	7,15	56,5	11,02
1,6 мМ CuSO ₄	4,37	50,3	12,00
0,3 мМ CdCl ₂	5,96	48,6	11,80
<i>Озимая рожь (Талисман)</i>			
Контроль (вода)	0,88	47,3	7,62
0,1 М NaCl	1,33	42,2	7,50
1,6 мМ CuSO ₄	0,91	39,8	9,74
0,3 мМ CdCl ₂	1,20	35,3	8,48

Как видно из данных табл. 6, засоление вызывает повышение содержания пролина у растений люпина на 40,7 %, а у растений ржи на 51 %. Под действием

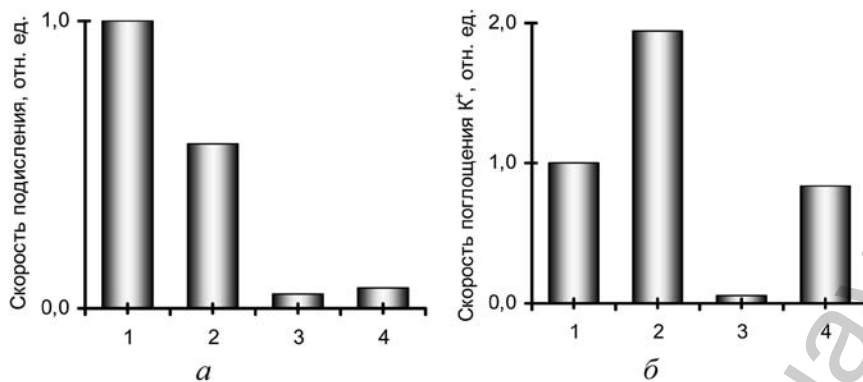


Рис. 2. Влияние предобработки семян хлоридом натрия и тяжелыми металлами на показатели функционального состояния корня проростков люпина (а – ацидофицирующая активность, б – скорость поглощения калия): 1 – контроль, 2, 3 и 4 – проростки, выращенные из семян, предварительно выдержанных сутки в растворах хлорида кадмия (0,3 ммоль/л), сульфата меди (2,5 ммоль/л) и хлорида натрия (100 ммоль/л) соответственно

ионов кадмия содержание пролина повышается соответственно на 17,3 и 36 %. Действие ионов меди наблюдалось в меньшей степени. Действие стрессоров вызвало снижение общей антиоксидантной активности в растениях люпина в среднем на 11,2 %, а у ржи – на 17,5 %.

Задачей работы было также выявить влияние предпосевной обработки семян люпина узколистного и озимой ржи на изменения состояния ион-транспортных систем плазматической мембраны растительных клеток при воздействии солевого стресса (натриевого и хлоридного) и тяжелых металлов (медь и кадмий).

Результаты экспериментов представлены на рис. 2. Как видно из данных предобработка семян хлоридом натрия и тяжелыми металлами по-разному влияет на тестируемые показатели.

Так, выделение протонов корнями люпина наполовину подавляется кадмием и практически полностью – медью и хлоридом натрия. В то же время обработка кадмием вдвое увеличивает скорость поглощения калия, которая полностью подавляется медью и незначительно – предобработкой хлоридом натрия.

Результаты аналогичных экспериментов для проростков ржи показаны на рис. 3. Видно, что в отличие от люпина рожь более устойчива к предобработке семян хлоридом натрия: как ацидофицирующая активность, так и поглощение калия в этом случае остаются практически неизменными. В то же время кадмий и медь значительно подавляют поглощение калия, но практически не действуют на ацидофикацию. Это, возможно, связано с тем, что белковый аппарат у чувствительных растений нуждается в более глубокой перестройке в условиях стресса.

Заключение. Основные результаты проведенных исследований позволили установить целый ряд биохимических изменений на начальных этапах роста и развития растений под действием стрессовых факторов биотической и абиотической природы. Адаптация растений к стрессовым факторам связана с измене-

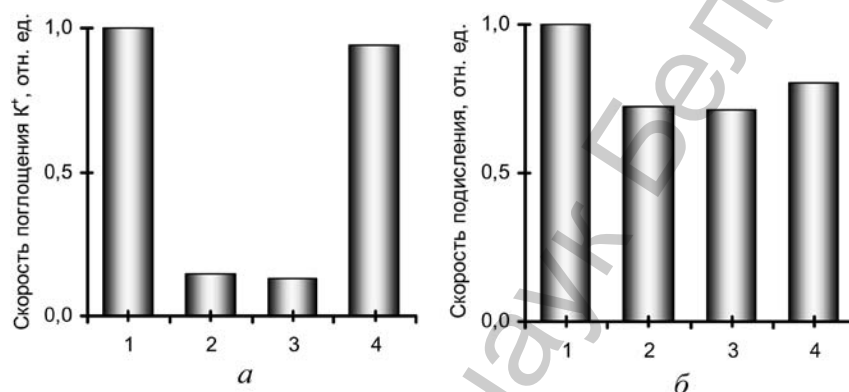


Рис. 3. Влияние предобработки семян озимой ржи хлоридом натрия и тяжелыми металлами на показатели функционального состояния корня проростков (*а* – ацидофицирующая активность, *б* – скорость поглощения калия): 1 – контроль, 2, 3 и 4 – проростки, выращенные из семян, предварительно выдержанных сутки в растворах хлорида кадмия (0,3 ммоль/л), сульфата меди (1,6 ммоль/л) и хлорида натрия (100 ммоль/л) соответственно

нием в регуляции стресс-зависимых генов. При этом может происходить увеличение активности одних генов и подавление других. В условиях стресса протеолитические ферменты могут не только расщеплять денатурированные белки, но и участвовать в активации вновь синтезированных белков. В растениях существует система контроля протеолитической активности в виде наличия белков-ингибиторов протеиназ [25]. Так, показано, что инфицирование семян приводит к снижению активности нейтральных протеаз к пятым суткам прорастания в среднем на 15 %, а активность щелочных протеаз находится на уровне контроля. В качестве ответной реакции растений на метаболиты фитопатогенов наблюдалось повышение активности ингибиторов трипсина и общей антиоксидантной активности. Установлены также стимуляция процессов поглощения ионов калия при действии *Colletotrichum* и ингибирование (в 3,5 раза) для ацидофицирующей активности при действии *Fusarium*.

Проведенные исследования по действию абиотического стресса (засоление, тяжелые металлы) на ряд биохимических процессов позволили установить, что стрессор изменяет активность системы протеолиза и снижает антиоксидантную активность как у бобовых, так и злаковых растений. Стресс нарушает ацидофицирующую активность и скорость поглощения калия корнями растений. В ходе эксперимента удалось установить, что ион-транспортные процессы в мембранах клеток корней проростков люпина (на примере выделения ионов водорода и поглощения калия) чувствительны к стрессорам (грибным патогенам),

Результаты исследований вносят определенный вклад в раскрытие механизма действия стрессовых факторов на растения и будут способствовать разработке способов снижения их негативного действия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Б11ОБ-075).

Литература

1. Удовенко Г. В. // Физиол. и биохимия культ. раст. 1979. Т. 11. С. 99–107.
2. Кузнецов В. В., Кимпел Дж., Гокджиян Дж. // Физиол. раст. 1987. Т. 34. С. 859–868.
3. Селье Г. На уровне целого организма. М., 1972. – 122 с.
4. Тарчевский И. А. // Физиол. раст. 2000. Т. 47. С. 321–331.
5. Мосолов В. В., Валужева Т. А. // Прикл. биох. и микробиол. 2005. Т. 41, № 3. С. 261–283.
6. Ryan С. А. // Bioch. Bioph. Acta. 2000. Vol. 1477. P. 112–121.
7. Валужева Т. А., Мосолов В. В. // Успехи биол. химии. 2002. Т. 42. С. 193–216.
8. Шакирова Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа, 2001. – 160 с.
9. Мосолов В. В. Белковые ингибиторы как регуляторы процессов протеолиза. М., 1983. – 62 с.
10. Духовский П., Юкинс Р., Бразайтите А., Жукаускайте И. // Физиол. раст. 2003. Т. 50, № 2. С. 165–173.
11. Елькина Г. Я., Табаленкова Г. Н., Куренкова С. В. // Агрохимия. 2001. № 8. С. 73–78.
12. Серёгин И. В., Иванов В. Б. // Физиол. растений. 2001. Т. 48, № 4. С. 606–630.
13. Демидчик В. В., Соколик А. И., Юрин В. М. // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121, № 2. С. 190–197.
14. Феник С. И., Трофимик Т. Б., Блюм Я. Б. // Успехи соврем. биологии. 1995. Т. 115. С. 261–275.
15. De Vos С. H. R., Schat H. Ecological responses to environmental stresses. Amsterdam, 1991. P. 22–30.
16. Юрин В. М., Соколик А. И., Кудряшов А. П. и др. Пестициды и растение: влияние на ион-транспортные системы плазматической мембраны. Минск, 2011. – 260 с.
17. Anson M. Z. // J. Gen. Physiol. 1938. Vol. 22, N 1. P. 79–89.
18. Erlanger F., Kokowsky N., Cohen W. // Arch. Biochem. and Biophys. 1961. Vol. 96. P. 271–278.
19. Гофман Ю. Я., Вайсблай И. М. // Прикл. биохимия и микробиол. 1975. Т. 11, вып. 5. С. 777–787.
20. Beauchamp С. O., Fridovich I. // Anal. Biochem. 1971. Vol. 44, N 1. P. 276–287.
21. Аверина Н. Г., Грицкевич Е. Р. // Физиол. раст. 2010, Т. 57, № 6. С. 849–866.
22. Mistra N., Gupta A. K. // Plant Sci. 2005. Vol. 169. P. 331–339.
23. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. М., 1968. – 266 с.
24. Прист Ф. Внеклеточные ферменты микроорганизмов. М., 1987. – 117 с.
25. Мосолов В. В., Валужева Т. А. // Прикл. биохимия и микробиол. 2011. Т. 47, № 5. С. 501–507.

V. I. DOMASH, A. I. SOKOLIK, N. V. KABANOVA, T. P. SHARPIO,
S. A. SABREIKO, T. G. SHABASHOVA

INFLUENCE OF STRESS CONDITION ON THE CHANGES IN PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS AND THE STATE OF ION-TRANSPORT SYSTEMS OF THE PLASMA MEMBRANE OF PLANT CELLS

Summary

Data about changes in the level of activity of proteolytic enzymes, proteinase inhibitors, proline content, antioxidant activity in the early stages of growth and development of blue lupine and rye under stress conditions (phytopathogenic microorganisms, salinity, heavy metals) were obtained. The role of proteolysis system and prolin at the adaptation of plants was determined. It has been shown the changes in the functioning of ion-transport systems of the plasma membrane (potassium uptake activity of roots and acidification root activity) under the influence of stressor.

УДК 911.52+556.551(476)

С. А. ХОМИЧ, Я. И. АНОШКО, А. О. ДАНИЛЬЧЕНКО, Ю. И. ДИКАРЕВА

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ
ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ОБВОДНЕННЫХ КАРЬЕРОВ БЕЛАРУСИ**

Белорусский государственный университет

(Поступила в редакцию 23.10.2012)

Анализируются предпосылки и условия туристско-рекреационного использования уникальных природно-техногенных лимнических систем, созданных в процессе рекультивации отработанных месторождений мела, песка, гравия, доломита в различных регионах Беларуси. Разработаны геоэкологические принципы проектирования туристско-рекреационного освоения разнотипных карьерных водоемов с учетом предельно допустимых их функциональной организацией рекреационных нагрузок. Геоэкологическое проектирование туристско-рекреационного использования обводненных карьеров Беларуси рассматривается как инструмент экологической реабилитации земель, нарушенных открытой добычей нерудных полезных ископаемых, и перехода к устойчивому развитию постпромышленных территорий.

В условиях экономического кризиса у белорусских граждан резко сократились возможности отдыха за рубежом. Связанное с этим стремительное развитие внутреннего туристического рынка в летние периоды 2011–2012 гг. привело к стихийному туристско-рекреационному освоению уникальных природно-техногенных лимнических систем, созданных в процессе рекультивации отработанных месторождений мела, песка, гравия, доломита в различных регионах Беларуси. В условиях интенсивного рекреационного воздействия легко уязвимая продукционно-функциональная система новообразованных водоемов подвержена ускоренным процессам антропогенного эвтрофирования. Актуализация и использование новых, ранее не использованных туристско-рекреационных ресурсов карьерных водоемов для развития туризма как базового направления перехода к устойчивому развитию деградированных в ходе вскрышных и добычных работ территорий, требует геоэкологического сопровождения туристско-рекреационного использования инновационного ресурса. Геоэкологическое проектирование туристско-рекреационного использования обводненных карьеров Беларуси

рассматривается как инструмент экологической реабилитации земель, нарушенных открытой добычей нерудных полезных ископаемых, и перехода к устойчивому развитию постпромышленных территорий, формирования надежного механизма устойчивости карьерных водоемов и управления процессами изменения их трофического статуса.

Цель исследования состояла в разработке геоэкологических принципов проектирования туристско-рекреационного освоения разнотипных карьерных водоемов с учетом предельно допустимых их функциональной организацией рекреационных нагрузок.

Особенности водохозяйственной рекультивации отработанных карьеров минерального сырья и направления их хозяйственного использования отражены в работах Р. И. Федотова [1; 2], В. А. Прокопени [3; 4], В. А. Овчинникова, Т. П. Федосеевой, Т. Б. Минаковой [5] и др. Комплексное геоэкологическое изучение влияния туристско-рекреационной деятельности на состояние продукционно-функциональной системы озер в карьерах ранее не проводилось. Не решалась также практическая задача проектирования туристического продукта с учетом прогнозной оценки влияния рекреационной нагрузки на устойчивость карьерных водоемов к процессам антропогенного эвтрофирования. Геоэкологические принципы использования туристско-рекреационных ресурсов обводненных карьеров Беларуси с учетом прогнозной оценки рекреационной нагрузки со стороны водосборов и устойчивости продукционно-функциональной структуры карьерных водоемов к процессам антропогенного эвтрофирования предложены впервые.

Разработка геоэкологических принципов туристско-рекреационного использования обводненных карьеров Беларуси базируется на результатах оценки устойчивости продукционно-функциональной структуры карьерных водоемов к рекреационному воздействию и международном опыте использования обводненных карьерно-отвальных комплексов в туристско-рекреационных целях.

