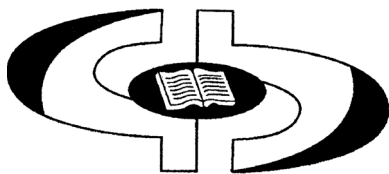


Научно-теоретический и информационно-методический журнал  
Белорусского республиканского фонда  
фундаментальных исследований

Издается с III квартала 1997 г.



4 [70], 2014

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

**Учредители:**  
Национальная академия  
наук Беларуси,  
Белорусский  
республиканский  
фонд  
фундаментальных  
исследований

220072, г. Минск,  
пр. Независимости, 66;  
тел. 284-07-42,  
284-25-08

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

**ВЕСТНИК  
ФОНДА  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

*Главный редактор*  
В. А. Орлович

*Заместитель главного редактора*  
А. И. Лесникович

*Ответственный секретарь*  
Н. Н. Костюкович

*Члены редколлегии:*

О. В. Алейникова	А. И. Локотко
А. В. Бильдюкевич	А. А. Лукашанец
П. А. Витязь	А. А. Махнач
И. В. Гайшун	А. Г. Мрочек
С. В. Гапоненко	В. И. Недилько
М. Л. Герман	П. Г. Никитенко
В. С. Камышников	В. И. Поткин
А. К. Карабанов	Л. М. Томильчик
А. В. Кильчевский	А. В. Тузиков
Э. И. Коломиец	В. С. Улащик
А. А. Коваленя	Ю. С. Харин
Н. П. Крутько	Л. В. Хотылева
Н. А. Ламан	С. Н. Черенкевич
В. Ф. Логинов	

Минск, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

Устав Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований .....	5
Состав Научного совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований .....	17
Состав Попечительского совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований .....	20
Состав бюро Научного совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований .....	21

### МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

Протокол заседания совместной Комиссии по конкурсам, состоящей из представителей Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований .....	22
<b>Титова Е. Т.</b> Беларусь–Франция: Вехи плодотворного сотрудничества ученых .....	23

### КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики «БРФФИ–ФРНА-2015» .....	31
--	----

### НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

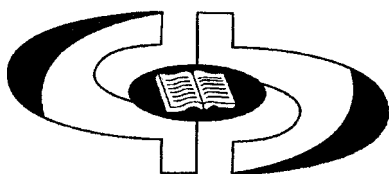
<b>Солодовников И. А., Плискевич Е. С.</b> Сравнение видового состава сообществ мирмекофильных жесткокрылых ( <i>Insecta, Coleoptera</i> ) в гнездах <i>Formica exsecta</i> , <i>Formica rufa</i> , <i>Formica polyctena</i> на территории Белорусского Поозерья .....	37
<b>Костеневич А. А., Лобанок А. Г., Сапунова Л. И., Тамкович И. О., Шелест Ю. В.</b> Оптимизация условий культивирования продуцирующих $\beta$ -галактозидазу бактерий <i>Arthrobacter sulfonivorans</i> .....	47
<b>Арсланов Т. Р., Моллаев А. Ю., Арсланов Р. К., Килянский Л., Лопез-Морено С., Маренкин С. Ф., Трухан В. М., Шёлковая Т. В.</b> Контролируемые давлением магнитные кластеры в неоднородных ферромагнитных полупроводниках .....	56
<b>Жукова Ю. В., Исаев С. А.</b> Интенсификация теплообмена одиночного кругового цилиндра направляющими элементами, установленными в его миделевом сечении .....	62

### ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

<b>Костюкович Н. Н.</b> Наблюдение английскими астрономами полного солнечного затмения 21 августа 1914 года в Минске: предыстория, люди, события, судьбы .....	69
Перечень материалов, опубликованных в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» в 2014 г. ....	89

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

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



N 4 [70], 2014

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

**The founders:**  
The National Academy  
of Sciences of Belarus,  
The Belarusian  
Republican  
Foundation  
for Fundamental  
Research

220072, Minsk,  
Independence Av., 66;  
ph. 284-07-42,  
284-25-08

**The publisher:**  
RUE «Publishing House  
«Belaruskaya navuka»

**VESTNIK  
OF THE FOUNDATION  
FOR FUNDAMENTAL  
RESEARCH**

EDITORIAL BOARD:

*Editor-in-Chief*

V. A. Orlovich

*Deputy Editor-in-Chief*

A. I. Lesnikovich

*Executive Secretary*

N. N. Kostyukovich

*Editorial board members:*

O. V. Aleinikova

A. I. Lokotko

A. V. Bilydukevich

A. A. Lukashanets

P. A. Vityaz

A. A. Makhnach

I. V. Gaishun

A. G. Mrochek

S. V. Gaponenko

V. I. Nedilko

M. L. German

P. G. Nikitenko

V. S. Kamyshnikov

V. I. Potkin

A. K. Karabanov

L. M. Tomilchik

A. V. Kilchevsky

A. V. Tuzikov

E. I. Kolomiets

V. S. Ulashchik

A. A. Kovalenya

Yu. S. Kharin

N. P. Krut'ko

L. V. Khotylyova

N. A. Laman

S. N. Cherenkevich

V. F. Loginov

**Minsk, 2014**

## CONTENTS

### OFFICIAL SECTION

The Statute of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research .....	5
Composition of the Scientific Board of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research .....	17
Composition of the Board of Trustees of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research .....	20
Composition of the Bureau of the Scientific Board of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research .....	21

### INTERNATIONAL RELATIONS

Minutes of the meeting of the Joint Commission for competitions, consisting of representatives of the Science Development Fund under the President of the Republic of Azerbaijan and the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research .....	22
<b>Titova E. T.</b> Belarus–France: Milestones of fruitful cooperation of scientists .....	23

### BRFFR COMPETITIONS: NORMATIVE BASE

Terms of joint scientific projects competition «BRFFR–SDF-2015» of the BRFFR and the Science Development Fund under the President of the Republic of Azerbaijan .....	31
---	----

### SCIENTIFIC PUBLICATIONS

<b>Solodovnikov I. A., Pliskevich E. S.</b> Comparison of species composition of the community myrmecophilous coleopteran ( <i>Insecta, Coleoptera</i> ) in the nest <i>Formica exsecta</i> , <i>Formica rufa</i> , <i>Formica polyctena</i> in the Belarus Lakeland .....	37
<b>Kastsianevich A. A., Lobanok A. G., Sapunova L. I., Tamkovich I. A., Shelest Yu. V.</b> Optimization of fermentation conditions for bacteria <i>Arthrobacter sulfonivorans</i> producing $\beta$ -galactosidase .....	47
<b>Arslanov T. R., Mollaev A. Yu., Arslanov R. K., Kilanski L., López-Moreno S., Marenkin S. F., Trukhan V. M., Shoukavaya T. V.</b> Pressure-controlled magnetic clusters in inhomogeneous ferromagnetic semiconductors .....	56
<b>Zhukova Yu. V., Isaev S. A.</b> Heat transfer enhancement of a single circular cylinder by guide elements installed in its midsection .....	62

### FROM THE HISTORY OF SCIENCE

<b>Kostyukovich N. N.</b> Observation by English astronomers of the total solar eclipse of August 21, 1914 in Minsk: background, people, events, destinies .....	69
A list of materials published in the journal «Vestnik of the Foundation for Fundamental Research» in 2014 .....	89

## **ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ**

### **УСТАВ**

#### **Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований**

Утвержден постановлением Президиума Национальной академии наук Беларуси от 20.08.2004 № 57 (в редакции постановления Президиума Национальной академии наук Беларуси от 08.10.2014 № 64)

#### **Глава 1. Общие положения**

1. Настоящий Устав является новой редакцией Устава Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, зарегистрированного решением Минского городского исполнительного комитета от 17 февраля 2005 г. № 229 в Едином государственном регистре юридических лиц и индивидуальных предпринимателей за № 100289040.

2. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – Фонд) создан постановлением Совета Министров Белорусской ССР от 8 мая 1991 г. № 176 «О Фонде фундаментальных исследований Белорусской ССР» как Фонд фундаментальных исследований Белорусской ССР, настоящее наименование приобрел на основании постановления Кабинета Министров Республики Беларусь от 3 апреля 1996 г. № 236 «О преобразовании Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь в Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований».

Декретом Президента Республики Беларусь от 5 марта 2002 г. № 7 «О совершенствовании государственного управления в сфере науки» Фонд включен в состав Национальной академии наук Беларуси (далее – НАН Беларуси) с правами юридического лица.

3. Фонд является государственной некоммерческой организацией, не имеющей членства, и находится в ведении НАН Беларуси.

4. Фонд является юридическим лицом, имеет самостоятельный баланс, текущий (расчетный) и иные счета в банках Республики Беларусь, печать и бланк с изображением Государственного герба Республики Беларусь и со своим наименованием, иные необходимые для осуществления своей деятельности бланки, штампы, эмблему и другие реквизиты.

5. Фонд в своей деятельности руководствуется Конституцией Республики Беларусь, иными актами законодательства Республики Беларусь, Уставом НАН Беларуси, нормативными правовыми актами НАН Беларуси и настоящим Уставом.

6. Наименование Фонда:

полное наименование:

на белорусском языке – «Беларускі рэспубліканскі фонд фундаментальных даследаванняў»;

на русском языке – «Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований»;

на английском языке – «Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research»;

сокращенное наименование:

на белорусском языке – «БРФФД»;

на русском языке – «БРФФИ»;

на английском языке – «BRFFR».

7. Место нахождения Фонда (юридический адрес): 220072, г. Минск, проспект Независимости, 66, к. 101.

8. Фонд создан на неопределенный срок.

## **Глава 2. Цели, предмет, задачи и методы деятельности фонда**

9. Целями деятельности Фонда являются финансовая и организационная поддержка фундаментальных научных исследований в области естественных, технических, общественных и гуманитарных наук, которые выполняются научными организациями и учреждениями высшего образования по приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь.

10. Предметом деятельности Фонда является финансирование проведения и апробации результатов фундаментальных, в том числе ориентированных фундаментальных (направленных на решение научных проблем, связанных с практическими приложениями), научных исследований по результатам открытых конкурсов, в том числе международных, от имени республиканских и (или) местных органов государственного управления и (или) НАН Беларуси по специальному поручению, от своего имени и (или) от имени заинтересованных юридических и (или) физических лиц, выступающих в качестве инициаторов, инвесторов и заказчиков соответствующих научно-исследовательских работ.

11. Основными задачами Фонда являются:

целевое финансирование краткосрочных (на срок до двух лет) проектов фундаментальных, в том числе ориентированных фундаментальных, научных исследований, предложенных научными организациями и учреждениями высшего образования Республики Беларусь, в том числе выполняемых в контакте с зарубежными учеными, отобранных на конкурсной основе по результатам обязательной независимой экспертизы;

предоставление на конкурсной основе по результатам обязательной независимой экспертизы грантов для выполнения молодыми учеными краткосрочных (на срок до двух лет) проектов фундаментальных, в том числе ориентированных фундаментальных, научных исследований, а также грантов для развития научных направлений, в которых молодые ученые добились значимых результатов (на срок до двух лет);

долевое финансирование краткосрочных (на два–три года) проектов фундаментальных, в том числе ориентированных фундаментальных, научных исследований, выполняемых по результатам открытых конкурсов, в том числе международных, проводимых Фондом совместно с другими инициаторами, инвесторами и заказчиками научно-исследовательских работ;

предоставление на конкурсной основе грантов финансовой поддержки издания монографий и других источников научной информации по результатам выполненных фундаментальных научных исследований;

предоставление на конкурсной основе грантов финансовой поддержки республиканских и международных конференций, симпозиумов, семинаров и других научных мероприятий, направленных на развитие фундаментальных научных исследований, а также грантов финансовой поддержки участия научных работников в зарубежных научных мероприятиях, связанных с проведением фундаментальных научных исследований;

финансовая и организационная поддержка информационного обеспечения фундаментальных научных исследований.

12. Фонд самостоятельно определяет методы своей деятельности, в соответствии с законодательством Республики Беларусь на взаимовыгодной и равноправной основе сотрудничает с республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами, юридическими и физическими лицами Республики Беларусь, международными и иностранными организациями и фондами, которые осуществляют поддержку фундаментальных научных исследований.

13. Фонд для достижения уставных целей в соответствии с Общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» осуществляет следующие виды экономической деятельности:

58110 – издание книг;

58140 – издание журналов и периодических публикаций;

58199 – прочие виды издательской деятельности, не включенные в другие группировки;

63120 – деятельность веб-порталов;

69202 – деятельность в области бухгалтерского учета; консультирование по налоγοобложению;

72110 – научные исследования и разработки в области биотехнологий;

72191 – научные исследования и разработки в области естественных наук;

72192 – научные исследования и разработки в области технических наук;

72200 – научные исследования и разработки в области общественных и гуманитарных наук;

73200 – исследование конъюнктуры рынка и изучение общественного мнения;

82300 – организация конференций и профессиональных выставок.

Отдельными видами деятельности, перечень которых определяется законодательством, Фонд может заниматься только на основании специального разрешения (лицензии). Право Фонда осуществлять деятельность, на занятие которой необходимо получение лицензии, возникает с момента получения такой лицензии или в указанный в ней срок и прекращается по истечении срока ее действия, если иное не установлено законодательством Республики Беларусь.

14. Фонд для реализации основных задач:

определяет сроки и условия проведения открытых конкурсов, в том числе международных, правила подачи, порядок проведения экспертизы и конкурсного отбора заявок, финансирования и реализации отобранных проектов фундаментальных научных исследований;

определяет сроки и условия проведения открытых конкурсов, правила подачи, порядок проведения экспертизы и конкурсного отбора заявок на соискание грантов для молодых ученых, грантов для развития научных направлений, грантов финансовой поддержки издания монографий, научных мероприятий, участия научных работников в зарубежных научных мероприятиях;

совместно с другими инициаторами, инвесторами и заказчиками научно-исследовательских работ определяет сроки и условия проведения совместных (международных, республиканских, региональных, тематических) открытых конкурсов, правила подачи, порядок проведения экспертизы и конкурсного отбора заявок, долевого финансирования и реализации отобранных проектов (работ);

организует проведение обязательной независимой экспертизы, которая производится на платной основе, и конкурсного отбора заявок, поданных на конкурсы, подводит итоги проводимых конкурсов;

по поручению Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, НАН Беларуси в установленном порядке проводит государственную научную экспертизу проектов фундаментальных исследований, выполняемых организациями Республики Беларусь в рамках международных договоров Республики Беларусь полностью или частично за счет средств республиканского бюджета, выступает государственным заказчиком проектов, прошедших конкурсный отбор;

осуществляет целевое финансирование проектов (работ), прошедших конкурсный отбор, контролирует ход их выполнения и целевое использование выделенных средств;

обеспечивает в установленном законодательством порядке коммерциализацию результатов научной деятельности, созданных за счет государственных средств в процессе выполнения работ по предмету заключенных Фондом договоров;

содействует апробации результатов фундаментальных научных исследований, созданных в процессе выполнения работы по предмету заключенных Фондом договоров в целях установления их пригодности для достижения конкретных целей;

издает ежеквартальный журнал «Вестник Фонда фундаментальных исследований», ежегодные сборники «Основные результаты фундаментальных исследований и предложения по перспективам их использования» и «Main results of fundamental research and search scientific works» за счет средств, предусмотренных по смете на финансовую поддержку издания монографий и другой научной литературы;

осуществляет финансовую и организационную поддержку издания научных журналов, соучредителем которых является Фонд;

осуществляет в установленном порядке выпуск и распространение печатной и аудиовизуальной продукции и других информационных материалов, связанных с проведением фундаментальных научных исследований;

осуществляет иную деятельность, соответствующую основным задачам Фонда и не запрещенную законодательством Республики Беларусь.