В качестве ключевой предпосылки туристско-рекреационного использования обводненных карьеров рассмотрены их принципиальное сходство с естественными лимническими системами, обусловленное аккумуляцией природных вод в техногенных котловинах со сходными морфометрическими параметрами; замедленный водообмен и стабильный уровенный режим; сходные показатели солевого состава и величины содержания биогенных элементов; общая направленность биопродукционных и седиментационных процессов. Как инновационный ресурс для развития внутреннего туристического рынка Республики Беларусь рассматриваются более 130 обводненных карьерно-отвальных комплексов, образованных на месте отработанных меловых, доломитовых, песчано-гравийных и глинистых месторождений.

Для оценки туристско-рекреационного потенциала новообразованных водоемов и их устойчивости к рекреационным нагрузкам проведены гидрогеохимические, гидробиологические, седиментационные и геоморфологические исследова-

ния. Ключевыми объектами водохозяйственной рекультивации выбраны водоемы в песчаных (Сморгонь), песчано-гравийных (Лиозно Северный, Лиозно Южный), доломитовых (Руба, Верховье, Тяково-Койтово), меловых (Красносельский Голубой, Красносельский Лазурный) и глинистых (Гайдуковка, Новая Рудня) карьерах. Каждая из названных групп полезных ископаемых соответствует покровным отложениям определенного генезиса, связана с определенными формами рельефа, характеризуется сходными геологическими и гидрологическими условиями (глубина и форма залегания полезного ископаемого, мощность, угол падения пласта, уровень грунтовых вод), что позволяет дифференцировать карьерные водоемы по морфометрическим параметрам, объемам и инерционным свойствам водных масс.

Площади карьерных водоемов колеблются от 1,12 га (Новая Рудня) до 124,99 га (Сморгонь). Общий диапазон изменения максимальных глубин от 2,5 до 23,0 м. Объемы водных масс в исследованных водоемах изменяются от 0,012 (Новая Рудня) до 7,226 млн м³ (Сморгонь). Величина объема водных масс имеет принципиальное значение для устойчивого функционирования карьерных водоемов, так как в отличие от естественных водоемов, где уже сформирована продукционно-функциональная структура, выработан и действует механизм, компенсирующий антропогенные воздействия, в карьерных водоемах такая структура только начинает складываться. Неустойчивость новообразованных водоемов усугубляется незначительными размерами котловин, слабыми инерционными свойствами небольших объемов водных масс. Важным показателем исходных морфометрических условий формирования продукционно-функциональной структуры водоема является также открытость, определяемая отношением площади водоема к его средней глубине. Самым высоким значением этого показателя характеризуется крупнейший по площади карьерный водоем Сморгонь, подверженный интенсивному ветровому перемешиванию. Значительны величины открытости и в карьерных водоемах Кричев, Верховье, Гайдуковка, Мороськи, Лиозно Северный и Южный (от 2,17 до 3,22). Невысокими значениями (0,61–0,78) коэффициента открытости характеризуются стратифицированные водоемы Голубой, Лазурный, Тяково-Койтово, небольшие по площади, со значительными глубинами. Учтены и рассчитаны также длина и коэффициент изрезанности береговой линии. К числу водоемов с наиболее изрезанной береговой линией относятся карьерные водоемы Лиозно Северный, Лиозно Южный, Мороськи, Сморгонь, Верховье. Оценивалась также емкость водоемов (отношение средней глубины к максимальной), которая варьирует от 0,38 до 0,74, определяя широкий диапазон динамических явлений и термической стратификации водной массы.

Исследование морфометрических параметров разнотипных карьерных водоемов свидетельствует о сопоставимости морфологии котловин новообразованных аквальных и естественных лимнических систем региона. Присущая карьерным водоемам специфика морфологических элементов – сложный топографический рисунок дна, отсутствие в ряде случаев литорального мелководья, невыра-

ботанность берегов – является следствием их техногенного происхождения и молодости. Вид добываемого сырья, геологические условия залегания месторождения, технология его разработки определяют морфологические особенности котловин и «малых водосборов» карьерных водоемов. В причинной связи с ними находятся рельеф ложа, строение и размеры литоральной зоны, выраженность процессов абразии берегов, склоновой эрозии и химической денудации. В свою очередь морфология выработки, вмещающей водную массу, сказывается на особенностях гидродинамических, гидрохимических и гидробиологических процессов в карьерном водоеме. При этом проявляются закономерности и зависимости, свойственные естественным озерам. Химический состав вод карьерных водоемов определяется, с одной стороны, преобладающим типом питания, а с другой – антропогенным поступлением компонентов солевого состава (Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+) и биогенных веществ (главным образом соединений фосфора и азота). Основными источниками загрязнения с начала существования карьерных водоемов являются промышленные предприятия, которые выработали для своих технологических нужд карьеры и продолжают работать на привозном сырье, а расположенные рядом водоемы используют как приемники технологических отходов производства (Кричевский цементно-шиферный комбинат, кирпичный завод близ водоема Мороськи). Кроме этих предприятий, важным поставщиком Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ и биогенных веществ являются промышленные и сельскохозяйственные предприятия, технологически не связанные с разработкой полезных ископаемых, но расположенные в пределах водосборных территорий и также сбрасывающие в них свои сточные воды (молочно-консервный завод на берегу водоема Лиозно Северный, птицефабрика близ водоема Верховье). Источником загрязнений и эвтрофирующих воздействий может быть рекреация, стихийно развивающаяся на берегах карьерных водоемов (Лиозно Южный, Сморгонь, Красносельский Голубой, Красносельский Лазурный и др.).

В настоящее время химический состав вод всех исследованных водоемов обнаруживает антропогенные трансформации, проявляющиеся в высоком содержании Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , соединений фосфора и азота. Интенсивное загрязнение сульфатами испытывают водоемы Кричев и Старик. Значительные биогенные нагрузки отмечены для карьерных водоемов Верховье, Мороськи, Лиозно Северный, Сморгонь, Лиозно Южный. В условиях химического и биогенного загрязнения, которое испытывают в разной степени все карьерные водоемы, их реакция на этот вид воздействия неодинакова. Она зависит от поступления загрязняющих веществ с водосбора и от лимнических особенностей самих водоемов. Наиболее благополучное состояние водоемов Кричев, Красносельский Голубой, Руба, Гайдуковка, Лиозно Южный, являющихся, как и остальные водоемы, объектами разнообразных антропогенных воздействий, можно связать с особенностями их морфометрии, которая определяет инерционные свойства водных масс и способствует значительно большему, чем в остальных водоемах, развитию погруженных макрофитов, выполняющих барьерную функцию по аккумуляции

эвтрофирующих веществ. Для названных выше водоемов характерны высокая прозрачность воды, отсутствие заметно выраженного дефицита кислорода в придонных слоях летом и достаточно высокое содержание кислорода во всей толще воды в зимнее время. Всем же остальным водоемам присущи выраженные в разной степени нарушения ряда физико-химических показателей, свидетельствующих о неспособности аквальных систем противостоять эвтрофирующим воздействиям. Ярче всего эти нарушения проявляются в интенсивно загрязняемых высокотрофных водоемах Верховье и Мороськи, где отмечены признаки ухудшения кислородного режима, низкие значения прозрачности, накопление углекислоты в придонных слоях, обогащенные соединениями биогенов донные осадки. Нередко увеличено содержание углекислоты и у поверхности. Высокими значениями характеризуются также концентрации биогенных элементов в водной толще [6].

Двойственное естественно-техногенное происхождение карьерных водоемов (генетический дуализм), проявляющееся в принципиальном сходстве и различии с естественными лимническими системами, предопределяет необходимость и возможность управления новообразованными геотехсистемами на этапах их формирования и функционирования в соответствии с целевыми приоритетами постпромышленного хозяйственного использования. Необходимость управления объектами водохозяйственной рекультивации определяется несформированностью продукционно-функциональных структур и отсутствием на ранних стадиях развития водоемов природных механизмов устойчивости к эвтрофирующим воздействиям, слабыми инерционными свойствами небольших объемов водных масс, интенсивным техногенным воздействием водосборов. Возможность управления карьерными водоемами заложена в принципиальном сходстве с естественными озерами, тесной определяющей связи рукотворных морфометрических параметров карьеров-котловин с формированием термической, гидрохимической, гидробиологической специфики водной массы. Исходным управленческим решением предлагается считать ориентацию карьерных водоемов на создание преимущественно продукционно-макрофитных систем, способных к эффективному и совершенному саморегулированию, обеспечивающему длительное, устойчивое существование новообразованных аквальных систем в условиях рекреационного использования их водосборов. Концепция управления новообразованными карьерно-аквальными комплексами состоит в поддержании системы в пределах «потенциального оптимума», обеспеченного в продукционно-фитопланктонных водоемах оптимальными морфометрическими параметрами карьеров-котловин, а в водоемах макрофитной ориентации гарантированным оптимальными морфометрическими параметрами плюс барьерной функцией погруженных макрофитов. Поддержание аквальных систем обоих типов в пределах «потенциального оптимума» соответствует изменению градиента эвтрофирования от 1 до 4 [6; 7]. Анализ зарубежного опыта рекреационного использования карьерных водоемов в Польше, Чехии, Словакии, Украине свидетельствует о необходимости экологического менеджмента на этапах горнопромышленной рекультивации и формиро-

вания морфометрических параметров водовмещающих котловин; организации размерности и дренированности водосборов; проектирования туристической инфраструктуры в пределах водосборных территорий и разработки содержания туристических программ с учетом не только приоритетов потребительских целевых сегментов, но и экологической устойчивости аквальной системы. Управление созданием и устойчивым функционированием объектов водохозяйственной рекультивации должно осуществляться в рамках геоэкологического проектирования, ориентированного на последовательную ренатурализацию искусственно созданных водоемов и экологическую реабилитацию отработанных карьерно-отвальных комплексов. Геоэкологическое проектирование туристско-рекреационного использования карьерных водоемов предусматривает обоснование экологической и экономической целесообразности использования водоемов в качестве ресурса для создания конкурентоспособного туристического продукта; разработку системы геотехнологических приемов туристско-рекреационного использования, сбалансированного с уровнем экологической устойчивости новообразованных водоемов; контроль результативности реализованных проектных решений.

К числу базовых принципов геоэкологического проектирования туристско-рекреационного использования обводненных карьеров Беларуси отнесены следующие.

1. Геоэкологическое сопровождение каждого из этапов рекультивации отработанных карьерных выемок, а также создания и продвижения туристического продукта с использованием рекреационного потенциала новообразованных карьерных водоемов.

Критериями целесообразности туристско-рекреационного использования карьерных водоемов являются продукционно-макрофитная ориентация новообразованных аквальных систем, обеспечивающая их устойчивость к рекреационным нагрузкам; экологобезопасная базовая туристическая инфраструктура; разработанные с учетом специфики ресурса и потребительских приоритетов продукты активного, научного, промышленного, вторичного экологического и экскурсионно-познавательного видов туризма. Несформированная окончательно продукционно-функциональная структура новообразованных водоемов, которые могут стать актуальным ресурсом для развития активных видов отдыха в постпромышленных регионах Беларуси, образованных открытой добычей нерудного сырья, определяет необходимость геоэкологического сопровождения горнопромышленной и биологической рекультивации, формирования морфометрических параметров водовмещающих котловин; организации размерности и дренированности водосборов; проектирования туристической инфраструктуры в пределах водосборных территорий и разработки содержания туристических программ с учетом потребительских приоритетов целевых сегментов и предельно допустимой рекреационной нагрузки в системе «водоем–водосбор».

2. Экологический менеджмент процессов формирования продукционно-функциональных структур новообразованных карьерных водоемов, изменения их тро-

фического статуса и качества озерных вод как туристско-рекреационного ресурса постпромышленных территорий.

За относительно короткий (5–50 лет) период своего существования в большинстве карьерных водоемов не сформировано выраженной зоны прибрежных литоральных мелководий, обеспечивающих за счет погруженных макрофитов барьерную функцию для загрязняющих и эвтрофирующих веществ. В условиях интенсивного рекреационного использования водоемов и отсутствия надежного механизма устойчивости в последних происходит ухудшение качества вод, ускоренное антропогенное эвтрофирование водной массы, общая деградация объектов водохозяйственной рекультивации. Природно-техногенная специфика новообразованных аквальных систем предопределяет необходимость и возможность управления ими с использованием инструментов экологического менеджмента. Для актуализации и использования новых, ранее не использованных туристско-рекреационных ресурсов карьерных водоемов для развития туризма как базового направления перехода к устойчивому развитию деградированных в ходе вскрышных и добычных работ территорий, необходимо управлять процессами изменения трофического статуса карьерных водоемов, контролировать качество озерных и поверхностных вод.

3. Включение в региональную систему индикаторов перехода к устойчивому развитию постпромышленных территорий показателей устойчивого развития основного туристско-рекреационного ресурса – карьерных водоемов.

Геоэкологическое проектирование туристического продукта на базе обводненных карьерных водоемов Беларуси – ключевой элемент в системе экологического менеджмента, обеспечивающего устойчивое развитие новообразованных озерных систем. Геоэкологическое проектирование устойчиво функционирующих карьерных водоемов в условиях рекреационного использования их водосборов предусматривает расчет предельно допустимых функциональной организацией водоемов рекреационных нагрузок. Критерии выделения типов продукционно-функциональной организации карьерных водоемов и уровней их устойчивости к антропогенным нагрузкам рассмотрены в [3]. Методические приемы оценки рекреационных нагрузок со стороны водосборов могут быть заимствованы из [9–11] и др.

4. Восстановление и создание необходимого объема и качества туристско-рекреационных ресурсов постпромышленных территорий и использование их для развития туризма как основы для перехода к устойчивому региональному развитию возможно на основе сбалансированности рекреационных нагрузок и экологической устойчивости водоемов.

Принцип сбалансированного рекреационного воздействия на экосистемы карьерных водоемов может быть реализован с использованием индикаторов современного трофического статуса разнотипных водоемов и показателей интенсивности рекреационной нагрузки. Принцип базируется на результатах комплексного (морфометрического, гидрохимического, биопродукционного, седиментаци-

онного) изучения водоемов продукционно-макрофитного и фитопланктонного типов, оценке их трофического статуса и степени устойчивости к процессам антропогенного эвтрофирования [6; 12–15].

5. Ориентация продукционно-функциональных систем новообразованных карьерных водоемов на макрофитный путь развития, обеспечивающий длительное устойчивое существование озерных экосистем в условиях интенсивной рекреационной нагрузки.

Основная цель геоэкологического проектирования туристско-рекреационного использования обводненных карьеров состоит в поддержании механизма устойчивости аквальной системы, ее трофического статуса в пределах природно-хозяйственного оптимума в условиях туристско-рекреационного использования водосборов. Наибольшей устойчивостью к внешним воздействиям обладают водоемы продукционно-макрофитного типа, поэтому исходным управленческим решением геоэкологического проектирования предложено считать создание продукционно-макрофитных систем, способных к длительному устойчивому существованию в условиях интенсивной рекреационной нагрузки. В качестве интегрального индикатора устойчивости к рекреационным нагрузкам предложен градиент эвтрофирования, представляющий собой отношение уровня эвтрофирования водоема к скорости его эвтрофирования, рассчитанные с использованием энергетических показателей Р. Э. Тийдора [16; 17]. Величина градиента эвтрофирования для объектов водохозяйственной рекультивации продукционно-макрофитной ориентации, функционирующих в оптимальном макрофитно-мезотрофном режиме, должна изменяться в пределах от 1 до 4 [6].

6. Конструирование модели устойчивого развития новообразованных карьерных водоемов предусматривает разработку параметров контроля устойчивого развития карьерных водоемов и контрольной системы их отслеживания.

Техногенная природа карьерных водоемов обеспечивает возможность создания оптимальной продукционно-функциональной структуры благодаря определяющей связи между морфологией водовмещающих котловин и биопродукционным своеобразием водоемов. Содержание управления на этапе горнотехнической рекультивации должны составить мероприятия по формированию морфометрических параметров котловин: отсыпка литоральных мелководий, профилирование дна и склонов котловин, спрямление береговой линии, направленные на формирование оптимальных морфометрических параметров новообразованных аквальных систем, предопределяющих продукционно-макрофитную ориентацию водоемов [18; 19]. Эффективным способом управления карьерными водоемами является также целенаправленная организация рекреационного использования водосборов, проектирование адекватных возможностям аквальной системы и рекреационной инфраструктуре туристско-рекреационных продуктов. Параметры контрольной системы устойчивого развития карьерных водоемов должны включать значения предельно допустимых интегральных показателей антропогенного эвтрофирования (градиент эвтрофирования и скорость эвтрофирования), а так-

же предельно допустимые значения частных показателей, характеризующих оптимальную макрофитно-мезотрофную стадию функционирования аквальной системы – концентрация кислорода, углекислоты, соединений азота и фосфора в водной массе, прозрачность, численность и видовой состав фитопланктона, его первичная продукция, видовой состав, биомасса погруженных макрофитов и др.

7. Концепция создания и продвижения туристического продукта на базе туристско-рекреационных ресурсов карьерных водоемов адаптируется к условиям постпромышленного региона, технологическим особенностям добычи и рекультивации нарушенных земель, объему и качеству туристско-рекреационных ресурсов, реализуется с использованием профицитного свойства рекламно-информационных ресурсов.

Предложенные принципы геоэкологического проектирования туристического продукта позволяют использовать ранее не востребованные туристско-рекреационные ресурсы Республики Беларусь, создавать новые экологобезопасные туристические продукты для стремительно развивающегося в условиях экономического кризиса внутреннего туристического рынка, дифференцировать географию и содержание внутреннего туристического продукта Республики Беларусь, позволяя туристическим компаниям реализовывать стратегию минимизации издержек, рассчитанную на белорусских потребителей, чувствительных к цене туристического продукта, обеспечивают возможность получения предприятиями-разработчиками месторождений нерудных полезных ископаемых дополнительного дохода, взимаемого с туристов и экскурсантов в виде экологической ренты за пользование уникальным туристическим ресурсом страны.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Х12-080).

Литература

1. Федотов В. И. // Программа и методика изучения техногенных биоценозов. М., 1978. – С. 53–64.
2. Федотов В. И. Техногенные ландшафты, теория, региональные структуры, практика. Воронеж, 1985. – 191 с.
3. Прокопеня В. А. // Влияние хозяйственной деятельности на природу Белоруссии. Минск, 1981. С. 89–97.
4. Прокопеня В. А. Географическое обоснование рекультивации нарушенных земель Белоруссии: дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.11. Минск, 1981. – 200 с.
5. Овчинников В. А., Федосеева Т. П., Минакова Т. Б. // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью: Тез. докл. VI Междунар. симпоз. М., 1976. С. 232–236.
6. Хомич С. А. // География и природные ресурсы. 2002. № 4. С. 37–40.
7. Хомич С. А. // Вестн. Белгосуниверситета. Сер. 2. География. 2002. № 1. С. 74–80.
8. Хомич С. А. Геоэкологические аспекты водохозяйственной рекультивации нарушенных земель Беларуси. Минск, 2001. – 124 с.
9. Дракובה В. Г., Сорокин И. Н. Озеро и его водосбор – единая природная система. Л., 1979. – 195 с.
10. Романов В. П. // Рациональное использование и охрана озерных водоемов: Тез. докл. VIII Всесоюзн. совещ., Минск, 1989 г. Минск, 1989. С. 254–255.

11. Шилькрот Г. С. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1981. № 1. С. 41–50.
12. Хомич С. А. // Вестн. Белгосуниверситета. Сер. 2. Хим., биол., геогр. 1986. № 1. С. 73–74.
13. Хомич С. А. // Современные рельефообразующие процессы. Минск, 1986. С. 107–111.
14. Хомич С. А. Геоэкологические основы водохозяйственной рекультивации карьерно-отвальных комплексов Беларуси: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.36. Минск, 2002. – 40 с.
15. Хомич С. А. // *Kształowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. 2001. N 11. S. 49–55.
16. Туйдор Р. Э. // Антропогенное эвтрофирование природных вод: Тез. докл. Третьего Всесоюз. симпозиума, Москва, сентябрь 1983 г. Черногоровка, 1983. С. 27–28.
17. Туйдор Р. Э. // Моделирование переноса вещества и энергии в природных системах. Новосибирск, 1984. С. 192.
18. Покровская Т. Н., Кротова С. П. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1981. № 4. С. 57–67.
19. Покровская Т. Н., Миронова Н. Я., Шилькрот Г. С. Макрофитные озера и их эвтрофирование. М., 1983. – 153 с.

S. A. KHOMITCH, Ya. I. ANOCHKO, A. O. DANILTCHENKO, Yu. I. DIKAREVA

THE GEO-ECOLOGICAL PRINCIPLES OF TOURIST AND RECREATIONAL DEVELOPMENT OF QUARRY PONDS BELARUS

Summary

The article goes about tourist and recreational use of the unique natural and man-made limnetic systems. Such conditions have been created during the reclamation of waste deposits of chalk, sand, gravel, dolomite in different regions of Belarus. The authors brought forward the geo-ecological principles of tourist and recreational development of different types of quarry ponds that limit their functional organization of recreational pressure. Geoecological-designed tourist and recreational use of flooded quarries Belarus are considered as a crucial tool for environmental remediation of lands with surface disturbed by mining of non-metallic minerals, and as transition to sustainable development post-industrial territories.

УДК 599.742.17:573.757.017.5

А. А. СИДОРОВИЧ, И. А. ОРЛОВ

ВЛИЯНИЕ КОРМОВЫХ УСЛОВИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МОЛОДЫХ ОСОБЕЙ ЛИСИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*VULPES VULPES* L.) В ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ

Белорусский государственный университет

(Поступила в редакцию 25.09.2012)

Проанализирован характер изменения ряда размерных, весовых и репродуктивных параметров лисиц (*Vulpes vulpes* L.), рожденных в периоды с разной численностью полевков рода *Microtus* (которые являются основным кормовым объектом для данного вида). Показано, что при недостаточном обеспечении кормом молодые самки имели гораздо меньшие размеры тела, лицевого отдела черепа, зубов (особенно клыков и «хищных» зубов) и саггитального гребня, т. е. тех структур, которые участвуют в захвате и удержании жертвы. В этот период половой зрелости достигали только 44 % самок. При оптимальных кормовых условиях молодые самки были намного крупнее и 92 % из них было беременно. При этом кормовые условия не влияли на количество эмбрионов, приходящихся на одну забеременевшую самку, и упитанность особей. На развитии более активных и крупных самцов снижение обилия основного кормового ресурса сказывалось в меньшей мере, чем на развитии самок.

Введение. В настоящее время известно, что снижение запасов основных кормовых ресурсов у хищников-специалистов вызывает снижение численности вида, а хищники-генералисты реагируют функциональными перестройками, в частности, модифицируя состав рациона и кормодобывающую активность, тем самым компенсируя нехватку пищи [1]. В условиях Беларуси лисица обыкновенная (*Vulpes vulpes*) имеет широкий спектр питания [2–4], однако предпочитает добывать полевков рода *Microtus* при их достаточном обилии и доступности [5; 6]. Большинство работ, посвященных влиянию кормовых условий на состав рациона выводков [7–9], выживаемость и смертность [10; 11], процессы роста и развития молодых особей [12], темпы репродукции [10; 13], относится к подзоне boreальных комплексов европейской лесной зоны, где основным объектом питания для лисиц являются водяная полевка (*Arvicola terrestris*), зайцы (*Lepus* spp.), молодые особи и падаль косули европейской (*Capreolus capreolus*). На террито-

рии центральной и южной Европы, где лисицы в основном питаются полевками рода *Microtus*, подобные исследования не проводились.

Цель исследования – изучить морфометрические, краниологические и репродуктивные показатели особей лисицы первого года жизни в периоды с высокой и низкой численностью полевков рода *Microtus* в условиях центральной Беларуси.

Материал и методы исследования. Материалом для настоящей работы послужили черепа ($n = 137$) и тушки ($n = 46$) лисиц, добытых охотниками в хвойно-мелколиственных комплексах центральной Беларуси (в Воложинском районе Минской области и Ивьевском районе Гродненской области) в период с 2004 по 2011 г. Отстрел лисиц производился в период с 15 по 20 марта, вскрытие осуществляли непосредственно после отстрела. В полевых условиях все тушки взвешивали, определяли упитанность (по оригинальной шкале от 0 до 3), репродуктивный статус самок, снимали следующие размерные показатели: длину тела, длину хвоста, обхват тела, длину передней и задней конечностей.

Предварительно изъятые и замороженные репродуктивные органы лисиц были разморожены и исследованы в лабораторных условиях при помощи гистологических экспресс-методов [14]. Яичники и семенники взвешивали. В качестве фиксирующей жидкости использовали 30 %-ный раствор ацетона, куда помещали яичники (проколотые иглой в нескольких местах), кусочки матки (не более 2 см в длину) самок и семенники (с несколькими глубокими надрезами) самцов на 8 ч. Фиксированные образцы промывали под проточной водой в течение 5 мин, затем обезвоживали в спиртах возрастающей концентрации до приобретения ими нужной упругой твердой кондиции. После тщательного промывания осуществляли заливку в парафин. Срезы толщиной 5 мкм изготавливали на санном микротоме.

Определение возраста всех особей осуществляли по числу ростовых слоев в цементе на отполированных продольных спилах корневой части клыка [15; 16]. Спилы просматривали в отраженном рассеянном свете на стереоскопическом микроскопе USB Digital Microscope (20x–200x) V2.0.

Для краниологических исследований были выбраны стандартные признаки, которые часто встречаются в научной периодике: кондилобазальная длина черепа, высота черепа в области слуховых капсул, длина мозгового отдела, длина лицевого отдела, скуловая ширина, ширина черепной коробки, межглазничная ширина, расстояние между верхними клыками, длина глазницы, ширина глазницы, длина слуховой капсулы, ширина слуховой капсулы, длина ряда верхних коренных зубов, длина нижней челюсти, высота нижней челюсти, длина нижнего ряда коренных зубов [17]. Кроме того, оценены признаки, которые являются отличительными для отряда *Carnivora* (Хищные), а именно высота и ширина верхних и нижних клыков, последнего верхнего премоляра, первого верхнего моляра и первого нижнего моляра (последние три называются «хищными» зубами). Измерения осуществляли при помощи штангенциркуля. Кроме анализа различных перечисленных выше признаков, прослежено развитие саггитального гребня. Первоначально гребень закладывается в виде довольно широкой полосы на

черепе по бокам оси симметрии, ограниченной двумя плавными линиями (*lin. temporalis*), которые начинаются от надглазничных отростков, идут параллельно границе между лобными и теменными костями и резко сужаются в дистальной части, образуя гребень на межтеменной кости.

Весь материал был разделен на три группы: 1) молодые особи, в год рождения которых была низкая численность полевок рода *Microtus* (2006, 2007, 2009, 2010 гг.); 2) молодые особи, в год рождения которых была высокая численность полевок рода *Microtus* (2004, 2005, 2008, 2011 гг.); 3) взрослые особи, независимо от года рождения.

Учет численности мелких грызунов проводили стандартным методом ловушко-линий. Для этого в модельных биотопах 30 ловушек Геро расставляли на расстоянии 5 м и проверяли ежедневно на протяжении трех суток. За время исследования отработано около 12000 ловушко-суток.

Половозрастные различия краниометрических параметров оценивали с помощью *U*-критерия Манна–Уитни. Вариабельность величин параметров оценивали коэффициентом вариации, который равен отношению стандартного отклонения, умноженного на 100, к среднему значению параметра. Для оценки различий между отдельными процентами либо долями из различных групп, а также целыми процентами либо структурами, выраженными в долях, использовали *G*-критерий максимального правдоподобия. Для хранения, оперативной первичной и статистической обработки полученных данных использованы проблемно ориентированные базы данных и адаптированный к ним пакет расчетных программ (ECOPROG, GTESTm), а также пакет программ Statistica 8.0.