15. Для организации экспертизы представленных на конкурсы проектов фундаментальных научных исследований и заявок на соискание грантов Научным советом Фонда создаются экспертные советы Фонда, которые могут функционировать как на временной, так и постоянной основе.

Экспертиза проводится независимыми экспертами, назначаемыми экспертными советами Фонда, а также членами секций Научного совета Фонда на заседаниях этих секций, членами экспертных советов Фонда на заседаниях этих советов.

16. Фонд воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета Фонда, в том числе совместно с другими инициаторами, инвесторами и заказчиками научно-исследовательских работ, имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений.

17. Фонд вправе в установленном законодательством порядке приобретать и (или) передавать имущественные права на результаты работы по предмету договоров, заключенных между Фондом и юридическими лицами – исполнителями работ по финансируемым Фондом проектам, в том числе способные к правовой охране, полученные исполнителями работ на основе требований технического задания.

18. Фонд вправе заниматься предпринимательской деятельностью, необходимой для достижения целей, реализации задач, обеспечения направлений деятельности и осуществления мероприятий, предусмотренных настоящим Уставом. Для осуществления предпринимательской деятельности Фонд вправе создавать унитарные предприятия, хозяйственные общества или участвовать в них, за исключением обществ с дополнительной ответственностью.

19. Фонд осуществляет международное научно-техническое сотрудничество на основе международных договоров Республики Беларусь (межгосударственных, межправительственных, межведомственного характера), соглашений о сотрудничестве Фонда с международными и иностранными организациями и фондами, которые осуществляют поддержку фундаментальных научных исследований, международных программ и проектов в сфере научной деятельности.

### Глава 3. Средства и имущество фонда

20. Средства Фонда формируются за счет:

средств республиканского бюджета, в установленном порядке выделяемых НАН Беларуси на организацию и проведение фундаментальных научных исследований, обеспечение уставной деятельности, осуществление международного научно-технического сотрудничества, подготовку и издание научно-технической и научно-методической литературы (в том числе периодических изданий), проведение научных и научно-практических мероприятий (конференций, семинаров, симпозиумов, выставок, других мероприятий), организацию и проведение государственной научной экспертизы;

добровольных отчислений (взносов) организаций, общественных организаций (объединений) и отдельных граждан;

целевых взносов заказчиков, заинтересованных в проведении фундаментальных научных исследований по конкретным направлениям;

банковских процентов за использование временно свободных средств (за исключением ассигнований из республиканского бюджета);

других поступлений и доходов, полученных от предпринимательской деятельности, не запрещенной законодательством.

21. Средства Фонда расходуются на достижение целей, реализацию задач, обеспечение направлений деятельности и осуществление мероприятий, предусмотренных настоящим Уставом, содержание Исполнительной дирекции Фонда в соответствии с утвержденной в установленном порядке сметой расходов.

22. Финансирование проектов, прошедших конкурсный отбор, проводится в соответствии с договорами, которые заключаются между Фондом и юридическими лицами – исполнителями работ по этим проектам, и сметами (калькуляциями) расходов на выполнение проектов.

23. Оплата экспертизы производится в установленном порядке за счет средств Фонда, предусмотренных в смете расходов на финансирование фундаментальных научных исследований.

24. Имущество, переданное Фонду и приобретенное в процессе деятельности Фонда, является собственностью Фонда и используется для достижения целей, реализации задач, обеспечения направлений деятельности и осуществления мероприятий, предусмотренных настоящим Уставом.

Фонд, по согласованию с Бюро Президиума НАН Беларуси, вправе реализовать устаревшие и неиспользуемые оборудование, материалы, либо передать их безвозмездно другим юридическим и физическим лицам в случаях и порядке, установленных законодательством.

25. Контроль за целевым использованием средств, выделенных Фонду из республиканского бюджета, и иного имущества Фонда в соответствии с его уставными целями осуществляется Попечительским советом Фонда.

26. Проверка финансово-хозяйственной деятельности Фонда осуществляется в установленном законодательством порядке.

#### Глава 4. Органы управления фонда и контроля за его деятельностью

27. Органами Фонда являются Научный совет, Исполнительная дирекция и Попечительский совет.

28. Научный совет является высшим коллегиальным органом управления Фонда, в состав которого входят председатель Научного совета, заместитель(и), члены Научного совета, заместитель директора Исполнительной дирекции.

В составе Научного совета образуются секции по областям наук с учетом перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь.

Научный совет формируется из числа ведущих научных работников – представителей фундаментальной науки, которые являются специалистами по областям наук, представленным в секциях Научного совета.

Научный совет выполняет свои функции на общественных началах.

Состав Научного совета утверждается Президиумом НАН Беларуси сроком на пять лет.

29. Научный совет:

обеспечивает соблюдение Фондом целей и предмета деятельности, предусмотренных настоящим Уставом;

определяет основные направления и методы деятельности Фонда в рамках целей и основных задач, предусмотренных настоящим Уставом;

объявляет конкурсы проектов фундаментальных научных исследований и конкурсы на соискание грантов Фонда, утверждает сроки и условия их проведения, правила подачи, порядок проведения экспертизы и конкурсного отбора заявок;

подводит итоги проводимых конкурсов, принимает решения об объемах финансирования отобранных проектов фундаментальных научных исследований и размерах выделяемых грантов;

утверждает состав бюро Научного совета и его полномочия;

утверждает состав секций Научного совета, определяет их функции;

утверждает перечень, структуру и состав экспертных советов Фонда;

определяет условия включения специалистов в общий банк данных экспертов Фонда;

принимает локальные нормативные правовые акты, регламентирующие деятельность Фонда;

утверждает сметы расходов Фонда, включая расходы на содержание Исполнительной дирекции, структуру и штатную численность Исполнительной дирекции, годовой баланс и отчет об использовании финансовых средств Фонда;

заслушивает отчеты председателя Научного совета, председателей секций Научного совета о деятельности Фонда;

осуществляет контроль за деятельностью Исполнительной дирекции;

принимает решения о приобретении и (или) передаче имущественных прав на результаты работы по предмету договоров, заключенных между Фондом и юри-

дическими лицами – исполнителями работ по финансируемым Фондом проектам, в том числе способные к правовой охране, полученные исполнителями работ на основе требований технического задания;

принимает решения о создании унитарных предприятий, хозяйственных обществ и об участии в них;

рассматривает результаты проверок деятельности Фонда;

определяет перечень вопросов, по которым делегирует полномочия на принятие решений бюро Научного совета и (или) Исполнительной дирекции с последующим их утверждением решениями Научного совета;

вносит в НАН Беларуси предложения об изменении и (или) дополнении настоящего Устава и по совершенствованию деятельности Фонда.

30. Заседания Научного совета проводятся по мере необходимости, но не реже одного раза в год, и созываются председателем Научного совета, а в его отсутствие по его поручению – одним из заместителей председателя Научного совета. Внеочередные заседания Научного совета могут быть созваны по требованию членов бюро Научного совета.

Заседание Научного совета считается правомочным, если на нем присутствует не менее 2/3 членов Научного совета. Решения Научного совета принимаются открытым голосованием простым большинством голосов присутствующих на заседании членов Научного совета. При равном количестве голосов решающим является голос председательствующего.

Предложения о внесении изменений и (или) дополнений в настоящий Устав принимаются 2/3 голосов от состава Научного совета.

В случае необходимости оперативного принятия решения может быть применен принцип опроса членов Научного совета в рабочем порядке без созыва его заседания.

Решения, принятые Научным советом, оформляются в виде протокола.

31. В период между заседаниями Научного совета решение текущих вопросов деятельности Фонда, находящихся в компетенции Научного совета, осуществляет бюро Научного совета, в состав которого входят председатель Научного совета, его заместители, председатели секций Научного совета, а также заместитель директора Исполнительной дирекции.

Заседания бюро Научного совета проводятся по мере необходимости, но не реже двух раз в квартал, и созываются председателем Научного совета, а в его отсутствие по его поручению – одним из заместителей председателя Научного совета.

Заседание бюро Научного совета считается правомочным, если на нем присутствует не менее 2/3 членов бюро Научного совета. Решения бюро Научного совета принимаются открытым голосованием простым большинством голосов присутствующих на заседании членов бюро Научного совета. При равном количестве голосов решающим является голос председательствующего.

В случае необходимости оперативного принятия решения может быть применен принцип опроса членов бюро Научного совета в рабочем порядке без созыва его заседания.

Решения, принятые бюро Научного совета, оформляются в виде протокола.

32. Исполнительную дирекцию возглавляет директор, по должности являющийся председателем Научного совета Фонда. Выдвижение кандидатов на должность директора осуществляется по представлению члена Бюро Президиума НАН Беларуси, курирующего деятельность Фонда.

На должность директора могут назначаться лица, имеющие ученую степень доктора наук и опыт научной и научно-организационной работы не менее 10 лет.

С директором в соответствии с законодательством заключается контракт на срок полномочий Научного совета, но не более 5 лет, который подписывается от имени НАН Беларуси Председателем Президиума НАН Беларуси.

Директор освобождается от должности Председателем Президиума НАН Беларуси.

Директор имеет одного заместителя, который назначается на должность директором по согласованию с Бюро Президиума НАН Беларуси. На должность заместителя директора могут назначаться лица, имеющие ученую степень и опыт научной и научно-организационной работы не менее 5 лет.

Заместитель директора освобождается от должности директором.

33. Председатель Научного совета – директор Исполнительной дирекции:

руководит деятельностью Фонда на правах единоначалия, обеспечивает достижение целей его деятельности в соответствии с настоящим Уставом и несет персональную ответственность за деятельность Фонда;

без доверенности действует от имени Фонда, представляет его интересы в органах управления НАН Беларуси, во взаимоотношениях с физическими и юридическими лицами в Республике Беларусь и за ее пределами;

разрабатывает предложения по перспективным направлениям деятельности Фонда, основным показателям проекта бюджета Фонда, другим стратегическим вопросам деятельности Фонда;

организует и руководит работой Научного совета и бюро Научного совета, председательствует на их заседаниях, обеспечивает выполнение решений Научного совета и бюро Научного совета;

осуществляет контроль за деятельностью экспертных советов Фонда;

издает приказы, распоряжения по стратегическим вопросам деятельности Фонда, обязательные для выполнения Научным советом, бюро Научного совета и Исполнительной дирекцией;

согласовывает проекты локальных нормативных правовых актов, регламентирующих деятельность Фонда и органов Фонда, вносит их на утверждение Научного совета и (или) бюро Научного совета;

распределяет обязанности между заместителями председателя Научного совета;

представляет на утверждение Научного совета кандидатуры руководителей секций Научного совета и составы секций Научного совета;

утверждает штатное расписание Исполнительной дирекции, положение об оплате труда и выплате вознаграждений работникам Исполнительной дирекции;

организует научно-техническое сотрудничество Фонда с республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами Республики Беларусь, подписывает соглашения о сотрудничестве с ними;

организует международное научно-техническое сотрудничество Фонда, подписывает соглашения о сотрудничестве с международными и иностранными организациями и фондами, которые осуществляют поддержку фундаментальных научных исследований, международных программ и проектов в сфере научной деятельности;

открывает (переоформляет, закрывает) в банках расчетный и другие счета; распоряжается имуществом, в том числе денежными средствами Фонда, в пределах, установленных Научным советом и сметой расходов;

несет ответственность и обеспечивает контроль за целевым использованием средств Фонда в соответствии с его целями и задачами;

заключает от имени Фонда договоры с юридическими лицами – исполнителями работ по финансируемым Фондом проектам;

выдает доверенности;

является главным редактором журнала «Вестник Фонда фундаментальных исследований»;

назначает на должность и освобождает от должности работников Исполнительной дирекции, руководителей структурных подразделений Исполнительной дирекции, определяет их служебные обязанности;

заключает (изменяет, расторгает) трудовые договоры (контракты) с работниками Исполнительной дирекции;

налагает в установленном порядке дисциплинарные взыскания на работников Исполнительной дирекции.

34. Исполнительная дирекция является постоянно действующим исполнительным органом Фонда, обеспечивающим текущую деятельность Фонда.

Исполнительная дирекция в своей деятельности подотчетна Научному совету.

35. Исполнительная дирекция:

осуществляет подготовку проектов локальных нормативных правовых актов, регламентирующих деятельность Фонда и органов Фонда;

разрабатывает условия проведения открытых конкурсов, правила подачи, порядок проведения экспертизы и конкурсного отбора заявок, финансирования и реализации отобранных проектов фундаментальных научных исследований, а также проектов (работ), финансируемых за счет грантов Фонда;

принимает от научных организаций и учреждений высшего образования проекты фундаментальных научных исследований, в том числе выполняемых в контакте с зарубежными учеными, заявки на соискание грантов для молодых ученых, грантов финансовой поддержки, готовит материалы для рассмотрения на заседаниях Научного совета, бюро и секций Научного совета, экспертных советов Фонда;

организует совместно с секциями Научного совета и экспертными советами Фонда обязательную независимую экспертизу проектов фундаментальных научных исследований и заявок на соискание грантов, готовит предложения по их финансированию;

организует совместно с секциями Научного совета и экспертными советами Фонда экспертизу полученных результатов фундаментальных научных исследований, которые выполняются за счет средств Фонда;

обеспечивает контроль за целевым использованием средств Фонда и при необходимости вносит в Научный совет соответствующие предложения;

представляет на утверждение Научного совета отчеты о выполнении сметы расходов Фонда;

осуществляет организационно-техническую подготовку заседаний и ведение делопроизводства Научного совета, бюро и секций Научного совета, экспертных советов Фонда;

обеспечивает в установленном порядке оформление и передачу документов на хранение в государственный архив.

Исполнительная дирекция вправе принимать решения по другим вопросам, связанным с деятельностью Фонда и не отнесенным к исключительной компетенции Научного и Попечительского советов.

36. Попечительский совет – орган, осуществляющий контроль за деятельностью Фонда, в состав которого входят председатель, его заместитель и члены Попечительского совета.

Попечительский совет выполняет свои функции на общественных началах.

Состав Попечительского совета утверждается Президиумом НАН Беларуси сроком на пять лет.