Результаты и их обсуждение. Значения размерных и весовых показателей тела лисиц приведены в табл. 1. Масса тела без шкурки молодых особей лисицы, рожденных в период с низкой численностью полевок рода *Microtus* к марту (т. е. к концу первого года жизни) была в среднем равна 3846 г для самок и 4937 г для самцов. В период с высокой численностью полевок рода *Microtus* масса животных была гораздо больше и составляла в среднем для самок 4663 г ($U = 35,5, p < 0,01$) и для самцов 5172 г ($U = 50,5, p < 0,01$), что практически соответствует весу взрослых самок (в среднем 4830 г, различия статистически не достоверны), но меньше, чем весят взрослые самцы (в среднем 5931 г; $U = 65,0, p < 0,01$). Упитанность (наличие жировых отложений) существенно варьировала внутри выделенных групп (от 0 до 3 баллов), средние же значения для этих групп между собой практически не отличались, составляя 1,4–1,9 баллов. Что касается размерных показателей тела лисиц, то были выявлены статистически значимые различия во всех исследуемых параметрах у молодых особей в зависимости от обеспеченности кормом в период роста: длина тела ($U = 39,5, p < 0,01$), длина хвоста ($U = 49,5, p < 0,01$), обхват тела ($U = 39,0, p < 0,01$), длина передней конечности ($U = 50,0, p < 0,01$), длина задней конечности ($U = 50,0, p < 0,01$). Причем, как видно из данных табл. 1, значения этих показателей у молодых особей, рожденных в период с высокой численностью полевок рода *Microtus*, были близки к дифинитивным.

Таблица 1. Значения размерных и весовых параметров тела молодых (первого года жизни) и взрослых особей лисицы в периоды с разной численностью полевков рода *Microtus*, центральная Беларусь, 2008–2011 гг.

Наименование признака	Молодые самки, низкая численность полевков рода <i>Microtus</i>	Молодые самки, высокая численность полевков рода <i>Microtus</i>	Взрослые самки	Молодые самки, низкая численность полевков рода <i>Microtus</i>	Молодые самки, высокая численность полевков рода <i>Microtus</i>	Взрослые самки
Масса тела, г	3200–4100 (17) 3846 ± 43 49,1 ± 1,6	4000–5300 (10) 4663 ± 43 49,1 ± 1,6	4100–5800 (22) 4830 ± 43 49,1 ± 1,6	3900–5600 (22) 4937 ± 43 49,1 ± 1,6	4900–5800 (10) 5172 ± 43 49,1 ± 1,6	5070–7010 (31) 5931 ± 43 49,1 ± 1,6
Длина тела, см	47,0–68,0 (17) 49,1 ± 1,6	60,0–71,5 (9) 49,1 ± 1,6	64,0–71,0 (18) 49,1 ± 1,6	56,0–71,0 (22) 49,1 ± 1,6	63,0–71,0 (10) 49,1 ± 1,6	64,0–74,0 (31) 49,1 ± 1,6
Длина хвоста, см	34,0–40,0 (14) 49,1 ± 1,6	39,0–42,0 (9) 49,1 ± 1,6	39,0–43,0 (10) 49,1 ± 1,6	35,0–43,0 (13) 49,1 ± 1,6	37,0–44,0 (9) 49,1 ± 1,6	39,0–46,0 (14) 49,1 ± 1,6
Обхват тела, см	29,0–35,0 (14) 49,1 ± 1,6	32,0–35,0 (9) 49,1 ± 1,6	33,0–36,0 (10) 49,1 ± 1,6	32,0–39,0 (17) 49,1 ± 1,6	34,0–41,0 (9) 49,1 ± 1,6	35,0–41,0 (14) 49,1 ± 1,6
Длина передней конечности, см	28,0–35,0 (14) 49,1 ± 1,6	32,0–36,0 (9) 49,1 ± 1,6	32,0–37,0 (10) 49,1 ± 1,6	30,0–36,0 (17) 49,1 ± 1,6	32,0–37,0 (9) 49,1 ± 1,6	33,0–39,0 (14) 49,1 ± 1,6
Длина задней конечности, см	35,0–40,0 (14) 49,1 ± 1,6	38,0–42,0 (9) 49,1 ± 1,6	41,0–45,0 (10) 49,1 ± 1,6	37,0–44,0 (17) 49,1 ± 1,6	38,0–45,0 (9) 49,1 ± 1,6	39,0–46,0 (14) 49,1 ± 1,6

Національна акадэмія Наук Беларусі

Таблица 2. Значения краниметрических признаков самок лисицы (мм), центральная Беларусь, 2008–2011 гг.

№ признака	Молодые особи, низкая численность подпопок рода <i>Microtus</i>	Коэффициент вариации	Молодые особи, высокая численность попопок рода <i>Microtus</i>	Коэффициент вариации	Взрослые особи	Коэффициент вариации	Коэффициент вариации
1	118,0–145,0 (12) 134,9 ± 4,4	3,3	130,0–148,0 (15) 138,5 ± 7,2	5,2	131,0–153,0 (23) 138,8 ± 4,3	5,2	3,1
2	47,0–51,0 (11) 48,1 ± 1,6	3,3	47,0–53,0 (15) 49,2 ± 2,0	4,1	49,0–52,0 (16) 50,1 ± 0,9	4,1	1,8
3	56,0–69,0 (11) 62,7 ± 4,1	6,5	62,0–70,0 (15) 65,6 ± 2,6	4,0	63,0–70,0 (16) 66,6 ± 1,9	4,0	2,9
4	73,0–90,0 (12) 80,3 ± 4,9	6,1	80,0–99,0 (15) 89,3 ± 5,3	5,9	85,0–99,0 (19) 94,0 ± 2,3	5,9	2,4
5	68,0–80,0 (14) 74,8 ± 2,6	3,5	71,0–81,0 (15) 75,0 ± 3,4	4,5	74,0–85,0 (24) 80,2 ± 4,0	4,5	5,0
6	37,0–41,0 (11) 38,9 ± 1,3	3,3	40,0–50,0 (15) 46,5 ± 3,3	7,1	45,0–50,0 (19) 47,9 ± 1,6	7,1	3,3
7	21,0–29,0 (12) 23,5 ± 2,1	8,9	23,0–33,0 (15) 28,4 ± 2,8	9,9	27,0–33,0 (19) 30,4 ± 1,7	9,9	5,6
8	20,0–24,0 (15) 22,9 ± 1,2	5,2	18,0–26,0 (15) 23,3 ± 2,0	8,6	22,0–28,0 (24) 23,9 ± 2,4	8,6	10,0
9	22,0–26,0 (12) 24,8 ± 1,4	5,6	22,0–27,0 (15) 25,6 ± 1,6	6,3	24,0–29,0 (19) 25,9 ± 1,6	6,3	6,2
10	23,0–26,0 (13) 24,0 ± 0,9	3,8	23,0–27,0 (15) 24,9 ± 1,2	4,8	24,0–28,0 (19) 25,6 ± 1,5	4,8	5,9
11	18,0–26,0 (11) 20,7 ± 1,8	8,7	21,0–25,0 (15) 23,3 ± 1,6	6,9	24,0–28,0 (16) 26,0 ± 1,4	6,9	5,4
12	11,0–16,0 (11) 14,1 ± 1,5	10,6	13,0–17,0 (15) 15,3 ± 1,3	8,5	15,0–18,0 (16) 16,4 ± 1,0	8,5	6,1
13	49,0–58,0 (15) 53,2 ± 2,7	5,1	53,0–67,0 (16) 56,9 ± 4,5	7,9	52,0–74,0 (27) 59,3 ± 7,0	7,9	11,8
14	16,0–21,0 (15) 18,9 ± 1,4	7,4	15,0–22,0 (16) 18,9 ± 1,9	10,1	18,0–22,0 (21) 19,3 ± 0,7	10,1	3,6

15	5,0–8,0 (15) 6,3 ± 0,9	14,3	6,0–8,0 (16) 6,9 ± 0,5	7,2	6,0–8,0 (21) 7,1 ± 0,7	9,9
16	6,0–11,0 (15) 8,5 ± 1,2	14,1	7,0–11,0 (15) 8,8 ± 0,9	10,2	8,0–11,0 (27) 9,0 ± 0,9	10,0
17	8,0–14,0 (15) 10,9 ± 1,3	11,9	10,0–15,0 (15) 12,5 ± 3,3	26,4	11,0–15,0 (27) 13,6 ± 3,5	25,7
18	4,0–7,0 (15) 5,4 ± 1,0	18,5	4,0–7,0 (15) 5,5 ± 0,7	12,7	5,0–7,0 (27) 5,7 ± 0,7	12,3
19	8,0–11,0 (15) 9,3 ± 1,4	15,1	9,0–14,0 (15) 11,1 ± 1,5	13,5	10,0–14,0 (27) 11,5 ± 1,3	11,3
20	96,0–118,0 (15) 105,4 ± 6,3	6,0	102,0–122,0 (15) 109,2 ± 4,7	4,3	105,0–122,0 (24) 110,4 ± 3,8	3,4
21	33,0–44,0 (15) 38,9 ± 2,6	6,7	35,0–49,0 (16) 40,5 ± 4,1	10,1	35,0–55,0 (24) 42,2 ± 6,4	15,2
22	55,0–65,0 (15) 58,1 ± 4,2	7,2	56,0–74,0 (17) 62,1 ± 5,2	8,4	57,0–74,0 (24) 62,3 ± 5,5	8,8
23	15,0–18,0 (15) 16,3 ± 1,0	6,1	15,0–22,0 (15) 17,2 ± 2,1	12,2	13,0–22,0 (23) 18,4 ± 3,8	20,7
24	4,0–8,0 (15) 6,3 ± 0,9	14,3	6,0–8,0 (15) 6,9 ± 0,9	13,0	6,0–8,0 (23) 7,2 ± 0,8	11,1
25	6,5–10,0 (15) 9,2 ± 0,6	6,5	7,0–11,0 (15) 9,7 ± 0,6	6,2	7,0–11,0 (23) 9,8 ± 1,1	11,2
26	6,5–14,0 (15) 11,0 ± 0,9	8,2	8,0–15,0 (15) 12,0 ± 1,0	8,3	8,0–15,0 (23) 13,4 ± 3,3	9,7

Примечания. Данные в таблице представлены в следующем виде: min – max (n), X ± SD, где n – объем выборки, X – средняя арифметическая, SD – стандартное отклонение. 1 – кондильо базальная длина черепа, 2 – высота черепа в области слуховых капсул, 3 – длина мозгового отдела, 4 – длина лицевого отдела, 5 – скуловая ширина, 6 – ширина черепной коробки, 7 – межглазничная ширина, 8 – расстояние между верхними клыками, 9 – длина глазницы, 10 – ширина глазницы, 11 – длина слуховой капсулы, 12 – ширина слуховой капсулы, 13 – длина ряда верхних коренных зубов, 14 – высота верхнего клыка, 15 – ширина верхнего клыка, 16 – высота последнего верхнего премоляра, 17 – ширина последнего верхнего премоляра, 18 – высота первого верхнего моляра, 19 – ширина первого верхнего моляра, 20 – длина нижней челюсти, 21 – высота нижней челюсти, 22 – длина нижнего ряда коренных зубов, 23 – высота нижнего клыка, 24 – ширина нижнего клыка, 25 – высота первого нижнего моляра, 26 – ширина первого нижнего моляра.

Таблица 3. Значения краниометрических признаков самцов лисицы (мм), центральная Беларусь, 2008–2011 гг.

Молодые особи, низкая численность полевков рода <i>Microtus</i>	Коэффициент вариации	Молодые особи, высокая численность полевков рода <i>Microtus</i>	Коэффициент вариации	Взрослые особи	Коэффициент вариации
124,0–149,0 (18) 136,6 ± 8,1	6,0	130,0–154,0 (12) 144,5 ± 5,7	4,0	134,0–156,0 (35) 145,3 ± 5,7	3,9
43,0–53,0 (17) 49,1 ± 2,4	4,9	47,0–55,0 (21) 50,3 ± 2,4	4,8	47,0–56,0 (23) 50,5 ± 2,6	2,4
52,0–71,0 (17) 66,2 ± 4,5	6,8	61,0–73,0 (21) 66,3 ± 3,5	5,2	67,0–73,0 (24) 69,6 ± 1,8	2,6
79,0–95,0 (20) 85,8 ± 3,6	4,3	85,0–99,0 (21) 89,6 ± 4,2	4,6	90,0–100,0 (27) 93,4 ± 2,1	1,8
68,0–83,0 (20) 76,7 ± 3,2	3,9	71,0–83,0 (21) 76,9 ± 3,0	4,1	75,0–87,0 (36) 81,1 ± 2,8	4,3
37,0–50,0 (20) 39,6 ± 2,7	6,9	45,0–50,0 (21) 47,4 ± 1,5	3,2	48,0–52,0 (26) 48,5 ± 0,7	1,4
21,0–33,0 (20) 27,4 ± 2,9	5,9	26,0–33,0 (21) 30,5 ± 1,8	5,8	30,0–35,0 (27) 31,6 ± 1,9	5,7
20,0–26,0 (20) 23,6 ± 2,5	3,7	22,0–28,0 (21) 23,8 ± 0,9	3,4	22,0–28,0 (36) 24,8 ± 1,3	3,2
23,0–28,0 (20) 25,3 ± 1,5	4,6	23,0–28,0 (21) 25,9 ± 1,2	4,8	24,0–29,0 (27) 26,7 ± 1,9	4,8
23,0–26,0 (20) 24,6 ± 0,7	2,9	24,0–28,0 (21) 25,6 ± 1,3	3,0	25,0–28,0 (27) 26,8 ± 0,9	2,5
20,0–25,0 (16) 23,3 ± 1,5	3,4	22,0–28,0 (21) 25,0 ± 2,0	3,0	25,0–28,0 (23) 26,4 ± 0,9	2,9
12,0–17,0 (16) 15,2 ± 1,2	8,6	14,0–18,0 (21) 16,1 ± 1,1	7,0	15,0–19,0 (23) 16,8 ± 1,1	5,5
50,0–60,0 (20) 55,1 ± 2,8	4,4	52,0–67,0 (21) 56,9 ± 2,5	5,0	55,0–74,0 (37) 61,1 ± 6,3	10,3
17,0–23,0 (20) 19,9 ± 1,6	8,1	19,0–22,0 (22) 20,0 ± 0,7	5,7	18,0–25,0 (31) 20,7 ± 2,5	12,1

5,0–8,0 (20) 6,6 ± 0,8	11,4	6,0–8,0 (21) 6,9 ± 0,6	9,5	7,0–8,0 (32) 7,3 ± 0,4	5,5
8,0–10,0 (20) 8,9 ± 0,1	10,1	8,0–11,0 (21) 9,1 ± 0,9	10,7	8,0–11,0 (37) 9,2 ± 1,1	10,0
10,0–14,0 (20) 12,2 ± 0,9	11,3	10,0–15,0 (21) 13,2 ± 1,9	12,7	10,0–16,0 (37) 14,8 ± 3,2	12,3
5,0–7,0 (20) 5,8 ± 0,7	13,2	5,0–7,0 (21) 5,9 ± 0,7	11,9	5,0–8,0 (37) 6,0 ± 0,8	11,9
9,0–11,0 (20) 9,9 ± 0,7	7,7	8,0–14,0 (21) 11,8 ± 1,5	7,4	11,0–14,0 (37) 12,2 ± 0,9	6,4
104,0–119,0 (20) 111,1 ± 3,9	4,0	106,0–121,0 (21) 111,5 ± 4,2	3,4	110,0–122,0 (37) 115,5 ± 3,6	3,2
29,0–50,0 (20) 42,6 ± 5,3	12,5	35,0–51,0 (21) 42,9 ± 4,0	9,2	38,0–51,0 (37) 43,0 ± 3,9	9,1
54,0–63,0 (20) 59,4 ± 2,5	4,6	55,0–68,0 (21) 62,6 ± 2,8	4,2	58,0–79,0 (36) 65,3 ± 6,2	12,6
15,0–18,0 (20) 17,1 ± 1,0	5,8	15,0–20,0 (21) 17,4 ± 1,4	7,8	15,0–21,0 (36) 18,3 ± 1,8	9,8
5,0–8,0 (20) 6,8 ± 0,8	11,7	6,0–9,0 (21) 7,3 ± 0,7	11,1	6,0–9,0 (36) 7,5 ± 0,8	10,1
7,0–11,0 (20) 9,5 ± 0,7	6,6	8,0–11,0 (21) 9,9 ± 0,6	18,1	8,0–11,0 (34) 10,3 ± 2,8	19,7
8,0–15,0 (20) 12,8 ± 3,4	5,2	9,0–15,0 (21) 13,7 ± 3,2	9,5	9,0–17,0 (35) 14,5 ± 4,6	14,1

Примечания. Данные в таблице представлены в следующем виде: min – max (n), X ± SD, где n – объем выборки, X – средняя арифметическая, SD – стандартное отклонение. Названия признаков см. в табл. 2.

Значения краниологических параметров у молодых лисиц существенно отличались в зависимости от уровня численности полевков рода *Microtus* в год рождения этих особей. В частности, у молодых самок (табл. 2), рожденных в период с высокой численностью полевков рода *Microtus*, 17 признаков были на 4–20 % больше (различия статистически достоверны, $U = 7,0-46,5$, $p < 0,01$). У молодых самцов (табл. 3), рожденных в период с разной численностью полевков рода *Microtus*, отличия были не столь существенны, но в целом можно сказать, что у них 12 признаков, характеризующих размеры лицевого черепа и зубов, были на 4–19 % больше ($U = 19,0-90,5$, $p < 0,01$). Половой диморфизм ярче выражен в группе особей, рожденных в годы с низкой численностью полевков рода *Microtus*: все признаки были на 2–17 % (в среднем 5,5 %) больше у самцов (различия в 17 признаках статистически достоверны, $U = 21,0-62,0$, $p < 0,01$), в то время как в период с высокой численностью – на 0–14 % (в среднем 3,6 %) (различия в 9 признаках статистически достоверны, $U = 18,5-91,0$, $p < 0,05$).

В ходе изучения развития саггитального гребня отмечено следующее. Общая схема развития саггитального гребня подвержена значительным индивидуальным вариациям. Тем не менее в целом у молодых самцов развитие саггитального гребня происходит быстрее в условиях достаточного обеспечения кормом, т. е. в период с высокой численностью полевков рода *Microtus*, в то время как у самок такой зависимости не наблюдается. В частности, независимо от кормовых условий около 67 % молодых самок имело слабо выраженный гребень первого типа, оставшиеся имели чуть более выраженный гребень второго типа. В группе молодых самцов, рожденных в период с низкой численностью полевков рода *Microtus*, гребень первого типа имело 60 % особей, 5 % приходилось на окончательно сформированный гребень третьего типа и 35 % особей имело промежуточный (второй) тип гребня. В период с высокой численностью полевков рода *Microtus* доли особей, имевших гребень первого, второго и третьего типов, были равны и составляли по 33 %. Различия были статистически значимыми для самцов с первым ($G = 59,1$, $p < 0,001$) и третьим типом гребня ($G = 41,3$, $p < 0,01$).

У молодых самок, рожденных в период низкой численности полевков рода *Microtus*, вес яичников варьировал от 80 до 450 мг (в среднем $190,4 \pm 4,1$) мг. У одной самки один из яичников был полностью редуцирован. У большинства самок один из яичников был в 1,5–4 раза крупнее другого. У молодых самок, рожденных в период высокой численности полевков рода *Microtus*, вес яичников варьировал от 286 до 570 (в среднем $383,6 \pm 9,2$) мг. Различия с предыдущим показателем были статистически значимыми (больше чем в 2,0 раза, $U = 48,0$, $p < 0,01$). У взрослых самок яичники были крупнее (от 201 до 909, в среднем $490,2 \pm 9,4$ мг), чем у молодых самок первого года жизни – в период с низкой численностью полевков рода *Microtus* в 2,6 раза, $U = 47,5$, $p < 0,01$, в период с высокой численностью полевков рода *Microtus* в 1,3 раза, $U = 15,0$, $p < 0,05$. Семенники также были меньше у молодых самцов, рожденных в период с низкой численностью полевков рода *Microtus*, – от 106 до 3225 (в среднем $2901,6 \pm 39$) мг, чем у самцов

в период высокой численности полевков рода *Microtus* – от 3112 до 4342 (в среднем $3597,0 \pm 45$) мг. У взрослых самцов семенники были несколько крупнее, чем у молодых – от 3452 до 10920 (в среднем $4211,3 \pm 88$) мг. Однако статистически значимых различий в весе семенников в разных группах самцов не было.

Если осенью численность полевков рода *Microtus* была высокой, то в марте следующего календарного года беременными были 92,3 % молодых самок. Для взрослых самок в этот период этот показатель был также достаточно высоким – 93,8 %. У самок, у которых при вскрытии не было обнаружено эмбрионов, эпителий матки был исследован на предмет наличия течки или ранних сроков беременности, которые нельзя установить визуально. У всех самок из этой группы эпителий находился в фазе пролиферации, что подтвердило первоначальные предположения, сделанные при вскрытии, об отсутствии течки и беременности. У этих самок овулировавшие фолликулы (с вышедшей яйцеклеткой) в яичниках отсутствовали. У молодых беременных самок в период высокой численности полевков рода *Microtus* регистрировалось от 4 до 8 (в среднем $5,9 \pm 1,4$) овулировавших фолликулов (желтых тел) и от 2 до 8 (в среднем $6,0 \pm 1,5$) сформированных плодов. Все плоды были более 10 см, а эмбрионы длиной более 5 см, что соответствует срокам беременности более 9 недель [18]. Для сравнения, у взрослых самок в этот же период регистрировалось от 2 до 9 (в среднем $6,0 \pm 1,4$) овулировавших фолликулов и от 2 до 8 (в среднем $5,3 \pm 1,2$) сформированных плодов на той же стадии развития.

В период низкой численности полевков рода *Microtus* беременными были 43,8 % молодых и 85,0 % взрослых обследованных самок. Выявленные различия для молодых самок с таковым показателем для периода высокой численности полевков рода *Microtus* были статистически достоверными ($G = 39,0$, $p < 0,001$). У молодых беременных самок регистрировалось от 2 до 8 (в среднем $4,8 \pm 1,0$) овулировавших фолликулов и от 2 до 7 (в среднем $4,7 \pm 1,0$) сформированных плодов. У взрослых беременных самок регистрировалось от 2 до 8 (в среднем $4,8 \pm 1,0$) овулировавших фолликулов и от 2 до 8 (в среднем $5,2 \pm 1,2$) сформированных плодов. Различия с таковыми показателями в период высокой численности полевков рода *Microtus* были статистически недостоверны. Плоды были менее 1 см в длину, находящиеся в них эмбрионы были неразличимы, что соответствует ранним срокам беременности не более двух недель [18]. У всех самцов независимо от возраста семенники находились в стадии активного сперматогенеза.

Таким образом, можно утверждать, что различия в темпах репродукции данного вида в зависимости от уровня численности полевков рода *Microtus* обусловлены тем, что при недостаточном обеспечении основным кормовым ресурсом значительно снижается доля молодых особей (особенно самок) первого года жизни, участвующих в размножении, так как они не достигают необходимых размерных характеристик и половой зрелости к своей первой весне. Помимо меньших размеров тела и половых органов значительно меньшими были размерные характеристики лицевого отдела черепа, зубов (особенно клыков и «хищных» зубов), а также саггитального гребня, т. е. тех структур, которые непосредствен-

но участвуют в захвате и удержании жертвы. При этом кормовые условия не влияли на количество эмбрионов, приходящихся на одну забеременевшую самку и упитанность особей, так как эти показатели, вероятно, в большей мере обусловлены индивидуальными способностями лисиц добывать себе пропитание.

На развитии более активных и крупных самцов снижение обилия основного кормового ресурса (полевков рода *Microtus*) сказывалось в меньшей мере, как это и ожидалось исходя из теоретических модельных построений [19]. Опять же, самцы, рожденные в период с высокой численностью полевков рода *Microtus*, имели гораздо большие размеры тела, а из краниометрических характеристик выделяются довольно развитые лицевой отдел, клыки и «хищные» зубы, обеспечивающие эффективный захват добычи.

Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ (грант № Б10М-008).

Литература

1. Jędrzejewska B., Jędrzejewski W. Predation in Vertebrate Communities. The Bialowieza Primal Forest as a Case Study. Berlin, 1998.
2. Сержанин И. Н. Млекопитающие Белоруссии. Минск, 1961.
3. Буневич А. Н. // Беловежская пуща. Исследования. 1986. № 10. С. 94–102.
4. Sidorovich V. E., Sidorovich A. A., Izotova I. V. // Mammalian Biology. 2006. N 71. P. 74–89.
5. Sidorovich V. E., Sidorovich A. A., Krasko D. A. // Mammalian Biology. 2010. N 75. P. 399–411.
6. Sidorovich V. E. Analysis of vertebrate predator-prey community. Minsk, 2011.
7. Englund J. // Viltrevy. 1969. N 1. P. 1–39.
8. Lindström E. // Ecography. 1984. N 17. P. 17–22.
9. Panzacchi M., Linnell J. D. C., Serrao G. et al. // Ecological Research. 2007. N 1. P. 1–8.
10. Корытин Н. С. // Экология. 2002. № 3. С. 201–208.
11. Gortazar C. // Acta Theriologica. 2003. N 48. P. 93–100.
12. Lindström E. // London J. of Zoology. 1983. N 199. P. 117–122.
13. Lindström E. // Oikos. 1988. N 52. P. 115–119.
14. Туманов И. Л. Биологические особенности хищных млекопитающих России. Спб., 2003.
15. Клевезаль Г. А. Регистрирующие структуры млекопитающих в зоологических исследованиях. М., 1988.
16. Roulichova J., Andera M. // Folia Zoologica. 2007. N 56. P. 440–444.
17. Кучмель С. В., Бурко Л. Д., Савицкий Б. П. Определитель млекопитающих Беларуси. Минск, 2007.
18. Englund J. // Viltrevy. 1970. N 8. P. 1–82.
19. Rankin D. J., Kokko H. // Oikos. 2007. N 116. P. 335–348.

A. A. SIDOROVICH, I. A. ORLOV

IMPACT OF FOOD SUPPLY ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF JUVENILE RED FOXES (*VULPES VULPES* L.) IN CENTRAL BELARUS

Summary

Trend of changes in size, weight and reproduction parameters of red foxes (*Vulpes vulpes* L.), born in periods with different numbers of *Microtus* voles (that are the main food object for the species) was analyzed. It was shown that in conditions of insufficient food supply juvenile vixens had considerably lesser body size, the length of obverse skull part, teeth dimensions and the sagittal crest, i.e. structures for capture and holding on a prey. In the above mentioned period only 44 % of vixens got sexual maturity. In optimal food supply juvenile vixens were much bigger and 92 % of them was pregnant. Nevertheless, food supply did not influence on embryo numbers of pregnant female and fatness. Decrease in ability of beneficial prey affect on more active and larger males in the lesser extent than females.

УДК 535.422:517.598

С. А. МАКСИМЕНКО

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С МАТЕРИАЛАМИ
НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК***Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета**(Поступила в редакцию 09.11.2012)*

Рассмотрены физические механизмы возникновения локального максимума проводимости в терагерцовой и дальней инфракрасной областях у композитных материалов с углеродными нанотрубками. Показано, что существующие модели, связанные с конечной кривизной нанотрубки и с конечной длиной нанотрубки, не противоречат друг другу, но определяющий вклад в появления пика вносят именно антенные свойства нанотрубок (эффект конечной длины), проявляющиеся при микронных длинах в терагерцовой области благодаря предсказанному ранее эффекту замедления поверхностной волны в нанотрубке. Описан эксперимент на образцах с калиброванными по длине нанотрубками, устанавливающий однозначную связь положения пика на частотной оси с длиной нанотрубок. Таким образом, в данном эксперименте впервые установлены антенные свойства одностенных углеродных нанотрубок и подтвержден эффект замедления поверхностной волны.

Углеродные нанотрубки (УНТ) [1] – это углеродные макромолекулы, получаемые сворачиванием плоского графитового слоя в цилиндр. Типичный радиус одностенной УНТ лежит в пределах 0,5–2 нм, тогда как ее длина может достигать нескольких микрон. У многостенных нанотрубок и радиус и длина могут существенно превышать указанные величины. Геометрическая конфигурация УНТ зависит от направления сворачивания и классифицируется дуальным индексом (m, n) с $(m, 0)$ для zigzag УНТ и (m, m) для armchair УНТ [1].

Необычные физические свойства углеродных нанотрубок и огромный потенциал их практического применения – от химических и биологических сенсоров до устройств автоэлектронной эмиссии и наполнителей в композиционных материалах – привлекают к ним внимание широкого круга исследователей. В частности, в настоящее время УНТ исследуются как потенциальные компоненты высокочастотных электрических цепей, такие как линии передачи [2], межкомпонент-

ные соединения [3], наноразмерные антенны [4–11]. Недавно появились сообщения о разработке и экспериментальной реализации нанорадио [12; 13].