Членами Попечительского совета не могут быть члены Научного совета, работники Исполнительной дирекции.

37. Попечительский совет:

осуществляет контроль за соответствием деятельности Научного совета и Исполнительной дирекции законодательству и настоящему Уставу;

осуществляет контроль за выполнением решений Научного совета и Исполнительной дирекции;

осуществляет контроль за целевым использованием денежных средств и иного имущества Фонда в соответствии с его уставными целями и основными задачами;

участвует в рассмотрении отчета о деятельности Фонда;

рассматривает результаты проверок деятельности Фонда;

имеет право получать все документы, относящиеся к деятельности Фонда;

представляет в НАН Беларуси предложения по совершенствованию деятельности Фонда.

38. Заседания Попечительского совета проводятся по мере необходимости, но не реже одного раза в год, и созываются председателем Попечительского совета, а в его отсутствие по его поручению – заместителем председателя Попечительского совета.

Заседание Попечительского совета считается правомочным, если на нем присутствует не менее половины его членов.

Попечительский совет по вопросам, входящим в его компетенцию, принимает решения, обязательные для исполнения Научным советом и Исполнительной дирекцией.

Решения Попечительского совета принимаются открытым голосованием простым большинством голосов присутствующих на заседании членов Попечительского совета и оформляются в виде протокола.

### **Глава 5. Бухгалтерский учет и отчетность фонда**

39. Фонд ведет бухгалтерский учет, представляет бухгалтерскую и статистическую отчетность в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

40. Ответственность за состояние бухгалтерского учета, своевременное представление бухгалтерской отчетности возлагается на главного бухгалтера Исполнительной дирекции.

Главный бухгалтер назначается на должность директором по согласованию с Бюро Президиума НАН Беларуси и освобождается от должности директором Фонда.

41. Фонд ежегодно направляет НАН Беларуси отчет о своей деятельности за прошедший год.

### **Глава 6. Ответственность фонда**

42. Фонд в соответствии с законодательством Республики Беларусь несет ответственность за целевое и эффективное использование бюджетных средств, выделенных ему на финансирование фундаментальных научных исследований и обеспечение иных направлений деятельности, обоснованность принимаемых им решений по распределению средств Фонда.

43. Фонд отвечает по своим обязательствам находящимися в его распоряжении денежными средствами и имуществом.

44. Фонд не отвечает по обязательствам НАН Беларуси, а НАН Беларуси не отвечает по обязательствам Фонда за исключением случаев, предусмотренных законодательством.

### **Глава 7. Реорганизация и ликвидация фонда**

45. Реорганизация и ликвидация Фонда осуществляется в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

В случае ликвидации Фонда его имущество, оставшееся после удовлетворения требований кредиторов, направляется на укрепление материальной базы научных организаций НАН Беларуси.

**СОСТАВ**  
**Научного совета Белорусского республиканского**  
**фонда фундаментальных исследований**

Утвержден постановлением Президиума  
Национальной академии наук Беларуси  
от 08.10.2014 № 65

Гапоненко Сергей Васильевич Казакевич Петр Петрович	– председатель Научного совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований – заместитель Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси (заместитель председателя Научного совета)
Азаренко Владимир Витальевич Асташинский Валентин Миронович	– академик-секретарь Отделения аграрных наук Национальной академии наук Беларуси – заместитель директора государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси»
Бильдюкевич Александр Викторович	– директор государственного научного учреждения «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси»
Булгак Александр Григорьевич	– заместитель директора государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр «Кардиология»
Бушук Борис Анатольевич	– главный научный сотрудник государственного научного учреждения «Институт физики им. Б. И. Степанова Национальной академии наук Беларуси»
Гниломёдов Владимир Васильевич	– главный научный сотрудник государственного научного учреждения «Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы Национальной академии наук Беларуси»
Гриб Станислав Иванович	– главный научный сотрудник республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию»
Жук Валерий Иванович	– заместитель директора государственного научного учреждения «Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы Национальной академии наук Беларуси»

- Залуцкий  
Иосиф Викторович – директор государственного научного учреждения «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси»
- Ивашкевич  
Олег Анатольевич – проректор Белорусского государственного университета
- Казакова  
Ирина Валерьевна – профессор Белорусского государственного университета
- Камышников  
Владимир Семенович – заведующий кафедрой государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»
- Карабанов  
Александр Кириллович – директор государственного научного учреждения «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»
- Ковалев  
Михаил Яковлевич – заместитель генерального директора государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»
- Ковалевич  
Александр Иванович – директор государственного научного учреждения «Институт леса Национальной академии наук Беларуси»
- Коваленя  
Александр Александрович – академик-секретарь Отделения гуманитарных наук и искусств Национальной академии наук Беларуси
- Костюкович  
Николай Николаевич – заместитель директора Исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований
- Кузнецов  
Александр Петрович – проректор учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
- Кулак  
Анатолий Иосифович – заместитель директора государственного научного учреждения «Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси»
- Лапа  
Виталий Витальевич – директор республиканского унитарного предприятия «Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси»
- Ласковнев  
Александр Петрович – академик-секретарь Отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси
- Марукович  
Евгений Игнатьевич – директор государственного научного учреждения «Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси»
- Михальчук  
Николай Васильевич – директор государственного научного учреждения «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси»

- Никифоров  
Михаил Ефимович  
Орлович  
Валентин Антонович  
Романюк  
Федор Алексеевич  
Рубаник  
Василий Васильевич
- Сердюченко  
Николай Сергеевич  
Третьяк  
Станислав Иванович  
Усанов  
Сергей Александрович  
Федосюк  
Валерий Михайлович
- Шумейко  
Николай Максимович
- Янчевский  
Вячеслав Иванович
- Ясинский  
Юрий Маркович
- академик-секретарь Отделения биологических наук Национальной академии наук Беларуси
- академик-секретарь Отделения физики, математики и информатики Национальной академии наук Беларуси
- проректор Белорусского национального технического университета
- директор государственного научного учреждения «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси»
- академик-секретарь Отделения медицинских наук Национальной академии наук Беларуси
- заведующий кафедрой учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»
- академик-секретарь Отделения химии и наук о Земле Национальной академии наук Беларуси
- генеральный директор государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению»
- директор научно-исследовательского учреждения «Национальный научно-учебный центр физики частиц и высоких энергий» Белорусского государственного университета
- заведующий отделом государственного научного учреждения «Институт математики Национальной академии наук Беларуси»
- профессор Академии управления при Президенте Республики Беларусь

**СОСТАВ**  
**Попечительского совета Белорусского**  
**республиканского фонда фундаментальных исследований**

Утвержден постановлением Президиума  
Национальной академии наук Беларуси  
от 08.10.2014 № 65

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Казак<br>Николай Станиславович        | – заведующий Международной научной лабораторией оптической диагностики Фраунгофера–Степанова государственного научного учреждения «Институт физики им. Б. И. Степанова Национальной академии наук Беларуси» (председатель Попечительского совета) |
| Ермолович<br>Максим Леонидович        | – заместитель Министра финансов (заместитель председателя Попечительского совета)   |
| Еловой<br>Олег Михайлович             | – заместитель начальника управления науки и инновационного развития Аппарата Совета Министров Республики Беларусь   |
| Жарский<br>Иван Михайлович            | – ректор Белорусского государственного технологического университета  |
| Кильчевский<br>Александр Владимирович | – главный ученый секретарь Национальной академии наук Беларуси  |
| Лесникович<br>Анатолий Иванович       | – заведующий кафедрой Белорусского государственного университета  |
| Никитенко<br>Петр Георгиевич          | – советник аппарата Национальной академии наук Беларуси   |
| Румак<br>Александр Алексеевич         | – заместитель Министра труда и социальной защиты Республики Беларусь  |
| Степанова<br>Надежда Ивановна         | – начальник планово-финансового управления аппарата Национальной академии наук Беларуси   |
| Хрусталёв<br>Борис Михайлович         | – ректор Белорусского национального технического университета   |
| Чижик<br>Сергей Антонович             | – первый заместитель Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси  |
| Шумилин<br>Александр Геннадьевич      | – Председатель Государственного комитета по науке и технологиям   |

**СОСТАВ**  
**бюро Научного совета Белорусского республиканского**  
**фонда фундаментальных исследований**

Утвержден Научным советом  
Белорусского республиканского  
фонда фундаментальных исследований,  
протокол от 21.11.2014 № 2

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Гапоненко<br>Сергей Васильевич      | – председатель Научного совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований   |
| Казакевич<br>Петр Петрович          | – заместитель Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси, заместитель председателя Научного совета                                       |
| Коваленя<br>Александр Александрович | – академик-секретарь Отделения гуманитарных наук и искусств Национальной академии наук Беларуси, председатель секции общественных и гуманитарных наук     |
| Костюкович<br>Николай Николаевич    | – заместитель директора Исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований  |
| Ласковнев<br>Александр Петрович     | – академик-секретарь Отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, председатель секции технических наук                          |
| Никифоров<br>Михаил Ефимович        | – академик-секретарь Отделения биологических наук Национальной академии наук Беларуси, председатель секции аграрно-биологических наук                     |
| Орлович<br>Валентин Антонович       | – академик-секретарь Отделения физики, математики и информатики Национальной академии наук Беларуси, председатель секции физики, математики и информатики |
| Сердюченко<br>Николай Сергеевич     | – академик-секретарь Отделения медицинских наук Национальной академии наук Беларуси, председатель секции медико-фармацевтических наук                     |
| Усанов<br>Сергей Александрович      | – академик-секретарь Отделения химии и наук о Земле Национальной академии наук Беларуси, председатель секции химии и наук о Земле                         |

## **МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ**

### **ПРОТОКОЛ**

#### **заседания совместной Комиссии по конкурсам, состоящей из представителей Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований**

20 октября 2014 г. в Баку состоялось заседание совместной Комиссии по конкурсам с участием представителей Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики (ФРН) и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ).

В процессе переговоров Стороны обсудили состояние сотрудничества в рамках Международного Соглашения НАН Беларуси, БРФФИ и ФРН. С удовлетворением было констатировано, что сотрудничество в рамках финансирующихся проектов (совместный конкурс «БРФФИ–ФРНА-2013» или «EIF-BGM-2-BRFTF-1-2013») в области физико-математических и технических наук, а также гуманитарных и социальных наук 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. Результаты будут доложены на 1-й Азербайджано-Белорусской научной конференции, которая пройдет в Баку (21–22 октября 2014 г.) с участием азербайджанских и белорусских ученых.

В ходе переговоров были обсуждены предложения по проведению 2-го совместного конкурса с целью дальнейшей успешной реализации Соглашения.

Стороны считают необходимым:

- объявить 21 октября 2014 г. конкурс «БРФФИ–ФРНА-2015» или «EIF-BGM 3-BRFTF-2-2015», охватывающий все области наук и направления;
- установить окончательный срок подачи заявок – 27 декабря 2014 г.;
- в рамках 2-го конкурса в январе–марте 2015 г. организовать экспертизу представленных заявок и совместно принять решение о финансировании отобранных проектов, начиная с 3-го квартала 2015 года.

Протокол подписан в г. Баку 20 октября 2014 года в двух экземплярах на русском языке

**За Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований**

Председатель Научного совета –  
директор исполнительной дирекции БРФФИ

В. А. Орлович

**За Фонд развития науки при Президенте Азербайджанской Республики**

Исполнительный директор ФРН

Э. С. Бабаев

*Е. Т. ТИТОВА*

## **БЕЛАРУСЬ–ФРАНЦИЯ: ВЕХИ ПЛОДОТВОРНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА УЧЕНЫХ**

*Исполнительная дирекция БРФФИ*

Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ) в своей уставной деятельности уделяет первостепенное внимание международному научному и научно-техническому сотрудничеству. Необходимость тесного взаимодействия с зарубежными коллегами очевидна и реализуется Фондом по многим направлениям. Одним из них является доказавшее свою плодотворность и эффективность сотрудничество с Национальным центром научных исследований Франции.

Национальный центр научных исследований (НЦНИ) – ведущее во Франции государственное научное учреждение, основанное в октябре 1939 г., имеющее в своей структуре 10 институтов и 1300 лабораторий, которые осуществляют исследовательскую деятельность. Зарубежные связи НЦНИ реализуются через двусторонние соглашения о сотрудничестве с 50 странами, деятельность 12 Европейских ассоциированных лабораторий (LIA), Международные программы научного сотрудничества (PICS) и другие формы.

Сотрудничество белорусских и французских ученых в рамках грантовой поддержки совместных исследований началось с подписания в Минске 21 ноября 2003 г. Соглашения о научном сотрудничестве между НАН Беларуси и Национальным центром научных исследований. А в январе 2005 г. в ходе реализации этого Соглашения были подведены итоги первого совместного конкурса проектов белорусско-французских научных коллективов. На конкурс были представлены 23 заявки, которые прошли предварительную экспертизу в Беларуси и Франции по установленной в каждой стране процедуре. Для финансирования отобрали 11 совместных проектов. Все проекты успешно завершились к концу 2006 года.

В целях углубления начавшегося конструктивного сотрудничества с НЦНИ были предприняты дальнейшие шаги: 15 июня 2006 г. в Париже подписано Соглашение о научном сотрудничестве между НЦНИ и БРФФИ, а также достигнута договоренность о проведении в рамках этого Соглашения нового совместного конкурса проектов фундаментальных исследований «БРФФИ–НЦНИ». В соответствии с достигнутой договоренностью конкурс «БРФФИ–НЦНИ» в дальнейшем проводился с периодичностью один раз в два года с двухлетним финансированием отобранных проектов.



Встреча участников 6-го заседания Совместной комиссии НЦНИ, НАН Беларуси и БРФФИ с Председателем Президиума НАН Беларуси М. В. Мясниковичем (Минск, июнь 2009 г.)

Всего было проведено 5 таких конкурсов. В табл. 1 отражены данные по количеству поданных заявок и проектов, получивших финансирование, в разные годы по научным направлениям. Можно видеть, что суммарно было представлено 49 заявок, в том числе по конкурсу «БРФФИ–НЦНИ-2015», окончательное решение по итогам которого еще не принято. Из них 25 заявок поступили из организаций НАН Беларуси. Отобран для выполнения 41 проект (21 – из организаций НАН Беларуси). Наиболее активное участие в совместных исследованиях приняли ученые по физико-математическому направлению, которое по числу как заявок, так и грантов намного опережает другие направления. Можно полагать, что именно в этой области лежит взаимный научный интерес ученых. Вполне очевидно также, что проекты физико-математического профиля характеризуются высоким научным уровнем и инновационным потенциалом.

Таблица 1. Распределение заявок и проектов, получивших финансирование, по научным направлениям в рамках конкурса «БРФФИ–НЦНИ»

Научное направление	Количество заявки/проекты	2007	2009	2011	2013	2015
Аграрно-биологические науки	2/2	1/1	0/0	1/1	0/0	0/0
Физико-математические науки	31/27	8/8	7/7	8/7	5/5	3/решение не принято
Технические науки	9/9	4/4	3/3	1/1	1/1	0/0
Общественные и гуманитарные науки	7/3	0/0	0/0	2/2	2/2	3/решение не принято
По всем научным направлениям	49/41	13/13	10/10	12/11	8/8	6/решение не принято

Важно отметить впечатляющий коэффициент прохождения проектов (несмотря на основательную и достаточно строгую международную экспертизу) – почти 95 %, что, несомненно, отражает их неплохое материально-техническое обеспечение и значительный квалификационный уровень научных коллективов. Наибольшую активность в конкурсе этого вида проявили Белорусский государственный университет, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, а из НАН Беларуси – Институт физики им. Б. И. Степанова, Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова.

В области химии и наук о Земле, а также медико-фармацевтических наук заявки не представлялись.

Сотрудничество белорусских и французских ученых осуществлялось плодотворно в плане обмена опытом, информацией, а также анализа полученных результатов и их дальнейшего продвижения для получения новых знаний и реализации их на практике. Осуществлялись взаимные визиты партнеров с целью проведения совместных исследований, а также встречи на международных конференциях с презентацией совместно полученных результатов. Выполнение проектов успешно завершалось с представлением заключительных отчетов.

НАН Беларуси, БРФФИ и НЦНИ настойчиво искали новые формы сотрудничества в рамках научных приоритетов обеих стран, пути совершенствования своей деятельности. Этому в значительной мере способствовало 4-е заседание Совместной комиссии НЦНИ и НАН Беларуси (с участием БРФФИ) в Минске 29 мая 2007 г. Совместная комиссия обсудила итоги белорусско-французского сотрудничества и приняла решение об учреждении двух новых ежегодных конкурсов: конкурса PICS-проектов и конкурса на проведение двусторонних белорусско-французских семинаров. Двусторонние семинары предполагалось организовывать либо в Беларуси, либо во Франции с обязательным участием от каждой стороны не менее двух организаций. Конкурс «БРФФИ–НЦНИ(PICS)», проводимый в рамках Международных программ научного сотрудничества НЦНИ, имеет неперенным условием наличие совместных публикаций партнеров, при этом продолжительность проектов составляет не два, как по конкурсу «БРФФИ–НЦНИ», а три года.

В дальнейшем состоялось еще 6 заседаний Совместной комиссии НЦНИ и НАН Беларуси с участием БРФФИ; последний раз – 14 июня 2013 г. в Париже. На заседаниях анализировались состояние текущей и итоги предыдущей деятельности, намечались шаги на будущее в рамках двустороннего сотрудничества. В ходе встреч обсуждались вопросы по конкретному наполнению некоторых сторон сотрудничества и совершенствованию его форм, в том числе порядок организации в перспективе и финансирования французско-белорусских ассоциированных лабораторий и исследовательских объединений; содействие подготовке совместных заявок в программах Евросоюза. Принимались конкретные решения, например, по предоставлению двустороннего финансирования совместной деятельности в рамках Международной научной сети «Лазеры, оптика и информационные технологии, нанотехнологии»; по признанию особо актуальными проектов

по проблемам из области наук о жизни и охраны окружающей среды или же по предпочтительному включению в проекты молодых ученых. Прорабатывались вопросы по установлению контактов с Российско-французским центром гуманитарных и социальных наук в целях расширения поля сотрудничества на многосторонней основе.

Определенный импульс сотрудничеству придавали рабочие встречи представителей БРФФИ и НЦНИ вне официальных рамок Совместной комиссии. Например, 22 февраля 2008 г. в Минске состоялась рабочая встреча представителей НАН Беларуси, БРФФИ и директора Московского бюро (по странам России и СНГ) НЦНИ профессора В. Майера. А визит в Москву в июне 2011 г. председателя Научного совета БРФФИ академика В. А. Орловича был приурочен к празднованию юбилея московского представительства НЦНИ. С профессором В. Майером состоялась встреча, на которой были обсуждены вопросы дальнейшего развития сотрудничества и поддержки совместных исследований в области фундаментальной науки. Решением Бюро Президиума НАН Беларуси профессор В. Майер был награжден медалью, посвященной 80-летию юбилею НАН Беларуси.

Конкурс PICS-проектов проводился ежегодно, начиная с 2009 года, и всего собрал 28 заявок, за исключением 2013 года, когда совместных заявок не было вообще.

Табл. 2 иллюстрирует динамику количества поданных и финансируемых PICS-проектов по научным направлениям и по годам проведения конкурса. Вышеупомянутые условия конкурса «БРФФИ–НЦНИ(PICS)» объясняют процедуру жест-



Подписание протокола 9-го заседания Совместной комиссии НЦНИ, НАН Беларуси и БРФФИ (Минск, октябрь 2012 г.)

кого отбора проектов для финансирования и относительно малое количество грантов, а также определенную утрату в связи с этим интереса к подготовке заявок: большая часть их приходится на первый конкурс 2009 года.

Т а б л и ц а 2. Распределение заявок и проектов, получивших финансирование, по научным направлениям в рамках конкурса «БРФФИ–НЦНИ(РІС)»

Научное направление	Количество заявки/проекты	2009	2010	2011	2012	2014	2015
Аграрно-биологические науки	4/0	2/0	2/0	–	–	–	–
Физико-математические науки	21/2	11/0	2/1	1/0	3/1	2/0	2/решение не принято
Технические науки	2/0	2/0	–	–	–	–	–
Медико-фармацевтические науки	1/1	–	–	–	1/1	–	–
По всем научным направлениям	28/3	15/0	4/1	1/0	4/2	2/0	2/ решение не принято

Также ежегодно, начиная с 2009 года, проводился конкурс двусторонних научных семинаров. Всего состоялось 6 конкурсов, на которые было подано 9 заявок, причем в 2011 и 2014 гг. заявки не поступали. Были одобрены к финансированию 6 семинаров. Они успешно проведены в разные годы – трижды в Беларуси и три раза во Франции:

«Перспективы наноразмерной спинтроники и фотоэлектрической энергетики» (Марсель, Франция, 16–20 ноября 2009 г.);

«Методы анализа изображений для обнаружения и оценки патологических изменений мышцы» (Париж, 29 сентября – 2 октября 2009 г.);

«Нейроваскулярные нарушения, вызванные условиями внешней среды: молекулярный, клеточный и функциональный подходы» (Анжер, Франция, 10–13 марта 2010 г.);

«Перспективы нанотехнологий и наноматериалов в энергетике» (Минск, 25–27 мая 2011 г.);

«Перспективы нанотехнологий и наноматериалов для генерации, преобразования и хранения возобновляемой энергии» (Минск, 29–31 мая 2013 г.);

«Спектроскопия порфиринов и фталоцианинов: перспективы фундаментальных исследований и практических применений» (Минск, 28–30 августа 2013 г.).

Анализ итогов исследований по закончившимся белорусско-французским проектам показал высокую научную и практическую значимость многих из них, что обусловило появление ряда новых многообещающих научных направлений. Некоторые результаты легли в основу дальнейших исследований в рамках различных программ или были внедрены в практику.

В качестве примеров можно привести следующие.

В совместных исследованиях Института физиологии НАН Беларуси и Лаборатории микроциркуляции и региональной циркуляции НЦНИ предложены пути профилактики эндотелиальной дисфункции, обусловленной микрогравитацией и гипокинезией; изучены молекулярно-клеточные механизмы появления данного дефекта эндотелиального слоя (проект Б07Ф-014, руководители Ю. С. Гаркун и М. Кюсто).

В рамках проекта Т07Ф-003 (руководители Е. М. Приходько и М. Монсер) по результатам экспериментальных исследований сверхзвукового горения в присутствии возбужденных частиц разработаны и изготовлены два реактора скрещенного (комбинированного) разряда для производства синглетного кислорода. Работы осуществлялись Институтом тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси совместно с Лабораторией аэротермодинамики НЦНИ.

Институтом ядерных проблем Белорусского государственного университета совместно с Лабораторией импульсных магнитных полей НЦНИ проведены теоретические и экспериментальные исследования электрических, магнитотранспортных и оптических свойств массивов однослойных и многослойных углеродных нанотрубок с целью формирования функциональных электронных приборов и сенсоров на их основе (проект Ф07Ф-013, руководители С. А. Максименко и Ж. Галибер).

Создана методика комплексного дистанционного лидарного и радиометрического зондирования аэрозоля для атмосферных исследований в Антарктиде. Разработан аппаратный комплекс на основе многофункционального лидара и поляризационного спектрального сканирующего солнечного радиометра. В выполнении проекта Ф07Ф-001 (руководители А. П. Чайковский и Ф. Голуб) приняли участие Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси и Научно-технологический университет Лилля.

Институтом физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси и Центром исследования ионных лазеров проведено теоретическое и экспериментальное исследование влияния эффектов переноса заряда от лиганда к металлу на светоиндуцированное изменение показателя преломления лазерных материалов при интенсивной накачке. Оценены вклады тепловой и электронной компонент, выявлена основная роль механизма изменения поляризуемости активных ионов в результате перехода в возбужденное состояние (проект Ф07Ф-011, руководители Е. В. Ивакин и М. Ришар).

По проекту Т09Ф-004 (руководители В. Е. Борисенко и Ф. Д'авитая) Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники и Междисциплинарным центром нанотехнологий Марселя разработан метод формирования пористых наноструктур титана, основанный на совместном магнетронном распылении алюминия и титана, для использования данных пористых пленок в качестве анода фотоэлектролизной ячейки. Исследованы их свойства, предложен механизм образования.

В совместных исследованиях, проведенных НПЦ НАН Беларуси по материаловедению и Лабораторией кристаллографии и химии материалов НЦНИ в рамках проекта Ф09Ф-003 (руководители И. О. Троянчук и Б. Раве), установлен механизм фазовых переходов и магнитотранспортных явлений («антиферромагнетик–ферромагнетик» и «металл–диэлектрик») в слоистых кобальтитах.

Изучение тлеющих разрядов атмосферного давления в большом объеме выявило возможность создания однородной неравновесной плазмы атмосферного

давления в больших объемах и с контролируемыми параметрами в различных плазменных технологиях и устройствах. Работы выполнялись Институтом физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси и Лабораторией плазмы и преобразования энергии НЦНИ по проекту Ф09Ф-006 (руководители В. И. Архипенко и Т. Каллегари).

В рамках сотрудничества Белорусского государственного университета и Университета Пуатье (проект Ф09Ф-007, руководители В. В. Углов и Г. Абадиас) с целью повышения коррозионной стойкости синтезированы защитные тройные нитридные покрытия на основе нитридов переходных материалов с применением вакуумно-дугового осаждения и магнетронного распыления. Установлены закономерности формирования фазового состава таких покрытий, изучено влияние элементного и фазового состава, а также микроструктуры на коррозионную стойкость образцов.

В исследованиях структурных, фотофизических и фармакологических свойств наноформ фотосенсибилизатора, включенного в обычные и легилированные липидные везикулы, показана перспективность использования этих наночастиц в фотодинамической терапии. Работы проводили Белорусский государственный университет и Университет Нанси по проекту Б11Ф-004 (руководители В. П. Зорин и Л. Бездетная).

Институтом философии НАН Беларуси и Университетом Монпелье III Поль-Валери выполнен междисциплинарный многофакторный анализ идейно-теоретического влияния французского Просвещения на динамику социокультурной среды Беларуси в конце XVIII – начале XIX в. по ряду параметров; описан спектр коммуникативных механизмов распространения идеологии Просвещения (проект Г11Ф-010, руководители В. В. Подкопаев и Т. Доминик).

По проекту Т11Ф-003 (руководители В. Г. Баштовой и Ж. Боссис) синтезированы чувствительные к магнитному полю магнитные жидкости и эмульсии на их основе, приспособленные для адсорбции органических веществ. Изучены гидродинамика и массоперенос в них применительно к системам водоочистки. Работы проводились в Белорусском национальном техническом университете и Лаборатории физики конденсированных сред НЦНИ.

В совместных исследованиях НПЦ НАН Беларуси по материаловедению и Университета Бордо-1 проанализирована линейная и нелинейная динамика колебательных мод в кристаллических и молекулярных средах при когерентном терагерцовом импульсном возбуждении (проект Ф11Ф-009, руководители А. П. Сайко и Ф. Эрик).

В рамках проекта Ф11Ф-011 (руководители В. Е. Борисенко и Ж. Лазари) проведено компьютерное моделирование структурных, электронных и оптических свойств различных фаз соединений класса  $12-IV-VI_3$  на примере  $Cu_2(Si, Sn, Ge)S_3$ . Показана перспективность использования нанопроволок из данных материалов для генерации и детектирования электромагнитного излучения в терагерцовой области частот. Работы выполнены Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники и Междисциплинарным центром нанотехнологий Марселя.

Единственный уже заверченный из числа PICS-проектов проект Ф10ФП-001 (руководители М. Я. Ковалев и Н. Браунер) посвящен построению математических моделей (с использованием методов теории расписания и теории графов) ряда типичных ситуаций, возникающих при принятии решений в логистике и организации работы цепей производства и поставок продукции. Исследования провели Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси и Университет Гренобля.

Следует отметить, что до начала активного взаимодействия с НЦНИ белорусско-французское сотрудничество осуществлялось Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований через выделение грантов на выполнение совместных исследований по конкурсу «Наука МС» (конкурс проектов фундаментальных исследований, осуществляемых в контакте с зарубежными учеными), причем выполнявшиеся работы охватывали все научные направления Фонда. В этом конкурсе получили финансирование 15 проектов. Кроме того, участники проектов всех видов конкурсов получали трэвел-гранты на участие в международных научных мероприятиях, проводимых на территории Франции. Таких трэвел-грантов было выделено 23 за все годы оказания ученым финансовой поддержки этого вида.

Нельзя не коснуться также уникального опыта белорусско-французского сотрудничества, связанного с деятельностью ученых наших стран в рамках заключенного в 1993 г. Соглашения о сотрудничестве между Университетом им. П. и М. Кюри (Университет Париж-VI) и НАН Беларуси. Инициаторами его подписания и реализации являлись: во Франции – профессор П.-И. Турпин, в Беларуси – академик В. А. Орлович. К выполнению отдельных исследований привлекались ученые из Германии, Японии, Италии, Польши, Чехии. Исследования финансировались в рамках проектов БРФФИ, грантов на поездки, выделяемых Посольством Франции в Беларуси, международными научными фондами. Проведены обширные исследования в спектроскопии сложных биологических объектов, в области фотобиологии, наук о жизни, лазерной физики. Результаты исследований вошли в кандидатские и докторские диссертации белорусских ученых (В. С. Чирвоный, В. А. Галиевский, С. Г. Круглик, В. В. Ермоленков, А. Г. Шведко, Н. Н. Крук, А. Ю. Панарин и др.). Совместно с французскими коллегами опубликовано около 100 научных работ, получивших мировое признание, что, бесспорно, демонстрирует весьма высокий уровень развития научных исследований в Беларуси по ряду направлений.