Благодаря сильной оптической нелинейности и сильному электромагнитному отклику в терагерцовой области, композиты с УНТ интересны как конструкционные материалы для оптической и терагерцовой областей спектра. Хотя характеристики таких материалов определяются свойствами изолированных нанотрубок [14], но их проявление в композитах оказывается весьма нетривиальным. На это указывают экспериментальные результаты, полученные в различных группах [15–25]. Эксперименты демонстрируют появление в терагерцовой области необычного пика проводимости, который нарушает ожидаемую в соответствии с законом Друде монотонную частотную зависимость ниже области частот межзонных (оптических) переходов (рис. 1) [15]. В соответствии с этим законом диэлектрическая проницаемость задается выражением

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{4\pi i}{\omega} \sigma(\omega) = \varepsilon_0 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 - i\omega\Gamma}, \quad (1)$$

в котором действительная часть проводимости отвечает за поглощение электромагнитных волн в среде. Естественным предположением, позволяющим объяснить появление пика, является введение в (1) дополнительного резонансного (лоренцевского) члена:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 - i\omega\Gamma} + \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2 - i\omega\Gamma_0}. \quad (2)$$

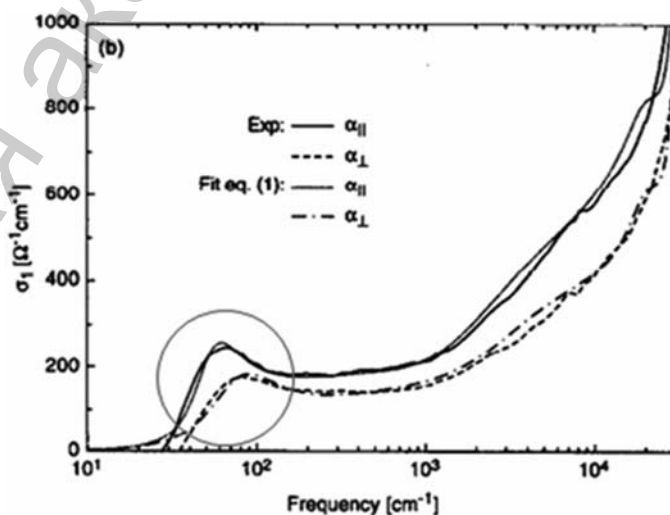


Рис. 1. Действительная часть динамической проводимости пленок с ориентированными нанотрубками для параллельной и перпендикулярной ориентации вектора поляризации [15]. Область аномальной проводимости выделена кругом

В качестве физического механизма, ответственного за этот дополнительный член был предложен [25] эффект, связанный с кривизной поверхности УНТ и проявляющийся в появлении узкой запрещенной зоны [26] в законе дисперсии металлической углеродной нанотрубки, как это показано на рис. 2, *а*. Кривизна поверхности УНТ приводит к изменению ориентации орбиталей π -электронов прилегающих атомов углерода, и таким образом, интеграла перекрытия. Как результат, дисперсионное соотношение для металлической нанотрубки вблизи точки Ферми $\varepsilon(p_z) = \pm v_F |p_z|$ преобразуется к виду $\varepsilon(p_z) = \pm \sqrt{v_F^2 p_z^2 + E_g}$, где v_F – скорость электронов на уровне Ферми и p_z – продольная компонента импульса. Теоретические оценки ширины запрещенной зоны E_g [27] оказываются лежащими в дальней инфракрасной и терагерцовой области, т. е. в области, соответствующей наблюдаемому на эксперименте пику.

Действительная часть проводимости вместе с вкладами, соответствующими Друде и лоренцевскому членам в (2), представлена на рис. 2, *б* [24]. Гипотеза, предложенная в [23], связывает появление лоренцевского члена в (2), а значит и терагерцового пика, с фоновым резонансом. Однако эта гипотеза противоречит слабой температурной зависимости параметров пика и может быть отброшена.

В 2006 г. в [6] и в [22] независимо была предложена альтернативная физическая идея, объясняющая происхождения терагерцового пика. Эта идея базируется на эффекте замедления поверхностной электромагнитной волны в углеродной нанотрубке, теоретически описанном в [2] (рис. 3) и предсказывающем 50–100-кратное замедление поверхностной волны (плазмон-поляритона) в металлической углеродной нанотрубке. По указанной причине антенные резонансы в нанотрубке, определяемые стандартным условием $hL = \pi m$, $m = 1, 2, \dots$, в котором h – волновое число поверхностной волны и L – длина нанотрубки, сдвигаются

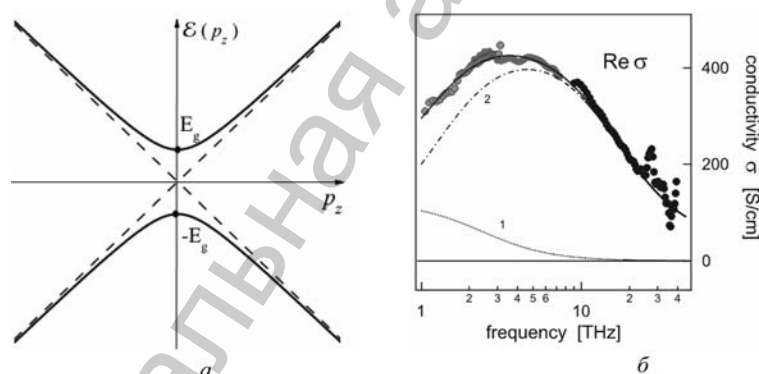


Рис. 2. *а* – закон дисперсии π -электронов «металлической» УНТ с узкой запрещенной зоной, возникающей благодаря кривизне поверхности. Штриховая линия соответствует закону дисперсии свободных электронов; *б* – экспериментально измеренная действительная часть проводимости вместе с аппроксимациями, соответствующими Друде (кривая 1) и лоренцевскому членам в (2) [24]

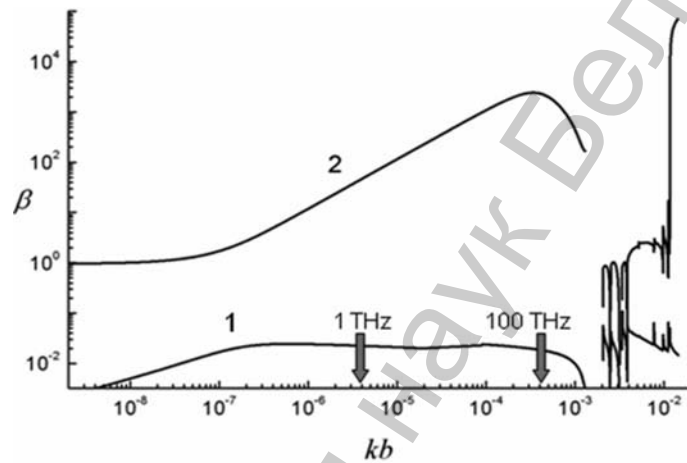


Рис. 3. Коэффициент замедления $\beta = k / h$ для азимутально-симметричной поверхностной волны с волновым числом h в металлической (9,0) УНТ. 1 – $\text{Re}(\beta)$; 2 – $\text{Re}(\beta) / \text{Im}(\beta)$; время релаксации $\tau = 3 \cdot 10^{-12}$ сек [2]. Стрелками указаны точки на безразмерной частотной оси, соответствующие частотам 1 и 100 терагерц, k – волновое число в вакууме, $b = 0,142$ нм – длина С–С связи в графите. Осциллирующие кривые на правой части рисунка соответствуют области межзонных переходов

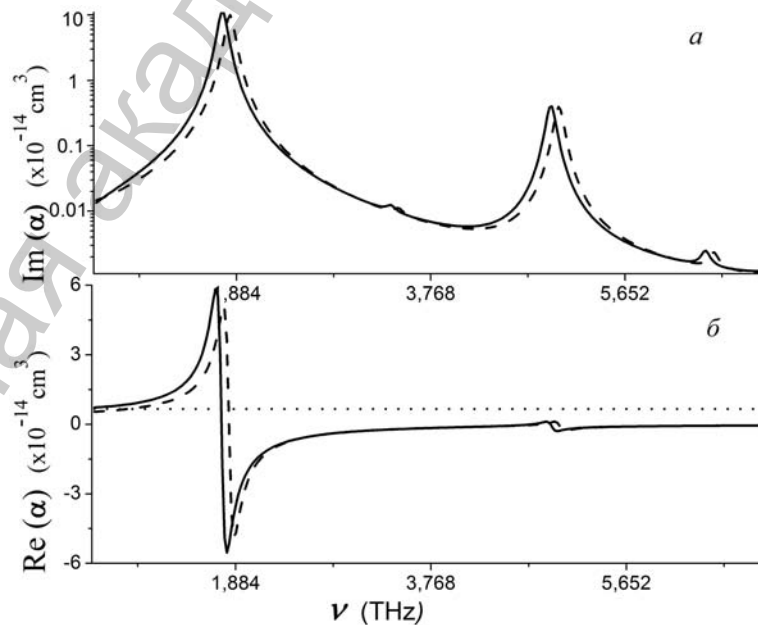


Рис. 4. Частотные зависимости мнимой (а) и действительной (б) части поляризуемости нанотрубки (9,0) [6]. Сплошная и пунктирная кривые представляют точное численное и приближенное решения соответственно. Кривая из точек рассчитана для идеально проводящей трубки

в низкочастотную область в соответствующее число раз и для микронной нанотрубки оказываются в терагерцовой области (рис. 4) [6].

Наличие двух альтернативных гипотез физических механизмов происхождения терагерцового пика послужило мотивацией для построения в [28] их строгих теоретических моделей и сравнения этих моделей между собой и с имеющимися экспериментальными результатами. В [28] построена теория эффективной проводимости композита, образованного разупорядоченным ансамблем углеродных нанотрубок, помещенным в изотропный диэлектрик. Теория учитывает как влияние запрещенной зоны, возникающей благодаря кривизне УНТ, так и продольную деполяризацию нанотрубки из-за конечности ее длины и базируется на строгом решении задачи рассеяния электромагнитной волны на УНТ конечной длины методом интегральных уравнений Халена [6] с эффективными граничными условиями импедансного типа [2] и законе проводимости УНТ в приближении сильной связи и с учетом поперечного квантования движения электронов [2]. Выполненный анализ показал, что существующие гипотезы не противоречат друг другу, и оба механизма вносят вклад в появление терагерцового пика и должны учитываться при интерпретации эксперимента. Однако, как видно на рис. 5, а и 5, б, роль эффекта кривизны заметна только при низких температурах, а при комнатных оказывается малой. Но даже и при низких температурах антенный эффект оказывается доминирующим.

На рис. 5, в представлено сравнение теоретического расчета формы и положения терагерцового пика с экспериментально наблюдаемой [21] зависимостью. При расчетах положение пика определяется средней длиной нанотрубок в массиве L_0 , а ширина пика – частотой релаксации. Для того чтобы достичь замечательного совпадения результатов эксперимента и моделирования, представленного на рис. 5, в, для средней длины нанотрубок было выбрано значение 1,6 мкм и значение частоты релаксации $3 \cdot 10^{13}$ рад/сек. Совпадение, демонстрируемое рис. 5, в тем более замечательно, что выбранные значения, хотя они не приведены в [21], являются типичными для длин УНТ в композитах и оценки частоты релаксации.

Тем не менее на момент появления работы [28] в литературе отсутствовали публикации по наблюдению зависимости положения терагерцового пика от длины нанотрубок, и на этом основании в ряде недавних публикаций [29–32] делается вывод о том, что физический механизм появления терагерцового пика не является выявленным до конца и требует отдельного рассмотрения. Подобные сомнения следует признать обоснованными, так как только прямой эксперимент по наблюдению зависимости положения терагерцового пика на частотной оси от длины нанотрубок может служить доказательством (или же опровержением) антенного происхождения этого пика. Вопрос является чрезвычайно важным, так как в случае положительного ответа на поставленный вопрос открываются широкие возможности создания конструкционных материалов для терагерцовой области с перестраиваемыми свойствами.

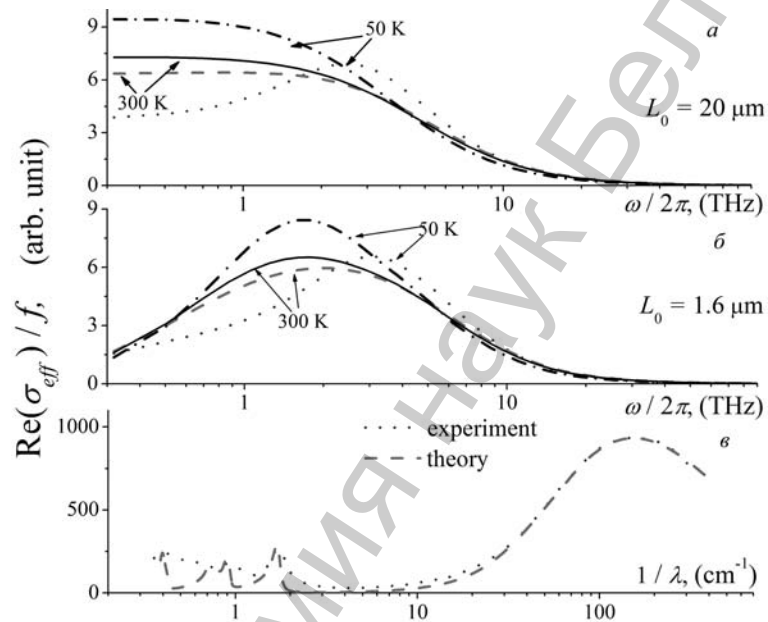


Рис. 5. Частотная зависимость величины $\text{Re}(\sigma_{\text{eff}}) / f$ композиционного материала, образованного одинаковыми нанотрубками (27,0) с длиной 20 мкм (а) и 1,6 мкм (б) [28]; $f = \omega / 2\pi$. Расчеты выполнялись с учетом эффекта кривизны для температуры $T = 50$ К (пунктирная линия) и $T = 300$ К (штриховая линия). Расчеты, выполненные без учета эффекта кривизны, представлены штрихпунктирной линией ($T = 50$ К) и сплошной линией ($T = 300$ К). Частота релаксации $\nu = 3 \cdot 10^{13}$ рад/сек для температуры $T = 300$ К и $\nu = 2,3 \cdot 10^{13}$ для температуры $T = 50$ К. в – сравнение теоретических расчетов действительной части проводимости композита при $T = 300$ К (штриховая линия) и экспериментальных результатов, полученных в [21] (пунктирная линия). Частота релаксации $\nu = 3 \cdot 10^{13}$ рад/сек

Первоначально производимые одностенные УНТ имеют длину от десятков до сотен нанометров. Очистка таких нанотрубок и их диспергирование в растворах с помощью ультразвука приводит к неконтролируемой ломке УНТ до размеров 0,5–5 мкм [33; 34]. Для получения более коротких нанотрубок (50–200 нм) используются несколько различающихся подходов, наиболее популярными из которых являются градиентное центрифугирование [35; 36] и метод гель-хроматографии [37]. Однако эти методы требуют дорогостоящего оборудования и химреагентов, и к тому же не обеспечивают достаточно высокого выхода коротких нанотрубок, необходимых для экспериментов по наблюдению терагерцового пика. Другая группа методов нацелена на ломку нанотрубок при различных внешних воздействиях, таких как ломка посредством фторирования [38; 39] или кислотной обработки [40–44], механической ломки в интенсивных ультразвуковых полях [45; 46] или в шаровых мельницах [47; 48]. В [49–52] был использован метод ломки путем ультразвуковой обработки суспензии нанотрубок в смеси серной и азотной кислот, обеспечивающий эффективное производство коротких

нанотрубок при слабом их окислении. Детальное описание метода приведено в [52].