Дальнейшее сотрудничество БРФФИ и НЦНИ в рамках действующего Соглашения, несомненно, будет способствовать взаимовыгодным и отличающимся высокой научной и практической значимостью совместным исследованиям, что содействовало бы более глубокой интеграции ученых наших стран в международное научное сообщество. Есть все предпосылки для динамичного развития сотрудничества, обогащения его новаторскими идеями, создания новых форм и направлений в интересах пополнения фундаментальных знаний и совместного прикладного использования результатов исследований.

## **КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА**

УТВЕРЖДЕНО  
Протокол заседания  
Научного совета БРФФИ  
21 ноября 2014 г. № 2

### **УСЛОВИЯ**

**конкурса совместных научных проектов  
Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований  
и Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики  
«БРФФИ–ФРНА-2015»**

#### **Общие положения**

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ) и Фонд развития науки при Президенте Азербайджанской Республики (ФРНА), в соответствии с заключенным между ними Соглашением о сотрудничестве, объявляют конкурс совместных научных проектов «БРФФИ–ФРНА-2015» с целью консолидации усилий для финансирования фундаментальных научных исследований, выполняемых совместно учеными Республики Беларусь и Азербайджанской Республики по актуальным для обеих сторон научным направлениям, в частности, для белорусской стороны – соответствующим перечню, утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585.

2. Конкурс «БРФФИ–ФРНА-2015» проводится в следующих областях фундаментальных исследований:

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

3. На конкурс принимаются исследовательские проекты, выполняемые небольшими научными коллективами белорусских и азербайджанских ученых. Заявки на конкурс подаются одновременно в БРФФИ и ФРНА в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в БРФФИ, азербайджанскими – в ФРНА.

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

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

Одно и то же лицо с белорусской стороны может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2015 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в БРФФИ). Не учитываются проекты, которые заканчиваются в I–II кварталах 2015 г., а также проекты и заявки по конкурсам ГКНТ Республики Беларусь и НАН Беларуси. При этом ученый может быть руководителем не более двух проектов, а в рамках одного вида конкурсов («Наука», «Наука М», «Наука МС» и др.) участвовать (в качестве как руководителя, так и исполнителя) не более чем в одном проекте.

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

4. Конкурсный отбор проектов осуществляется в установленном порядке\*.

По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обоих фондах, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ по совместным проектам со стороны БРФФИ осуществляется на основе договоров между БРФФИ и организациями – исполнителями проектов с белорусской стороны за счет средств республиканского бюджета. Договор определяет стоимость НИР и порядок расчетов, сроки выполнения проекта, основные планируемые результаты и перечень научной продукции, предъявляемой по окончании работ, права сторон на результаты исследований и условия их коммерциализации, порядок приемки законченной НИР и отдельных ее этапов.

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

Условия финансирования азербайджанских исполнителей проектов определяются правилами ФРНА.

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

---

\* Возможны некоторые изменения в правилах принятия окончательного решения о выделении грантов с учетом Закона Республики Беларусь от 13 июля 2012 года «О государственных закупках товаров (работ, услуг)».

ликации без ссылок на БРФФИ и ФРНА не будут учитываться при приемке отчетов и оценке результатов исследований по проектам.

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

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

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

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

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

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

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

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

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних трех лет (2012–2014 гг.).

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

Дублирование плановой тематики научно-исследовательских работ не допускается.

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

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах БРФФИ, а также получившие ранее поддержку других фондов и организаций Республики Беларусь, к участию в конкурсе «БРФФИ–ФРНА-2015» не допускаются.

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

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

Материалы заявки должны включать:

- титульный лист заявки (форма П1Аз);
- аннотацию (форма П2Аз);
- обоснование проекта (форма П3Аз), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены азербайджанским партнером белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – азербайджанской стороне, также приводится план работы партнера;

- научную биографию руководителя проекта с белорусской стороны. Руководитель проекта должен указать суммарный индекс цитирования всех своих научных статей и индекс Хирша отдельно по каждой из нижеприведенных баз данных, а также привести перечень научных статей (не более 10 по выбору автора),

имеющих наибольший индекс цитирования. 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, отдел электронных ресурсов, тел. для справок: +375-17-294-91-89. Доступ к РИНЦ предоставляется Научной электронной библиотекой <http://elibrary.ru> в системе Science Index ([http://elibrary.ru/projects/science\\_index/author\\_tutorial.asp](http://elibrary.ru/projects/science_index/author_tutorial.asp)) (форма П4Аз);

– калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П5Аз) с расшифровкой статей затрат, при этом количество штатных единиц не должно превышать пяти. Затраты по статье «Научно-производственные командировки» не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Зарубежные командировки (кроме СНГ) планируются только в организацию, где работает зарубежный партнер. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета БРФФИ 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 с белорусской стороны представляется также 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 (2012–2014 гг.) (форма П6Аз).

При оформлении конкурсных материалов не допускаются изменения и дополнения в формах П1Аз–П6Аз. Все пояснения и сноски в формах должны быть сохранены, информация, где это необходимо, представляется в соответствии с указанными шаблонами.

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.

БРФФИ воздерживается от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их

содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета БРФФИ совместно с ФРНА имеют право вносить предложения по изменению названий проектов и уточнению отдельных их положений.

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

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

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются по 27 декабря 2014 г. Для иногородних дата определяется по штемпелю на почтовом отправлении.

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

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

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

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

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы белорусских ученых направляются в адрес исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований: 220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101. Тел. для справок: 294-92-16 (физика, математика и информатика), 284-27-22 (технические науки), 294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки), 294-92-17 (аграрно-биологические науки, отдел зарубежных связей и информационного обеспечения), 284-06-38 (общественные и гуманитарные науки), 294-93-35 (бухгалтерия). Факс: 284-08-97.

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

## НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

УДК 595.763(476.5)

И. А. СОЛОДОВНИКОВ, Е. С. ПЛИСКЕВИЧ

### СРАВНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА СООБЩЕСТВ МИРМЕКОФИЛЬНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (*INSECTA*, *COLEOPTERA*) В ГНЕЗДАХ *FORMICA EXSECTA*, *FORMICA RUFA*, *FORMICA POLYCTENA* НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Витебский государственный университет им. П. М. Машерова

(Поступила в редакцию 22.08.2014)

В работе представлен аннотированный список мирмекофильных жесткокрылых, выявленных в гнездах муравьев. Для установления сходства видового состава сообществ мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica exsecta* Nylander, 1846, *Formica rufa* Linnaeus, 1761, *Formica polyctena* Föerster, 1850 были рассчитаны индекс общности Барони–Урбани и Бюссера и коэффициент сходства Сьеренсена–Чекановского. По данным исследования наибольшая видовая специфика мирмекофильных жесткокрылых наблюдается в гнездах *F. exsecta*. Такая видовая уникальность связана с особенностями мест поселения *F. exsecta*, предпочитающего открытые места в молодых насаждениях, опушки, поляны.

**Введение.** На территории Беларуси до настоящего времени вопросы, касающиеся проблематики мирмекофилии, не вызывали должного интереса, вследствие чего отсутствует комплексный подход в изучении данной темы, а исследование мирмекофильных жесткокрылых носит довольно разрозненный и фрагментарный характер. В ряде работ белорусских энтомологов (А. Д. Писаненко, В. А. Цинкевич, С. В. Салук, Г. Г. Сушко) имеются отдельные указания мирмекофильных видов жесткокрылых, однако этого недостаточно для понимания характера взаимодействия мирмекофильных жесткокрылых и муравьев и оценки влияние такого сожительства на популяцию того или иного вида муравья.

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось на территории Сенненского, Витебского, Лиозненского, Ушачского, Полоцкого, Бешенковичского, Россонского и Верхнедвинского районов в период 2000, 2010–2012 гг. Изучение сообществ мирмекофильных жесткокрылых осуществлялось путем анализа проб строительного материала куполов муравейников. Субстрат муравей-

ников объемом 1–2 дм<sup>3</sup> просеивался через фракционные сита. После выборки жесткокрылых строительный материал возвращался на купола муравейников. Идентификация жесткокрылых проводилась по отечественным и зарубежным определителям [1–4]. При составлении списка видов были использованы таксономические и номенклатурные данные [5–8]. Порядок расположения семейств взят из опубликованной коллективной работы Р. Bouchard с соавт. [9], с комментариями А. Л. Лобанова от 27.10.2011.

Для установления сходства видового состава сообществ мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica exsecta* Nylander, 1846, *Formica rufa* Linnaeus, 1761, *Formica polyctena* Förster, 1850 был использован индекс общности Барони–Урбани и Бюссера [10]:

$$I_{BB_1} = \frac{\sqrt{ad} + a}{\sqrt{ad} + a + b + c}, \quad 0 \leq I_{BB_1} \leq 1,$$

где  $a$  – число общих видов для двух списков;  $b$  – число видов, имеющих только во втором списке;  $c$  – число видов, имеющих только в первом списке;  $d$  – число видов, отсутствующих в обоих списках, но имеющих в других, в которые входит всего  $S$  видов. Данный индекс входит в группу индексов общности, учитывающих отрицательные совпадения ( $d$ ).

При сравнительном анализе смешанных по видовому обилию сообществ мирмекофильных жесткокрылых применялся метод сетевого анализа. На основе матрицы расстояний между объектами был построен граф, отражающий совокупность объектов и связь между ними. Объекты представляются как вершины, или узлы графа, а связи – как линии, или ребра графа. При анализе матриц сходства были использованы неориентированные графы, в которых линии, соединяющие вершины графа, не имеют направления. Ребра таких графов представляют собой рассчитанные значения коэффициентов. Нами был использован качественный коэффициент сходства Сьеренсена–Чекановского. При выделении плеяд сопряженных видов применялся метод разбиения графа на компоненты связности, представленные набором, являющимся совокупностью вершин графа, связанных между собой одним или несколькими ребрами. Пороговое значение ( $\delta$ ) дает возможность отбросить все ребра с меньшим значением коэффициента. Преимуществом данного метода является возможность отображения большого количества объектов одновременно, что, в свою очередь, облегчает визуальную интерпретацию результатов.

**Результаты и их обсуждение.** За время исследования нами было проанализировано 12 гнезд *Formica exsecta*, 37 гнезд *Formica polyctena*, 51 гнездо *Formica rufa*. Количество выявленных мирмекофильных жесткокрылых составило более 3000 экземпляров, относящихся к 51 виду. Доминирующее место по численности и количеству видов принадлежит семейству *Staphylinidae* – 1705 экземпляров 23 видов, другие же семейства представлены меньшим числом видов и экземпляров (табл. 1).

Таблица 1. Видовой состав мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica rufa*, *Formica polyctena*, *Formica exsecta* на территории Белорусского Поозерья

Вид S	<i>F. rufa</i>	<i>F. polyctena</i>	<i>F. exsecta</i>
<i>Myrmetes paykulli</i> Kanaar, 1979	–	+	–
<i>Dendrophilus pygmaeus</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
<i>Haetaerius ferrugineus</i> Olivier, 1759	+	–	+
<i>Ptenidium formicetorum</i> Kraatz, 1851	+	+	–
<i>Ptilium myrmecophilum</i> Allibert, 1844	+	+	–
<i>Acrotrichis montandoni</i> Allibert, 1844	+	+	–
<i>Neuraphes angulatus</i> P.W.J.Müller et Kuntze, 1822	+	–	–
<i>Neuraphes elongatulus</i> P.W.J.Müller et Kuntze, 1822	+	–	–
<i>Stenichnus godarti</i> Latreille, 1806	+	+	–
<i>Euconnus maklinii</i> Mannerheim, 1844	+	+	–
<i>Euconnus claviger</i> P.W.J.Müller et Kuntze, 1822	+	+	–
<i>Scydmaenus hellwigii</i> Herbst, 1792	+	+	–
<i>Quedius molochinus</i> Gravenhorst, 1806	+	–	–
<i>Quedius brevis</i> Erichson, 1840	+	+	–
<i>Leptacinus formicetorum</i> Märkel, 1841	+	+	+
<i>Gyrophypnus atratus</i> Heer, 1839	+	–	–
<i>Lithoharis nigriceps</i> Kraatz, 1859	+	–	–
<i>Stenus clavicornis</i> Scopoli, 1763	+	+	+
<i>Stenus aterrimus</i> Erichson, 1839	+	–	–
<i>Sepedophilus marshami</i> Stephens, 1832	+	+	–
<i>Lamprinodes saginatus</i> Gravenhorst, 1832	–	–	+
<i>Oxypoda formiceticola</i> Märkel, 1841	+	+	+
<i>Oxypoda haemorrhoea</i> Mannerheim, 1830	+	+	+
<i>Thiasophila angulata</i> Erichson, 1837	+	+	–
<i>Thiasophila canaliculata</i> Mulsant & Rey, 1874	–	–	+
<i>Dinarda hagensii</i> Wasmann, 1889	–	–	+
<i>Dinarda maerkelii</i> Kiesenwetter, 1843	+	+	–
<i>Dinarda pygmaea</i> Wasmann, 1894	–	–	+
<i>Drusilla canaliculata</i> Fabricius, 1787	+	+	+
<i>Pella humeralis</i> Gravenhorst, 1802	+	+	+
<i>Lomechusoides strumosus</i> Fabricius, 1792	+	+	–
<i>Atheta talpa</i> Heer, 1841	+	+	+
<i>Atheta myrmecobia</i> Kraatz, 1858	–	+	–
<i>Lyprocorrhe anceps</i> Erichson, 1837	+	+	+
<i>Oligota pusillima</i> Gravenhorst, 1806	+	+	–
<i>Euplectus karstenii</i> Reichenbach, 1816	+	–	–
<i>Euplectus kirbii kirbii</i> Denny, 1825	+	+	–
<i>Euplectus signatus</i> Reichenbach, 1816	+	+	–
<i>Plectophloeus nitidus</i> Fairmaire, 1857	–	+	–

Окончание табл. 1

Вид S	<i>F. rufa</i>	<i>F. polystena</i>	<i>F. exsecta</i>
<i>Trimium brevicorne</i> Reichenbach, 1816	+	+	–
<i>Platycerus caraboides</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
<i>Protaetia metallica metallica</i> Herbst, 1782	+	–	–
<i>Thalycra fervida</i> Olivier, 1790	+	–	–
<i>Monotoma angusticollis</i> Gyllenhal, 1827	+	+	+
<i>Monotoma conicicollis</i> Aubé, 1837	+	+	+
<i>Spavius glaber</i> Gyllenhal, 1808	+	+	–
<i>Corticaria longicollis</i> Zetterstedt, 1838	+	+	+
<i>Hypocopus latridoides</i> Motschulsky, 1839	–	–	+
<i>Pseudocistela ceramboides</i> Linnaeus, 1758	+	+	–
<i>Myrmecixenus subterraneus</i> Chevrolat, 1835	+	+	–
<i>Palorus depressus</i> Fabricius, 1790	+	+	–

Для сравнения трех видовых списков мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica exsecta*, *Formica rufa*, *Formica polystena* был применен индекс общности Барони–Урбани и Бюссера. Анализ всей совокупности выявленных видов показал сходство на 78 % видового состава мирмекофильных жесткокрылых *Formica rufa* и *Formica polystena*: общими являются 34 вида, тогда как 13 видов не являются общими. Оба вида муравьев в качестве мест поселения используют сходные биоценозы, что и объясняет высокий процент совпадения. Процент сходства *Formica exsecta* и *Formica polystena* составил всего 44 %: число общих видов – 13. *Formica exsecta* и *Formica rufa* еще меньше – 37 %, число общих видов – 14. Приведенные результаты указывают на специфику видового состава мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica exsecta*. Такая видовая уникальность связана с особенностями мест поселения тонкоголового муравья, предпочитающего открытые места в молодых насаждениях, а также опушки, поляны и, вероятно, с особым микроклиматом гнезда.

При сравнении видового состава мирмекофильных жесткокрылых были использованы данные 20 произвольно выбранных гнезд (10 муравейников *Formica rufa* и 10 муравейников *Formica polystena*). Причем сравнительный анализ приведенных объектов необходим для расчета индекса при последующем построении графа. По главной диагонали матрицы пересечений (табл. 2) указано число видов в конкретном гнезде, а на пересечении столбцов и строк – число общих видов. Матрица симметрична по отношению к главной диагонали, мы заполнили лишь часть матрицы. Под диагональю представлен коэффициент сходства Сьеренсена–Чекановского. Аналогичным образом построены табл. 3 и 4.

Для графического анализа сходства видового состава мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica rufa* и *Formica polystena* был построен неориентированный граф по матрице мер сходства Сьеренсена–Чекановского (рис. 1). В данном случае наиболее «сильные» связи между объектами выделяются при пороге

значения  $\delta \geq 75\%$ . Высокий процент сходства видового состава мирмекофилов в этих гнездах обусловлен присутствием общих видов: *Myrmexchixenus subterraneus*, *Thiasophila angulata*, *Oxypoda formiceticola*, *Oxypoda haemorrhoea*, входящих в группу нейтральных синоиков (безразлично относятся к муравьям и их молодым, питаются пищевыми отходами или разлагающимся гнездовым материалом, не похожи на муравьев и не имеют трихом, проживают в камерах гнезд [11, с. 383]). Другая группа сожителей – синехтры (небольшая по составу, включает ряд плотоядных жесткокрылых семейства *Staphylinidae*, живет в гнездах муравьев в качестве падальщиков, поедая мертвых или больных муравьев и их личинки, а также всевозможные пищевые отбросы, активно изгоняется муравьями из гнезд, поэтому скрывается в менее посещаемых муравьями галереях и избегает встреч с ними [11, с. 382], представлена видом *Leptacinus formicetorum*).

Таблица 2. Матрица пересечений для каждой пары конкретных гнезд (над диагональю) и матрица мер сходства Сьеренсена–Чекановского (под диагональю) муравьев *Formica rufa* и *Formica polyctena*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	7	3	2	2	2	0	4	3	2	1	1	0	0	2	0	1	1	2	0	2
2	0,66	10	3	3	2	0	3	1	1	2	1	3	2	7	0	3	2	1	5	1
3	0,50	0,80	10	4	6	2	3	4	3	1	1	3	1	5	1	2	1	2	5	1
4	0,40	0,66	0,85	6	5	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2
5	0,33	0,57	0,75	0,88	8	1	3	3	1	1	0	1	0	2	0	1	1	2	3	1
6	0	0	0,33	0,28	0,50	2	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0
7	0,25	0,44	0,60	0,72	0,83	0,60	7	3	0	0	0	2	1	3	0	1	0	1	3	0
8	0,22	0,40	0,54	0,66	0,76	0,54	0,93	6	1	1	2	2	0	4	1	1	0	0	1	0
9	0,22	0,40	0,54	0,66	0,76	0,44	0,80	0,87	5	0	1	1	0	3	1	3	1	2	2	1
10	0,28	0,50	0,66	0,60	0,72	0,44	0,61	0,71	0,71	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1
11	0,25	0,44	0,60	0,54	0,50	0,20	0,42	0,53	0,66	0,76	5	2	2	4	2	0	0	0	1	1
12	0	0,18	0,33	0,30	0,42	0,50	0,62	0,70	0,70	0,53	0,62	8	3	8	3	4	1	1	3	0
13	0	0,25	0,44	0,40	0,36	0,22	0,46	0,42	0,28	0,33	0,46	0,66	4	4	1	1	0	0	1	0
14	0,14	0,26	0,37	0,35	0,44	0,37	0,60	0,66	0,66	0,63	0,70	0,81	0,63	15	4	4	1	1	4	0
15	0	0	0,18	0,16	0,15	0,18	0,13	0,25	0,37	0,28	0,53	0,58	0,57	0,66	4	0	1	0	0	1
16	0,14	0,26	0,37	0,47	0,55	0,37	0,70	0,76	0,76	0,52	0,50	0,72	0,52	0,84	0,57	5	1	1	2	1
17	0,15	0,28	0,40	0,50	0,58	0,40	0,63	0,60	0,70	0,44	0,42	0,57	0,33	0,64	0,50	0,80	4	0	2	1
18	0,16	0,30	0,42	0,53	0,62	0,28	0,66	0,63	0,63	0,47	0,44	0,60	0,47	0,66	0,42	0,83	0,78	6	1	1
19	0	0,11	0,21	0,30	0,38	0,31	0,52	0,58	0,58	0,36	0,43	0,72	0,54	0,75	0,58	0,82	0,71	0,74	7	0
20	0,14	0,26	0,37	0,47	0,55	0,25	0,50	0,47	0,57	0,52	0,60	0,45	0,31	0,53	0,38	0,53	0,72	0,66	0,62	3

Примечание: № 1–5 – гнезда *F. rufa* (Сенненский р-н, 2011 г.); № 6–10 – *F. rufa* (Витебский р-н, 2011–2012 гг.); № 11–15 – гнезда *F. polyctena* (Сенненский р-н, 2000 г.); № 16–20 – *F. polyctena* (Витебский р-н, 2000–2011 гг.).

Таблица 3. Матрица пересечений для каждой пары конкретных гнезд (над диагональю) и матрица мер сходства Сьеренсена–Чекановского (под диагональю) муравьев *Formica rufa* и *Formica exsecta*

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	<b>18</b>	6	3	9	5	1	2	6	1	2	3	2	3	1	3	0	1	0	0	0
2	0,66	<b>10</b>	3	4	3	1	3	4	0	1	1	3	2	1	0	0	1	0	0	0
3	0,50	0,80	<b>10</b>	4	0	1	3	2	0	2	4	2	1	1	1	0	0	0	0	0
4	0,40	0,66	0,85	<b>12</b>	4	2	4	5	1	2	4	2	2	1	2	0	1	0	0	0
5	0,40	0,66	0,57	0,75	<b>9</b>	3	5	5	0	3	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0
6	0,28	0,50	0,66	0,80	0,80	<b>4</b>	3	3	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
7	0,25	0,44	0,60	0,72	0,72	0,92	<b>8</b>	5	0	4	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
8	0,22	0,40	0,54	0,66	0,66	0,85	0,93	<b>10</b>	0	2	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
9	0,50	0,40	0,33	0,57	0,57	0,44	0,40	0,36	<b>3</b>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0,18	0,33	0,46	0,57	0,57	0,75	0,82	0,88	0,46	<b>8</b>	2	1	2	1	2	0	0	0	0	0
11	0,18	0,33	0,46	0,57	0,57	0,75	0,82	0,88	0,30	0,90	<b>10</b>	3	4	3	3	1	0	1	1	2
12	0,16	0,30	0,42	0,53	0,53	0,70	0,77	0,84	0,28	0,85	0,95	<b>6</b>	2	2	1	0	1	1	1	2
13	0,15	0,28	0,40	0,50	0,50	0,66	0,73	0,80	0,26	0,81	0,90	0,95	<b>6</b>	3	3	1	0	1	0	1
14	0,20	0,36	0,50	0,61	0,46	0,53	0,50	0,47	0,33	0,52	0,63	0,70	0,76	<b>3</b>	2	1	0	1	0	1
15	0,16	0,15	0,28	0,40	0,40	0,47	0,44	0,42	0,42	0,57	0,57	0,63	0,69	0,80	<b>7</b>	1	0	1	0	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,12	0,23	0,42	0,50	<b>1</b>	0	0	0	0
17	0,22	0,40	0,36	0,50	0,66	0,57	0,66	0,75	0,36	0,66	0,66	0,73	0,70	0,47	0,42	0	<b>1</b>	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,23	0,33	0,53	0,58	0,72	0,14	<b>1</b>	0	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,28	0,26	0,33	0,28	0,25	0,18	0,44	<b>1</b>	1	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,21	0,30	0,47	0,52	0,61	0,12	0,85	0,54	<b>3</b>	1

Примечание: № 1–4 – гнезда *F. rufa* (Сенненский р-н, 2000 г.); № 5–8 – *F. rufa* (Витебский р-н, 2000 г.); № 9, 10 – *F. rufa* (Лиозненский р-н, 2012 г.); № 11–14 – гнезда *F. exsecta* (Сенненский р-н, 2000 г.); № 15, 16 – *F. exsecta* (Витебский р-н, 2000 г.); № 17–20 – *F. exsecta* (Лиозненский р-н, 2012 г.).

При сравнении видового состава мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica rufa* и *Formica exsecta* наиболее «сильные» связи отмечены при пороге значения  $\delta \geq 70\%$  (рис. 2). Выявленные общие виды мирмекофилов (*Monotoma conicicollis*, *Monotoma angusticollis*, *Oxypoda formiceticola*, *Oxypoda haemorrhoea*, *Atheta talpa*, *Lyprocorrhe anceps*) принадлежат группам нейтральных синойков и синехтров (*Pella humeralis* и *Leptacinus formicetorum*).

Сравнение видового состава мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica polyctena* и *Formica exsecta* выявило общие виды мирмекофилов *Oxypoda haemorrhoea*, *Oxypoda formiceticola*, *Lyprocorrhe anceps* (нейтральные синойки), наиболее «сильные» связи между объектами выделяются при пороге значения  $\delta \geq 50\%$  (рис. 3).

Т а б л и ц а 4. Матрица пересечений для каждой пары конкретных гнезд (над диагональю) и матрица мер сходства Сьеренсена-Чекановского (под диагональю) муравьев *Formica exsecta* и *Formica polyctena*

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
2	0	3	1	0	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0,66	7	1	3	1	3	2	3	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
4	0	0	0,50	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0,40	0,66	0,66	10	3	4	3	3	1	0	0	0	1	0	1	2	1	2	0
6	0,33	0,33	0,57	0,28	0,66	6	2	2	2	0	0	1	1	0	2	1	1	2	4	0
7	0	0,28	0,50	0,50	0,80	0,72	6	3	2	1	0	0	0	2	1	2	1	1	1	0
8	0	0,25	0,44	0,44	0,72	0,66	0,92	3	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
9	0	0,22	0,40	0,40	0,66	0,61	0,85	0,93	4	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
10	0	0	0,22	0,44	0,54	0,33	0,61	0,71	0,80	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0,28	0,25	0,22	0,20	0	0	4	0	2	2	1	1	3	2	0
13	0,40	0	0	0	0	0,44	0,20	0,18	0,16	0	0,40	0,33	2	1	2	2	0	2	0	0
14	0	0	0,22	0,22	0,36	0,33	0,46	0,42	0,40	0,42	0,25	0,22	0,36	6	3	4	0	3	1	0
15	0,18	0	0,16	0,16	0,14	0,40	0,37	0,35	0,44	0,35	0,18	0,33	0,57	0,70	8	6	1	4	3	0
16	0,15	0	0,14	0,14	0,25	0,47	0,44	0,42	0,50	0,42	0,15	0,28	0,50	0,73	0,90	8	1	4	3	0
17	0	0	0	0	0,16	0,30	0,42	0,53	0,50	0,40	0	0,40	0,16	0,40	0,44	0,60	3	2	3	0
18	0,14	0	0,13	0,13	0,23	0,44	0,42	0,40	0,38	0,30	0,14	0,26	0,47	0,70	0,78	0,88	0,66	8	3	0
19	0,13	0	0,12	0,12	0,22	0,42	0,40	0,47	0,54	0,47	0	0,25	0,22	0,27	0,66	0,76	0,72	0,81	8	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	2

П р и м е ч а н и е: № 1, 2 – гнезда *F. exsecta* (Сенненский р-н, 2012 г.); № 3, 4 – *F. exsecta* (Витебский р-н, 2000 г.); № 5–10 – *F. exsecta* (Сенненский р-н, 2000 г.); № 11 – гнездо *F. polyctena* (Лиозненский р-н, 2012 г.); № 12, 13 – *F. polyctena* (Витебский р-н, 2010 г.); № 14–20 – *F. polyctena* (Сенненский р-н, 2011 г.).