Используя разработанный метод, нами были изготовлены образцы с различными распределениями нанотрубок по длине. На рис. 6 (а–г) [49] представлены 4 разных распределения по длинам пучков нанотрубок, полученные ломкой в смеси кислот с последующей обработкой ультразвуком. Исходным материалом являлись коммерчески доступные пучки HiPco нанотрубок (H-SWNT, Nano-C, Inc.) со средним диаметром 1,1 нм и чистотой, превышающей 95 %. Дефектность полученных нанотрубок контролировалась методами рамановской спектроскопии. Рис. 6, д демонстрирует однозначное соответствие положения терагерцового пика длине нанотрубок.

Таким образом, выполненный цикл исследований позволил теоретически объяснить появление терагерцового пика в поглощении композитными материалами с УНТ и, что более важно, экспериментально проверить это объяснение способом, исключающим неоднозначное толкование. Построенная теория [2; 6;

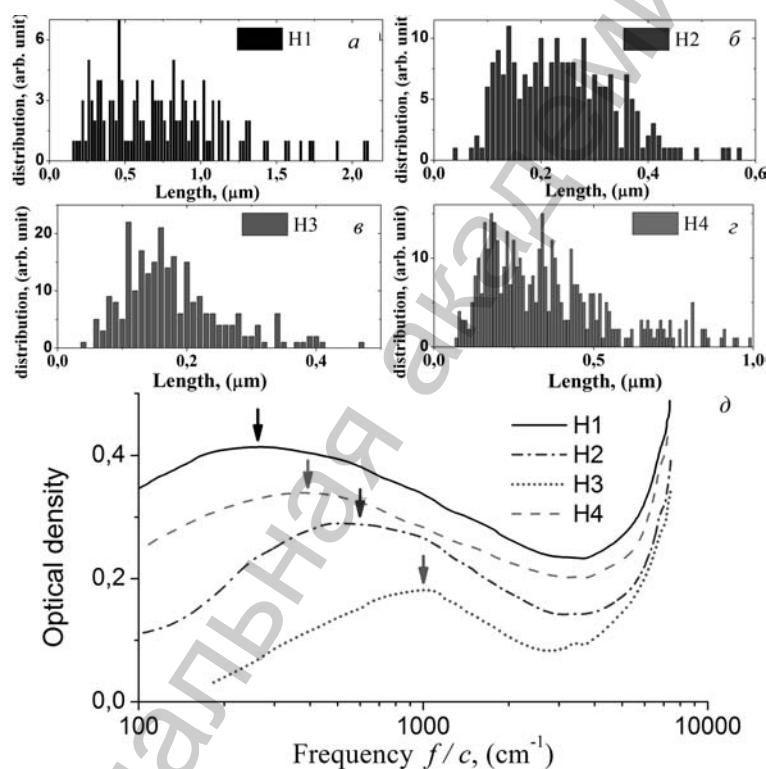


Рис. 6. Распределение по длине пучков одностенных углеродных нанотрубок в образцах H1 (а), H2 (б), H3 (в), H4 (г) и спектры оптической плотности (пропорциональной действительной части динамической проводимости) данных образцов (д) [49]. Стрелки указывают на положение пика проводимости

28] и выполненные эксперименты с калиброванными по длине нанотрубками [49–52] поставили, как мы полагаем, точку в описанной выше дискуссии.

Более того, поскольку продемонстрирована однозначная связь положения терагерцового пика с длиной нанотрубки, можно утверждать, что впервые экспериментально установлены антенные свойства одностенных углеродных нанотрубок и подтвержден эффект замедления поверхностной волны. (Выявленная в [53] поляризационная зависимость при рассеянии на упорядоченных массивах нанотрубок наблюдалась на многостенных нанотрубках, в которых замедление мало [10], и не содержит эффекта длины УНТ.) Выяснение природы терагерцового пика открывает новые возможности создания функциональных материалов для терагерцового диапазона и новые способы управления характеристиками излучения. Эффект также найдет свое применение при создании новых методик характеристики материалов с наноразмерными включениями.

Отметим в дополнение, что эффект замедления электромагнитной волны в УНТ позволил предложить этот объект в качестве основы для создания лампы бегущей волны терагерцового диапазона – мономолекулярного аналога хорошо известного с 1950-х годов радиоэлектронного устройства. Мы полагаем, что эта идея будет востребована при создании активных элементов цепей терагерцового диапазона.

Автор выражает благодарность своим коллегам из института ядерных проблем БГУ доктору физ.-мат. наук Г. Я. Слепяну и кандидату физ.-мат. наук М. В. Шубе, а также профессорам А. Лахтакия (Пенсильванский университет, США), К. Томсену (Технический университет Берлина, Германия) и Г. Валусису (Центр физических наук и технологий, Вильнюс, Литва) за многолетнее сотрудничество в работе над рассмотренной проблемой. Работа частично выполнена в рамках проекта БРФФИ Ф10Р-004 при поддержке проектов 7РП ЕС FP7-247007 SACOMEL и FP7-266529 BY-NanoERA, а так же проекта МНТЦ В-1708.

Литература

1. Reich S., Thomsen C., Maultzsch J. Carbon Nanotubes: Basic Concepts and Physical Properties, Berlin, Wiley-VCH, Germany, 2004.
2. Slepyan G. Ya., Maksimenko S. A., Lakhtakia A. et al. // Phys. Rev. B. 1999. Vol. 60, N 24. P. 17136–17149.
3. Miano G., Villone F. // IEEE Trans. Antenn. Propag. 2006. Vol. 54, N 10. P. 2713–2724.
4. Hanson G. W. // IEEE Trans. Antenn. Propag. 2005. Vol. 53, N 12. P. 3426–3435.
5. Burke P. J., Li S., Yu Z. // IEEE Trans. Nanotechnol. 2006. Vol. 5, N 4. P. 314–334.
6. Slepyan G. Ya., Shuba M. V., Maksimenko S. A., Lakhtakia A. // Phys. Rev. B. 2006. Vol. 73, N 19. P. 195416 (1–11).
7. Nemilentsau A. M., Slepyan G. Ya., Maksimenko S. A. // Phys. Rev. Lett. 2007. Vol. 99, N 14. P. 147403(1–4).
8. Shuba M. V., Maksimenko S. A., Slepyan G. Ya. // J. Comput. Theor. Nanosci. 2009. Vol. 6, N 9. P. 2016–2023.
9. Shuba M. V., Maksimenko S. A., Lakhtakia A. // Phys. Rev. B. 2007. Vol. 76, N 15. P. 155407 (1–9).

10. Shuba M. V., Slepyan G. Ya., Maksimenko S. A. et al. // Phys. Rev. B. 2009. Vol. 79, N 15. P. 155403 (1–17).
11. Maksimenko S. A., Slepyan G. Ya., Nemilentsau A. M., Shuba M. V. // Physica E. 2008. Vol. 40, N 7. P. 2360–2364.
12. Rutherglen C., Burke P. // Nano Lett. 2007. Vol. 7, N 11. P. 3296–3299.
13. Jensen K., Weldon I., Garcia H., Zettl A. // Nano Lett. 2007. Vol. 7, N 11. P. 3508–3511.
14. Lakhtakia A., Slepyan G. Ya., Maksimenko S. A. et al. // Carbon. 1998. Vol. 36, N 12. P. 1833–1838.
15. Bommeli F., Degiorgi L., Wachter P. et al. // Solid State Commun. 1996. Vol. 99, N 7. P. 513–517.
16. Ugawa A., Rinzler A. G., Tanner D. B. // Phys. Rev. B. 1999. Vol. 60, N 16. P. R11305–R11308.
17. Ruzicka B., Degiorgi L., Gaal R. et al. // Phys. Rev. B. 2000. Vol. 61, N 4. P. R2468–R2471.
18. Itkis M. E., Niyogi S., Meng M. E. et al. // Nano Lett. 2002. Vol. 2, N 2. P. 155–159.
19. Jeon T.-I., Kim K.-J., Kang C. et al. // Appl. Phys. Lett. 2002. Vol. 80, N 18. P. 3403–3405.
20. Hu H., Zhao B., Hamon M. A. et al. // J. Am. Chem. Soc. 2003. Vol. 125, N 48. P. 14893–14900.
21. Borondics F., Kamarás K., Nikolou M. et al. // Phys. Rev. B. 2006. Vol. 74, N 4. P. 045431 (1–6).
22. Akima N., Iwasa Y., Brown S. et al. // Adv. Mater. 2006. Vol. 18, N 9. P. 1166–1169.
23. Kang C., Maeng I. H., Oh S. J. et al. // Phys. Rev. B. 2007. Vol. 75, N 8. P. 085410 (1–5).
24. Kampfrath T., Perfetti L., von Volkmann K. et al. // Phys. Stat. Solidi B. 2007. Vol. 244, N 11. P. 3950–3954.
25. Kampfrath T., von Volkmann K., Aguirre C. M. et al. // Phys. Rev. Lett. 2008. Vol. 101, N 26. P. 267403 (1–4).
26. Kane C. L., Mele E. J. // Phys. Rev. Lett. 1997. Vol. 78, N 10. P. 1932–1935.
27. Shyu F. L., Lin M. F. // J. Phys. Soc. Jpn. 2002. Vol. 71, N 8. P. 1820–1823.
28. Slepyan G. Ya., Shuba M. V., Maksimenko S. A. et al. // Phys. Rev. B. 2010. Vol. 81, N 20. P. 205423 (1–6).
29. Muthee M., Carrion E., Nicholson J., Yngvesson S. K. // AIP Advances. 2011. Vol. 1, N 4. P. 042131 (1–6).
30. Maine S., Koechlin C., Rennesson S. et al. // Appl. Optics. 2012. Vol. 51, N 15. P. 3031–3035.
31. Nanot S., Hároz E. H., Kim J.-H. et al. // Advanced Materials. 2012. Vol. 24, N 36. P. 4977–4994.
32. Ren L., Zhang Q., Nanot S. et al. // J. Infrared, Millimeter and Terahertz Waves. 2012. Vol. 33, N 8. P. 846–860.
33. Rinzler A. G., Liu J., Dai H. et al. // Appl. Phys. A. 1998. Vol. 67, N 1. P. 29–37.
34. Wang Y., Gao L., Sun J. et al. // Chem. Phys. Lett. 2006. Vol. 432, N 1–3. P. 205–208.
35. Simpson J. R., Fagan J. A., Becker M. L. et al. // Carbon. 2009. Vol. 47. P. 3238–3241.
36. Fagan J. A., Bauer B. J., Hobbie E. K. et al. // Adv. Mater. 2011. Vol. 23, N 3. P. 338–348.
37. Chou S. G., Son H., Kong J. et al. // Appl. Phys. Lett. 2007. Vol. 90, N 13. P. 131109 (1–3).
38. Ziegler K. J., Gu Z., Shaver J. et al. // Nanotechnology. 2005. Vol. 16, N 7. P. S539 (1–6).
39. Gu Z., Peng H., Hauge R. H. et al. // Nano Lett. 2002. Vol. 2, N 9. P. 1009–1013.
40. Liu J., Rinzler A. G., Dai H. et al. // Science. 1998. Vol. 280, N 5367. P. 1253–1256.
41. Forrester G. A., Alexander A. J. // Phys. Chem. C. 2007. Vol. 111, N 29. P. 10792–10798.
42. Ziegler K. J., Gu Z., Peng H. et al. // J. Am. Chem. Soc. 2005. Vol. 127, N 5. P. 1541–1547.
43. Marshall M. W., Popa-Nita S., Shapter J. G. // Carbon 2006. Vol. 44, N 7. P. 1137–1141.
44. Hennrich F., Lebedkin S., Malik S. et al. // Phys. Chem. Chem. Phys. 2002. Vol. 4, N 11. P. 2273–2277.
45. Vichchulada P., Cauble M. A., Abdi E. A. et al. // J. Phys. Chem. C. 2010. Vol. 114, N 29. P. 12490–12495.
46. Hennrich F., Krüpkе R., Arnold K. et al. // J. Phys. Chem. B. 2007. Vol. 111, N 8. P. 1932–1937.
47. Pierard N., Fonseca A., Colomer J.-F. et al. // Carbon. 2004. Vol. 42, N 8–9. P. 1691–1697.
48. Rubio N., Fabbro C., Herrero M. A. et al. // Small. 2011. Vol. 7, N 5. P. 665–674.
49. Shuba M. V., Paddubskaya A. G., Kuzhir P. P. et al. // Phys. Rev. B. 2012. Vol. 85, N 16. P. 165435 (1–6).

50. Shuba M. V., Seliuta D., Kuzhir P. P. et al. // *Diamond & Rel. Mater.* 2012. Vol. 27–28. P. 36–39.
51. Shuba M. V., Paddubskaya A. G., Kuzhir P. P. et al. // *J. Nanophoton.* 2012 Vol. 6, N 1. P. 061707 (1–8).
52. Shuba M. V., Paddubskaya A. G., Kuzhir P. P. et al. // *Nanotechnology.* 2012. Vol. 23, N 11. P. 495714 (1–9).
53. Wang Y., Kempa K., Kimball B. et al. // *Appl. Phys. Lett.* 2004. Vol. 85. P. 2607–2609.
54. Batrakov K. G., Maksimenko S. A., Kuzhir P. P., Thomsen C. // *Phys. Rev. B.* 2009. Vol. 79, N 12. P. 125408 (1–12).