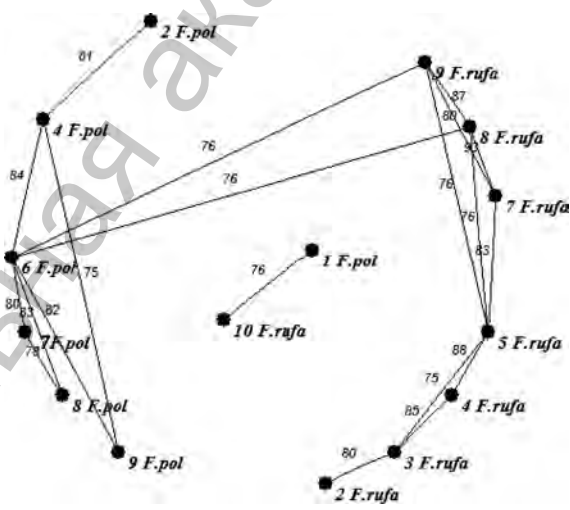


Рис. 1. Граф сходства видового состава мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica rufa* и *Formica polyctena* (при пороге  $\delta \geq 75\%$ )

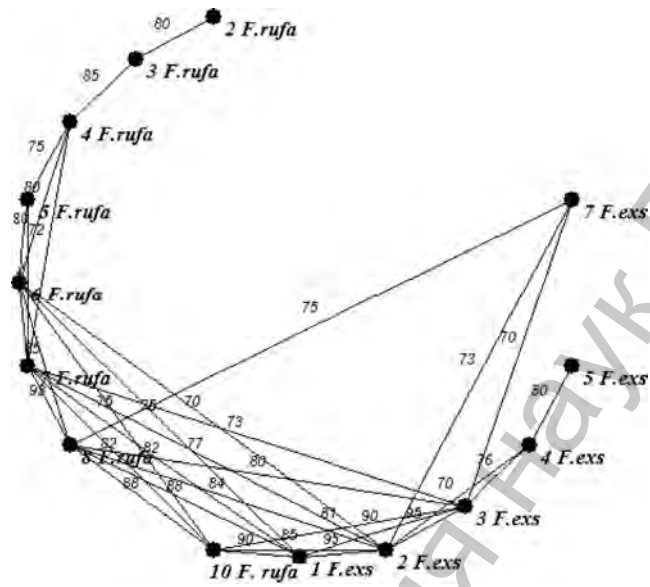


Рис. 2. Граф сходства видового состава мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica rufa* и *Formica exsecta* (при пороге  $\delta \geq 70\%$ )

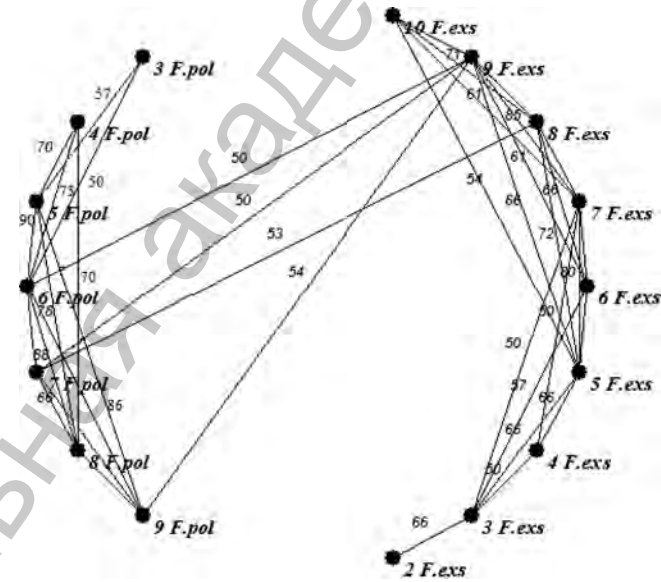


Рис. 3. Граф сходства видового состава мирмекофильных жесткокрылых в гнездах *Formica polystena* и *Formica exsecta* (при пороге  $\delta \geq 50\%$ )

**Заключение.** Сравнение сообществ мирмекофильных жесткокрылых позволило выявить сходство и различие видового состава мирмекофилов в гнездах трех видов муравьев. Особенность видового состава мирмекофилов каждого из трех видов муравьев обусловлена его видовой спецификой. Так, нами были выявлены виды, встречающиеся только в гнездах *Formica exsecta*: *Hypocoprus latridoides*, *Dinarda hagensii*, *Thiasophila canaliculata*. Для *Formica rufa* характерно присутствие *Euplectus karstenii*, *Neuraphes angulatus*, *Neuraphes elongatulus*, *Gyrohypnus atratus*, *Lithoharis nigriceps*, *Stenus aterrimus*, *Protaetia metallica metallica*, *Thalycra fervida*, которые не были обнаружены в гнездах двух других видов муравьев. Следует отметить, что найдены только у *Formica polyctena* виды *Plectophloeus nitidus*, *Atheta myrmecobia*.

Авторы выражают благодарность БРФФИ за ранее выполненный проект № Б00М-041, а также В. М. Коцуру (ВГУ, г. Витебск) за постоянную помощь в исследованиях и совместные экспедиции по территории Витебской области.

Неоценимую помощь в определении и подтверждении определений некоторых видов оказали О. Р. Александрович (Slupsk, Poland), А. Г. Кирейчук (С.-Петербург, ЗИН РАН), Н. Б. Никитский, Ю. Г. Любарский (Москва, Зоомузей МГУ им. М. В. Ломоносова), С. А. Курбатов (Всероссийский центр карантина растений, Московская область, пос. Быково), В. Б. Семенов (Москва, Институт медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е. И. Марциновского), В. А. Цинкевич (Минск, БГПУ), А. В. Дерунков (Минск, ННЦ НАН Беларуси по биоресурсам), С. В. Салук (Минск), Dr. M. Sörensson (Department of Zoology, Lund, Sweden), за что авторы им очень признательны.

### Литература

1. Якобсон Г. Г. Определитель жуков: Практическая энтомология. М.; Л., 1931. Вып. 7. – 458 с.
2. Бей-Биенко Г. Я. Определитель насекомых европейской части СССР: в 5 т. / редкол.: Г. Я. Бей-Биенко (общ. ред.). – М.; Л.: Наука, 1964–1970. Т. 2: Жесткокрылые и веерокрылые. – 668 с.
3. Die Kafer Mitteleuropas: 11 bd. / H. Freude (ed.) [und andere]. Spektrum Akademischer Verlag, 1965–1983. Bd. 11.
4. Крыжановский О. Л., Рейнхардт А. Н. Фауна СССР: в 144 т. / редкол.: А. А. Стрелков [и др.]. – Л.: Наука, 1935–2007. Т. 5: Жуки надсемейства *Histeroidea* (семейства *Sphaeritiidae*, *Histeridae*, *Syntelliidae*). – 435 с.
5. Silfverberg H. Additions and corrections to Enumeratio Coleopterorum Fennoscandiae et Daniae // Sahlbergia. 1996. Vol. 3. P. 33–62.
6. Silfverberg H. Enumeratio coleopterorum Fennoscandiae Daniae et Baltiae. Helsinki: Helsingin Hyonteisvaihtoyhdistys, 1992. – 94 p.
7. Silfverberg H. Enumeratio Coleopterorum Fennoscandiae, Daniae et Baltiae // Sahlbergia. 2004. Vol. 9. P. 1–111.
8. Catalogue of Palaearctic Coleoptera: Vol. 6 / Ed. by I. Löbl, A. Smetana. Stenstrup: Apollo Books, 2003–2010.
9. Baroni-Urbani C., Buser M. W. // Syst. Zool. 1976. Vol. 25, N 3. P. 251–259.
10. Bouchard P., Bousquet Y., Davies A. E. et al. // ZooKeys. 2011. N 88. P. 1–972.
11. Wheeler W. M. Ants, their Structure, Development and Behavior. New York: Columbia University Press, 1910. – 663 p.

I. A. SOLODOVNIKOV, E. S. PLISKEVICH

**COMPARISON OF SPECIES COMPOSITION OF THE COMMUNITY MYRMECOPHILOUS  
COLEOPTERAN (*INSECTA, COLEOPTERA*) IN THE NEST *FORMICA EXSECTA*,  
*FORMICA RUFA*, *FORMICA POLYCTENA* IN THE BELARUS LAKELAND**

**Summary**

This paper presents an annotated list of myrmecophilous beetles in the nests of ants. Index generality Baroni – Urbani and Buser and similarity coefficient Serensen – Chekanovsky were calculated to establish the similarity of the species composition of communities myrmecophilous beetles in the nests of *Formica exsecta* Nylander, 1846, *Formica rufa* Linnaeus, 1761, *Formica polyctena* Förster, 1850. According to research the largest species specificity myrmecophilous beetles observed in the nests of *F. exsecta*. Such kind of unique feature associated with the dwelling places *F. exsecta*, preferring open spaces in young plantations, forest edges, glade.

УДК 579.22+517.15

А. А. КОСТЕНЕВИЧ, А. Г. ЛОБАНОК, Л. И. САПУНОВА,  
И. О. ТАМКОВИЧ, Ю. В. ШЕЛЕСТ

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРОДУЦИРУЮЩИХ $\beta$ -ГАЛАКТОЗИДАЗУ БАКТЕРИЙ *ARTHROBACTER SULFONIVORANS*

Институт микробиологии НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 18.11.2014)

Определены условия получения и дозы посевного материала, а также физико-химические параметры глубинного культивирования нового штамма *Arthrobacter sulfonivorans* ЛФ-ГАЛ (БИМ В-499-Д) – продуцента внеклеточной  $\beta$ -галактозидазы, обеспечивающие повышение продукции фермента в 2,1 раза при сокращении длительности процесса в 1,5 раза. Полученные результаты будут использованы при масштабировании технологии получения препарата внеклеточной  $\beta$ -галактозидазы бактериального происхождения.

**Введение.**  $\beta$ -Галактозидаза (лактаза,  $\beta$ -галактозид-галактогидролаза, КФ 3.2.1.23) катализирует реакцию гидролиза  $\beta$ -галактозидов, в том числе лактозы, с отщеплением  $\beta$ -D-галактозы от их концевого нередуцированного остатка. Фермент является основой биотехнологий производства из молочной сыворотки галакто-олигосахаридов и глюкозо-галактозных сиропов; из молока и отходов его переработки – безлактозных или содержащих минимальное количество дисахарида продуктов питания и кормовых добавок [1–6]. Микробные  $\beta$ -галактозидазы высокой степени очистки используются в составе пищевых добавок и лекарственных препаратов для компенсации врожденной и приобретенной лактазной недостаточности, в тест-наборах – для определения количества лактозы и дифференциации микроорганизмов [7; 8].

В качестве промышленных продуцентов фермента востребованы лишь отдельные виды родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Kluyveromyces* и *Streptococcus*, хотя синтез фермента является широко распространенным свойством микроорганизмов различной таксономической принадлежности [4; 7]. Среди немногих синтезирующих  $\beta$ -галактозидазу представителей бактерий рода *Arthrobacter* [9; 10] штамм *Arthrobacter sulfonivorans* БИМ В-2242 выделяется нетипичной для прокариот внеклеточной локализацией ферментного белка [11]. На его основе селекционирован новый адаптированный к лактозе штамм *Arthrobacter sulfonivorans*

ЛФ-ГАЛ – конкурентоспособный продуцент  $\beta$ -галактозидазы и разработан состав питательной среды для его культивирования.

Цель работы – разработка условий получения физиологически активного посевного материала и оптимизация физико-химических параметров культивирования штамма *Arthrobacter sulfonivorans* ЛФ-ГАЛ, перспективного для создания новой ресурсосберегающей биотехнологии получения внеклеточной  $\beta$ -галактозидазы.

**Материалы и методы исследования.** Объектом изучения являлся штамм *Arthrobacter sulfonivorans* ЛФ-ГАЛ, депонированный в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов под акронимом БИМ В-499-Д (далее *A. sulfonivorans*).

Культуру бактерий хранили на пептонно-дрожжевом агаре (ПДА, в %: лактоза – 10,0; пептон – 1,0; дрожжевой экстракт – 0,5;  $K_2HPO_4$  – 0,3;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,1; агар-агар – 2,0; рН 6,8) при 4–6 °С методом периодических пересевов с частотой 2 раза в год.

Питательная среда для глубинного культивирования бактерий включала (в %): лактозу – 1,5; пептон – 1,0; дрожжевой экстракт – 0,1;  $K_2HPO_4$  – 0,3;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,25.

При исследовании влияния посевного материала на рост *A. sulfonivorans* и синтез  $\beta$ -галактозидазы питательную среду инокулировали водной суспензией клеток бактерий, выращенных на ПДА при 20, 24, 26, 28, 29 и 30 °С в течение 3, 7, 14, 21, 28 и 35 сут. или в жидкой питательной среде указанного выше состава в течение 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 и 48 ч в количестве 1–15 об. %.

При оптимизации физико-химических условий глубинного культивирования бактерии выращивали в колбах Эрленмейера объемом 250 мл, содержащих 7,5–100 мл питательной среды (коэффициент заполнения 0,03–0,4) с исходной величиной рН 6,0–12,0 на качалке (180–200 об/мин), или в ферментерах АНКУМ-10 (коэффициент заполнения 0,7; скорость вращения мешалки 200, 250 или 300 об/мин; скорость подачи воздуха 0,1–2 л/л · мин) при температуре 28–29 °С в течение 3–4 сут., в зависимости от целей эксперимента.

По окончании культивирования биомассу бактерий отделяли центрифугированием (8000g, 20 мин) и отмывали дистиллированной водой.

Количество биомассы определяли из предварительно построенного графика, отражающего зависимость оптической плотности суспензии клеток бактерий ( $OP_{540}$ ) от их сухого веса, и выражали в мг/мл культуральной жидкости.

Бесклеточные фильтраты культуральных жидкостей использовали для аналитических целей.

Активность  $\beta$ -галактозидазы определяли спектрофотометрически с использованием в качестве субстрата о-нитрофенилгалактозид (ОНФГ) [12]. За единицу активности фермента принимали такое его количество, которое катализирует гидролиз ОНФГ с образованием 1 мкмоль о-нитрофенола за 1 мин при 40 °С и рН 7,0.

Активность фермента выражали в ед/мл культуральной жидкости, в ед/мг белка (удельная активность) и в ед/мг сухой биомассы (продуцирующая способность биомассы).

Белок определяли по методу Bradford [13] с бычьим сывороточным альбумином в качестве стандарта, величину рН – потенциометрически.

Приведенные результаты представляют собой среднее значение данных 2–3 опытов, выполненных в трех повторностях. При статистической обработке результатов с использованием компьютерной программы из пакета Microsoft Office рассчитывали доверительный интервал среднего арифметического для уровня вероятности 0,05. Разность двух средних величин признавалась достоверной при отсутствии перекрывания их доверительных интервалов.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ данных литературы свидетельствует о противоречивом влиянии на синтез β-галактозидазы микроорганизмами температуры культивирования, активной кислотности, аэрации и интенсивности перемешивания питательной среды [4; 7; 8]. При этом практически не изученными остаются закономерности продукции фермента в зависимости от указанных факторов у обладающих β-галактозидазной активностью немногочисленных представителей рода *Arthrobacter*. С учетом изложенного выше необходимым представляется детальное исследование физиолого-биохимических особенностей каждого из микроорганизмов-продуцентов, предлагаемых для получения новых ферментных препаратов.

С целью увеличения продукции β-галактозидазы селективированным штаммом *Arthrobacter sulfonivorans* ЛФ–ГАЛ (БИМ В-499-Д) разработаны условия приготовления физиологически активного посевного материала. На рис. 1 суммированы данные о влиянии 3 об. % инокулюма в виде водной суспензии клеток ( $ОП_{540} = 0,2$ ), полученных на ПДА при различных температурах, на образование фермента *A. sulfonivorans*. Как видно, максимумы накопления биомассы (13,7–13,8 мг/мл) и синтеза β-галактозидазы (33,2–34,8 ед/мл) исследуемым штаммом, а также мак-

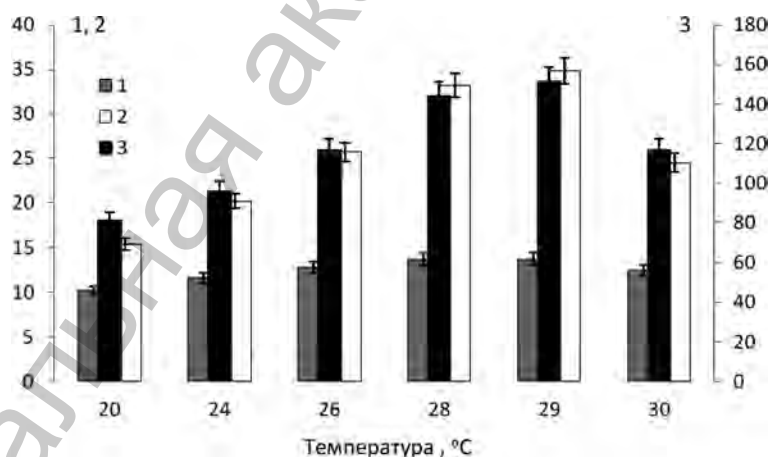


Рис. 1. Влияние температуры выращивания посевного материала на ПДА на рост *A. sulfonivorans* и синтез β-галактозидазы: 1 – биомасса, мг/мл; 2 – β-галактозидаза, ед/мл; 3 – β-галактозидаза, ед/мг белка

симальная величина удельной активности фермента (144,3–151,3 ед/мг белка) отмечались при засеве среды клетками, выращенными на ПДА при 28–29 °С. При этом возраст посевного материала, полученного в указанных условиях, существенно не влиял на накопление биомассы бактериями, а активное образование фермента (34,7–35,3 ед/мл) высокой удельной активности (147,0–153,5 ед/мг белка) отмечалось при инокуляции среды 2–3 об. % суспензии 3–7-суточной культуры (таблица).