S. A. MAKSIMENKO

INTERACTION OF TERAHERTZ ELECTROMAGNETIC RADIATION WITH CARBON NANOTUBE MATERIALS

Summary

Physical mechanisms are considered of the local maximum formation of the far infrared and terahertz conductivity in composite materials comprising carbon nanotubes. It is shown that two existing hypothesis on the peak origination, related to finite-curvature of nanotubes and finite length of them, do not contradict each other, but dominant contribution into the peak formation is given by the antenna properties of nanotubes (finite length effect). At micron lengths, this effect manifests itself in the terahertz range due to the predicted earlier effect of the surface wave slowing down in carbon nanotubes. An experiment is described, carried out with samples with calibrated in length nanotubes, which states univocal correspondence between the peak location on the frequency axis and the nanotube length. Thus, antenna properties of single walled nanotubes and the surface wave slowing-down effect are evident at the first time in this experiment.

**ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ
«ВЕСТНИК ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»
В 2012 г.**

№ Стр.

ДЕНЬ БЕЛОРУССКОЙ НАУКИ

Поздравление Президента Республики Беларусь с Днем белорусской науки 1 5

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

Меморандум о взаимопонимании между Национальным исследовательским фондом Республики Корея и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований 1 6

Приложение к Меморандуму о взаимопонимании между Национальным исследовательским фондом Кореи (НИФК) и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (БРФФИ) для совместной программы исследований 1 8

Пагадненне аб супрацоўніцтве паміж Нацыянальнай акадэміяй навук Беларусі, Беларускай рэспубліканскай фундаментальнай даследавальняў і Фондам развіцця навук пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі 4 5

Дадатак «Абарона і выкарыстанне правоў інтэлектуальнай уласнасці» да Пагаднення аб супрацоўніцтве паміж Нацыянальнай акадэміяй навук Беларусі, Беларускай рэспубліканскай фундаментальнай даследавальняў і Фондам развіцця навук пры Прэзідэнце Азербайджанскай Рэспублікі 4 8

Соглашение о сотрудничестве по отражению научных изданий Республики Беларусь в базе данных «Российский индекс научного цитирования» 4 13

Протокол договоренности о планируемой тематике, сроках проведения и объемах финансирования в 2013–2015 гг. совместного тематического конкурса исследовательских проектов «БРФФИ–ОИЯИ-2013» на основании Меморандума о взаимодействии между Объединенным институтом ядерных исследований и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований 4 15

Протокол по результатам переговоров Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Вьетнамской академии наук и технологий 4 16

Протокол 9-го заседания Совместной комиссии НЦНИ и НАН Беларуси 4 17

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФОНДА

Орлович В. А. О работе Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в 2011 году и о перспективах деятельности на 2012 год (Отчетный доклад на расширенном заседании Научного совета БРФФИ 13 апреля 2012 г.).... 2 9

Прокошин В. И. Об усилении влияния фундаментальных исследований на инновационное развитие страны 2 34

Харитонов Е. М., Карпейчик С. В. Фундаментальные исследования и их практические приложения (по отчетным материалам завершившихся в 2011 г. проектов БРФФИ) 3 25

ИТОГИ КОНКУРСОВ

Республиканский конкурс проектов фундаментальных и поисковых исследований БРФФИ «Наука-2012».....	2	40
Конкурс на соискание грантов БРФФИ для молодых ученых «Наука М-2012».....	2	46
Конкурс БРФФИ на соискание грантов развития «Ученый-2012».....	2	55
Конкурс совместных научных проектов БРФФИ и Российского гуманитарного научного фонда «БРФФИ-РГНФ-2012».....	2	56
Совместный двусторонний межрегиональный конкурс в приграничных Витебской, Могилевской, Псковской и Смоленской областях на проведение фундаментальных исследований по приоритетным для Российской Федерации и Республики Беларусь научным проблемам общественно-гуманитарного и экономического профиля «БРФФИ-РГНФ (ПР)-2012».....	2	58
Конкурс совместных научных проектов БРФФИ и Российского фонда фундаментальных исследований «БРФФИ-РФФИ-2012».....	2	60
Конкурс выполняемых в контакте с зарубежными учеными проектов фундаментальных исследований БРФФИ «Наука МС-2012».....	2	76
Объединенный республиканский конкурс БРФФИ «Наука (НАНБ-вузы)-2012».....	2	79
Совместный тематический конкурс Министерства образования Республики Беларусь и БРФФИ «БРФФИ-Минобразование М-2012».....	2	83
Совместный тематический конкурс исследовательских проектов БРФФИ и Объединенного института ядерных исследований «БРФФИ-ОИЯИ-2012».....	2	87
Конкурс совместных научных проектов БРФФИ и Научно-технологического фонда Монголии «БРФФИ-НТФМ-2012».....	2	89
Конкурс совместных научных проектов БРФФИ и Вьетнамской академии наук и технологий «БРФФИ-ВАНТ-2012».....	2	90
Конкурс совместных научных проектов БРФФИ и Национального центра научных исследований Франции «БРФФИ-НЦНИ(РІСS)-2012».....	2	92
Конкурс совместных научных проектов БРФФИ и Румынской академии «БРФФИ-РА-2012».....	2	93
Конкурс междисциплинарных интеграционных и комплексных проектов фундаментальных исследований «НАН Беларуси (БРФФИ)-СО РАН-2012».....	2	96
Перечень международных научно-технических проектов «ГКНТ-Латвия».....	2	102
Перечень научных трудов, изданных при финансовой поддержке БРФФИ в 2011 г.	3	35
Перечень республиканских и международных научных мероприятий, поддержанных БРФФИ в 2011 г.	3	36
Конкурс совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Национального исследовательского фонда Кореи «БРФФИ-НИФК-2013».....	4	25
Конкурс совместных научных проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и вьетнамской академии наук и технологий «БРФФИ-ВАНТ-2013».....	4	27

КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Условия конкурса совместных научных проектов БРФФИ и Вьетнамской академии наук и технологий «БРФФИ-ВАНТ-2013».....	1	12
Условия конкурса совместных научных проектов БРФФИ и Национального центра научных исследований Франции «БРФФИ-НЦНИ(РІСS)-2013».....	1	18
Условия конкурса совместных научных проектов БРФФИ и Национального исследовательского фонда Кореи «БРФФИ-НИФК-2013».....	1	24
Положение о конкурсах БРФФИ на 2012-2013 годы.....	2	104

Условия республиканского конкурса проектов фундаментальных и поисковых исследований БРФФИ «Наука-2013»	2	111
Условия конкурса на соискание грантов БРФФИ для молодых ученых «Наука М-2013».....	2	115
Условия конкурса выполняемых в контакте с зарубежными учеными проектов фундаментальных исследований БРФФИ «Наука МС-2013»	2	120
Условия конкурса БРФФИ на соискание грантов развития «Ученый-2013»	2	125
Условия конкурса совместных научных проектов БРФФИ и Российского гуманитарного научного фонда «БРФФИ–РГНФ-2013».....	2	130
Условия совместного двустороннего межрегионального конкурса в приграничных Витебской, Могилевской, Псковской и Смоленской областях на проведение фундаментальных исследований по приоритетным для Российской Федерации и Республики Беларусь научным проблемам общественно-гуманитарного и экономического профиля «БРФФИ–РГНФ (ПР)-2013»	2	136
Условия конкурса совместных проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Государственного фонда фундаментальных исследований Украины «БРФФИ–ГФФИУ-2013» .	2	141
Условия совместного трехстороннего межрегионального конкурса в приграничных Гомельской, Брянской и Черниговской областях на проведение фундаментальных исследований по научным проблемам последствий Чернобыльской катастрофы «БРФФИ–РФФИ–ГФФИУ-2013»	2	147
Условия совместного тематического конкурса исследовательских проектов БРФФИ и Объединенного института ядерных исследований «БРФФИ–ОИЯИ-2013»	2	152
Условия конкурса совместных проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Академии наук Молдовы «БРФФИ–АНМ-2013»	2	157
Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Научно-технологического фонда Монголии «БРФФИ–НТФМ-2013»	2	162
Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Национального центра научных исследований Франции «БРФФИ–НЦНИ-2013».....	2	167
Условия конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки ученых – авторов монографий для их издания на 2012–2013 годы.....	2	173
Условия конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях на 2012–2013 годы	2	175
Условия конкурса БРФФИ на соискание грантов финансовой поддержки республиканских и международных научных мероприятий на 2012–2013 годы.....	2	177
Условия совместного тематического конкурса фундаментальных и прикладных научных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Витебского областного исполнительного комитета «БРФФИ–Витебск-2013».....	4	19

НАУКА БЕЛАРУСИ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Берёзкина Н. Ю., Авгуль Л. А., Сикорская О. Н., Хренова Г. С. Анализ публикационной активности ученых Национальной академии наук Беларуси за 2006–2010 гг.	1	29
---	---	----

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Ильютик А. В., Синелев В. А., Гилеп И. Л. Распределение полиморфизма генов, определяющих показатели работы сердечно-сосудистой системы у конькобежцев	1	38
---	---	----

Титовец Э. П., Пархач Л. П. Методика оценки активности редуцирующих систем эритроцитов и их кислородного обмена.....	1	45
Бутвиловский А. В., Фидаров Ф. М., Бусел С. А., Пашкович В. В., Козик А. П. Изучение антимикробной активности антисептиков, препаратов серебра и фтора в отношении кариесогенной микрофлоры.....	1	52
Гулгазарян Г. Р., Гулгазарян Л. Г., Миклашевич И. А., Плетежов А. А., Хачания А. А. Свободные интерфейсные колебания бесконечной безмоментной цилиндрической оболочки с произвольной гладкой направляющей.....	1	59
Камлюк А. Н., Ширко А. В. Влияние односторонних разрывов на распространение колебаний вдоль двойной спирали ДНК.....	1	81
Козел Н. В., Доманский В. П. Аскорбат-глутатионовый цикл в растениях табака с повышенной экспрессией аскорбатпероксидазы при абиотическом стрессе.....	1	89
Романов О. Г., Романов Г. С., Желтов Г. И. Лазерное возбуждение акустических импульсов в однородных и слоистых средах: численное решение уравнений Лагранжа.....	3	38
Бутвиловский А. В. Изучение антимикробной активности опытных образцов препаратов для контроля кариесогенной микрофлоры.....	3	50
Рыжковский В. М., Митюк В. И., Гончаров В. С., Лобановский Л. С. Магнитокалорические свойства интерметаллического сплава MnZnSb.....	3	56
Канделинская О. Л., Грищенко Е. Р., Заболотный А. И., Будкевич Т. А., Алещенкова З. М., Картыжова Л. Е., Халецкий В. Н., О.В.Космачевская, 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.....	3	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.....	3	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.....	3	87
Дымонт В. П., Круплевич В. Ч., Митюк В. И., Ткаченко Т. М. Получение и исследование свойств твердых растворов антимонида марганца с кремнием и алюминием.....	4	29
Быков Р. П., Докторов В. В., Кузнечик О. О., Пилиневич Л. П., Клименко В. Н., Косторнов А. Г. Моделирование электропроводности пористых волоконных материалов.....	4	33
Домаш В. И., Соколик А. И., Кабанова Н. В., Шарпно Т. П., Забрейко С. А., Шабашова Т. Г. Влияние стресса на изменение физиолого-биохимических показателей и состояние ион-транспортных систем плазматической мембраны растительных клеток.....	4	40
Хомич С. А., Аношко Я. И., Данильченко А. О., Дикарева Ю. И. Геоэкологические принципы туристско-рекреационного использования обводненных карьеров Беларуси.....	4	50
Сидорович А. А., Орлов И. А. Влияние кормовых условий на рост и развитие молодых особей лисицы обыкновенной (<i>Vulpes vulpes</i> L.) в центральной Беларуси.....	4	60
Максименко С. А. Исследование взаимодействия терагерцового электромагнитного излучения с материалами на основе углеродных нанотрубок.....	4	71
ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО		
Преданное служение науке (к 60-летию Н. Н. Костюковича).....	1	101

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

Постановление Межпарламентской Ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств от 17 мая 2012 г. № 37-6 «О Декларации об этических принципах научной деятельности».....	3	9
Декларация об этических принципах научной деятельности.....	3	9

ПОДДЕРЖКА НАУКИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

Шовкун И. А., Токарь А. П. Государственный фонд фундаментальных исследований Украины: роль в государственном финансировании науки и международного научного сотрудничества	3	16
---	---	----

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ АКАДЕМИЙ НАУК

Постановление от 7 июня 2012 г. № 224 «О перспективах развития сотрудничества ученых стран СНГ в области НБИКС технологий».....	3	93
Постановление от 7 июня 2012 г. № 225 «О некоторых результатах и ближайших перспективах деятельности МААН»	3	95
Постановление от 7 июня 2012 г. № 226 «О новом статусе МААН в партнерских отношениях с ЮНЕСКО».....	3	97
Постановление от 7 июня 2012 г. № 227 «Об Объединенном научном совете по фундаментальным географическим проблемам»	3	98
Постановление от 7 июня 2012 г. № 228 «О деятельности Совета директоров научных библиотек и информационных центров академий наук – членов МААН»	3	102
Постановление от 7 июня 2012 г. № 229 «О деятельности Совета по книгоизданию при МААН».....	3	106
Постановление от 7 июня 2012 г. № 230 «О создании Научного совета по проблемам функциональных материалов электронной техники».....	3	108
Постановление от 7 июня 2012 г. № 231 «О Международной программе «Астрономия в Приэльбрусье. 2010–2014 гг.»	3	110
Постановление от 7 июня 2012 г. № 232 «О запросе МААН в ЮНЕСКО»	3	112
Постановление от 7 июня 2012 г. № 233 «О двадцатилетии МААН»	3	113
Постановление от 7 июня 2012 г. № 234 «О награждении медалью МААН «За содействие развитию науки»	3	115
Постановление от 7 июня 2012 г. № 235 «О создании Совета ботанических садов стран СНГ при МААН».....	3	116
Перечень материалов, опубликованных в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» в 2012 г.....	4	81

ВЕСТНИК ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, № 4, 2012

на русском и белорусском языках

Редактор Т. П. Петрович

Компьютерная верстка Н. И. Кашуба

Подписано в печать 07.12.2012. Выход в свет 26.12.2012. Формат 70 × 100¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 6,99. Уч.-изд. л. 5,8. Тираж 134 экз. Заказ 274.

Цена номера: индивидуальная подписка – 24600 руб.; ведомственная подписка – 24730 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.