**Влияние возраста и количества посевного материала, полученного на ПДА при 29 °С, на рост *A. sulfonivorans* и синтез β-галактозидазы**

Посевной материал:		Биомасса, мг/мл	Белок, мг/мл	β-Галактозидаза:		
возраст, сут.	количество, об. %			ед/мл	ед/мг биомассы	ед/мг белка
3	3	13,2 ± 0,41	0,23 ± 0,01	34,7 ± 0,70	2,63 ± 0,13	150,9 ± 7,55
7	1	9,2 ± 0,46	0,20 ± 0,01	24,8 ± 0,62	2,70 ± 0,13	124,0 ± 6,20
	2	11,4 ± 0,62	0,23 ± 0,01	33,8 ± 0,68	2,96 ± 0,15	147,0 ± 7,35
	3	13,4 ± 0,67	0,23 ± 0,01	35,3 ± 0,62	2,63 ± 0,13	153,5 ± 7,67
	5	14,0 ± 0,70	0,22 ± 0,01	28,1 ± 0,57	2,01 ± 0,09	127,7 ± 6,39
	10	18,5 ± 0,92	0,20 ± 0,01	17,8 ± 0,46	0,96 ± 0,04	89,0 ± 4,45
14	3	13,0 ± 0,34	0,23 ± 0,01	32,2 ± 0,69	2,48 ± 0,12	140,0 ± 7,00
21	3	12,8 ± 0,41	0,23 ± 0,01	30,7 ± 0,59	2,40 ± 0,12	133,5 ± 6,68
28	3	12,5 ± 0,38	0,22 ± 0,01	28,4 ± 0,67	2,27 ± 0,11	129,1 ± 6,46
35	3	12,0 ± 0,35	0,22 ± 0,01	25,1 ± 0,64	2,09 ± 0,10	114,1 ± 5,71

Накопление биомассы *A. sulfonivorans* также мало зависело от возраста инокулята, полученного в жидкой питательной среде, тогда как наибольшим накоплением внеклеточной β-галактозидазы (37,1–36,2 ед/мл) характеризовалась 24–30-часовая культура, находящаяся в экспоненциальной фазе роста (рис. 2, а). Оптимальная доза такого посевного материала для достижения максимального уровня образования фермента (37,2 ед/мл) и его удельной активности (161,7 ед/мг белка) составляла 3 об. % (рис. 2, б). Необходимое количество посевного материала, обеспечивающего высокий уровень синтеза β-галактозидазы у бактерий различных таксономических групп, варьировалось в пределах 0,5–10 об. % 12–24-часовой глубинной культуры [14–18].

При исследовании влияния активной кислотности среды установлено, что у *A. sulfonivorans* синтез β-галактозидазы (37,1–40,2 ед/мл) и величина ее удельной активности (161,3–167,5 ед/мг белка) достигали максимума при исходном значении pH питательной среды 6,5–6,8, тогда как продуцирующая способность биомассы (2,70–2,87 ед/мг) в диапазоне pH 6,5–7,0 (рис. 3). При pH 6,0 накопление внеклеточного фермента едва достигало 0,07 ед/мл. Рост *A. sulfonivorans* в щелочных средах сопровождался значительным уменьшением количества биомассы, величина которой при pH 12,0 составляла всего 0,5 мг/мл. Эффективность синтеза

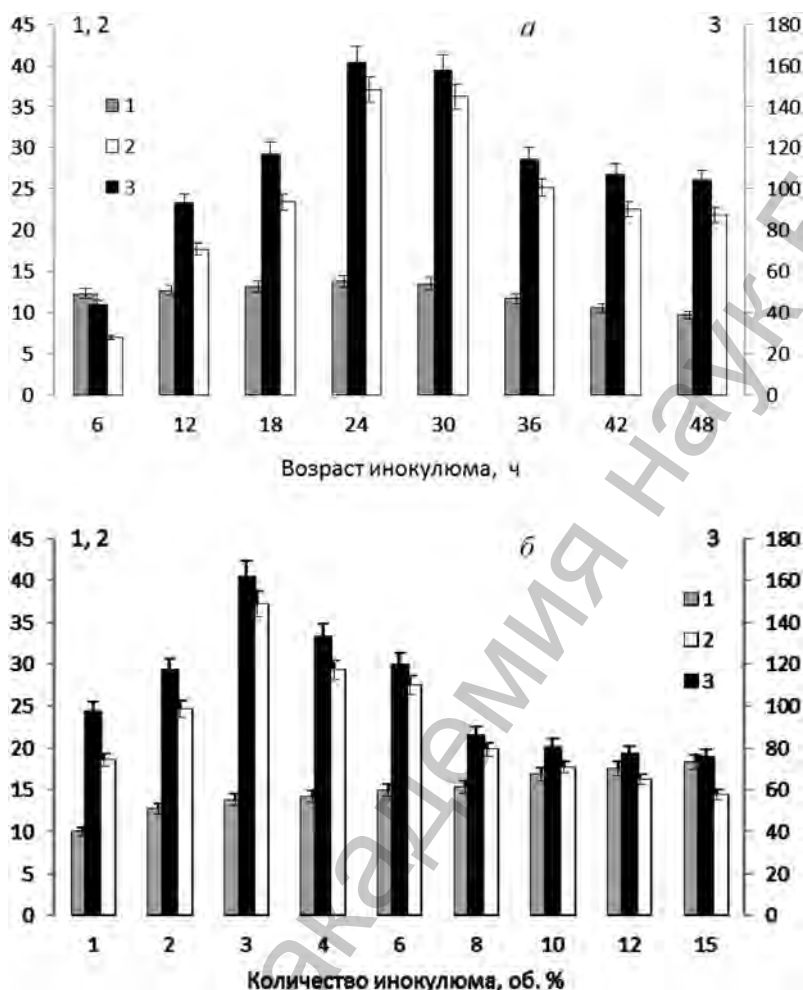


Рис. 2. Рост бактерий *A. sulfonivorans* и синтез β-галактозидазы в зависимости от возраста (а) и количества (б) инокулюма: 1 – биомасса, мг/мл; 2 – β-галактозидаза, ед/мл; 3 – β-галактозидаза, ед/мг белка

фермента штаммом в средах с pH 9,0 снижалась втрое по сравнению с оптимумом, а в средах, кислотно-щелочной баланс которых соответствовал pH 12,0, продукция β-галактозидазы полностью отсутствовала.

Благоприятной для синтеза фермента бактериями других таксономических групп также является нейтральная (pH 7,0–7,2) [17; 19] или слабо кислая (pH 6,0–6,8) [15; 16; 18; 20; 21] реакция питательной среды.

Известно, что продукция β-галактозидазы у бактерий существенно зависит от аэрации питательной среды и достигает максимума в условиях глубинного культивирования в колбах при коэффициенте их заполнения питательной средой

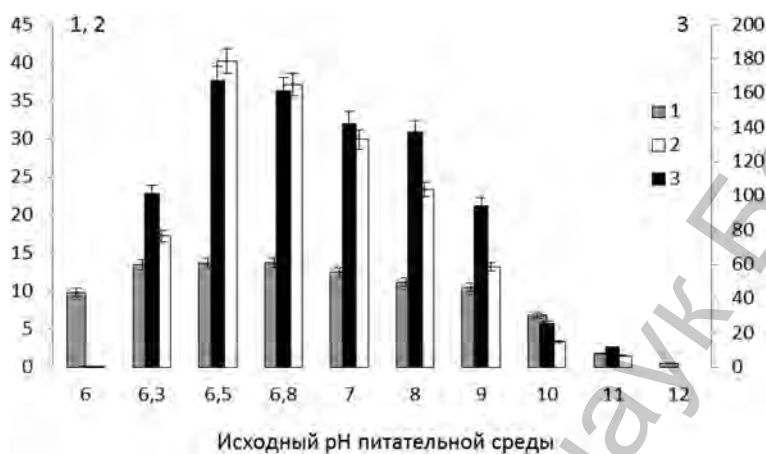


Рис. 3. Влияние активной кислотности питательной среды на рост *A. sulfonivorans* и синтез β-галактозидазы: 1 – биомасса, мг/мл; 2 – β-галактозидаза, ед/мл; 3 – β-галактозидаза, ед/мг белка

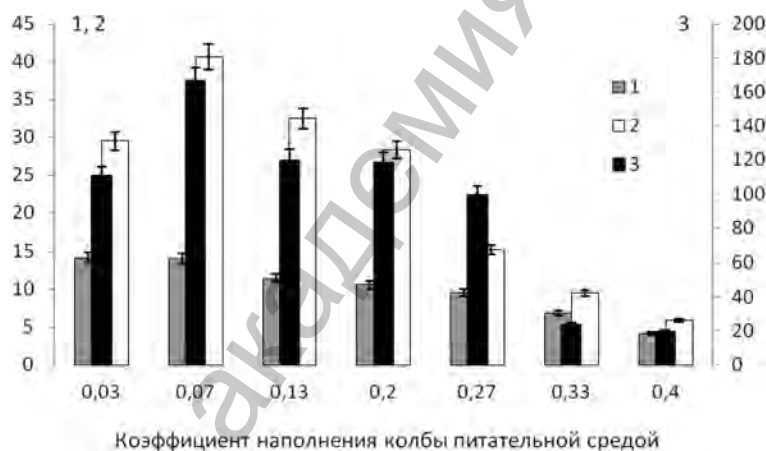


Рис. 4. Зависимость роста *A. sulfonivorans* и синтеза β-галактозидазы от соотношения объемов питательной среды и колбы: 1 – биомасса, мг/мл; 2 – β-галактозидаза, ед/мл; 3 – β-галактозидаза, ед/мг белка

0,14–0,5 и скорости вращения платформы качалки от 100 [16; 18] до 200–250 [19] и даже 500–700 об/мин [22]. На эффективность микробного синтеза β-галактозидазы в ферментере в большей мере влияет интенсивность перемешивания питательной среды (500–700 об/мин), чем собственно аэрация (0,4–1,5 л/л · ч<sup>-1</sup>) [15; 22–24].

Что касается *A. sulfonivorans*, то из представленных на рис. 4 данных видно, что максимум продукции β-галактозидазы (40,6 ед/мл) с удельной активностью 166,5 ед/мг белка в процессе роста штамма в колбах на качалке отмечался при минимальном коэффициенте заполнения колб (0,07).

При оптимизации процесса культивирования исследуемого штамма бактерий в ферментере АК-10 установлены благоприятные для синтеза  $\beta$ -галактозидазы фермента параметры аэрации (рис. 5) и перемешивания питательной среды (рис. 6). Установлено, что скорость перемешивания, необходимая для достижения максимального уровня биосинтеза фермента (47,5 ед/мл), составляла 250 об/мин при минимально возможной в условиях проведения опыта интенсивности подачи воздуха 0,1 л/л среды  $\cdot$  мин. При этом длительность периодического культивирования штамма-продуцента в ферментере сокращалась по сравнению с его выращиванием в колбах на качалке с 72 до 48 ч.

Полученные данные предполагают продолжение работ по установлению закономерностей образования  $\beta$ -галактозидазы штаммом *A. sulfonivorans* в строго контролируемых условиях кислотно-щелочного баланса и аэрации питательной среды с регистрацией уровня растворенного кислорода и других количественных показателей окислительно-восстановительных процессов, протекающих в среде культивирования.

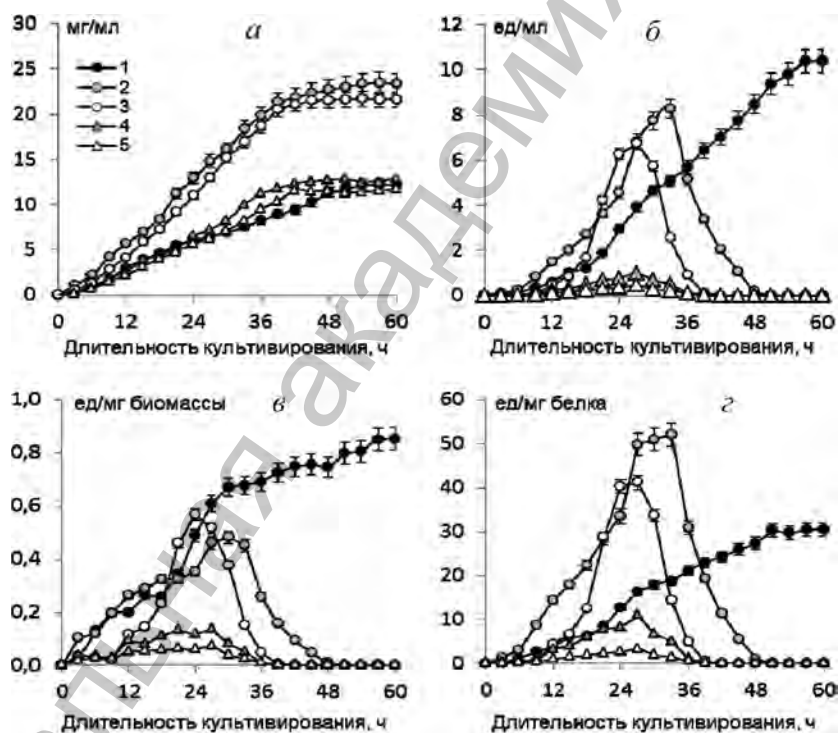


Рис. 5. Влияние аэрации питательной среды на рост *A. sulfonivorans* и синтез  $\beta$ -галактозидазы: а – биомасса, мг/мл; б –  $\beta$ -галактозидаза, ед/мл; в –  $\beta$ -галактозидаза, ед/мг биомассы; г –  $\beta$ -галактозидаза, ед/мг белка; скорость аэрации – 0,1 (1), 0,25 (2), 0,5 (3), 1,0 (4) и 2 (5) об/об  $\cdot$  мин<sup>-1</sup> при интенсивности перемешивания 200 об/мин

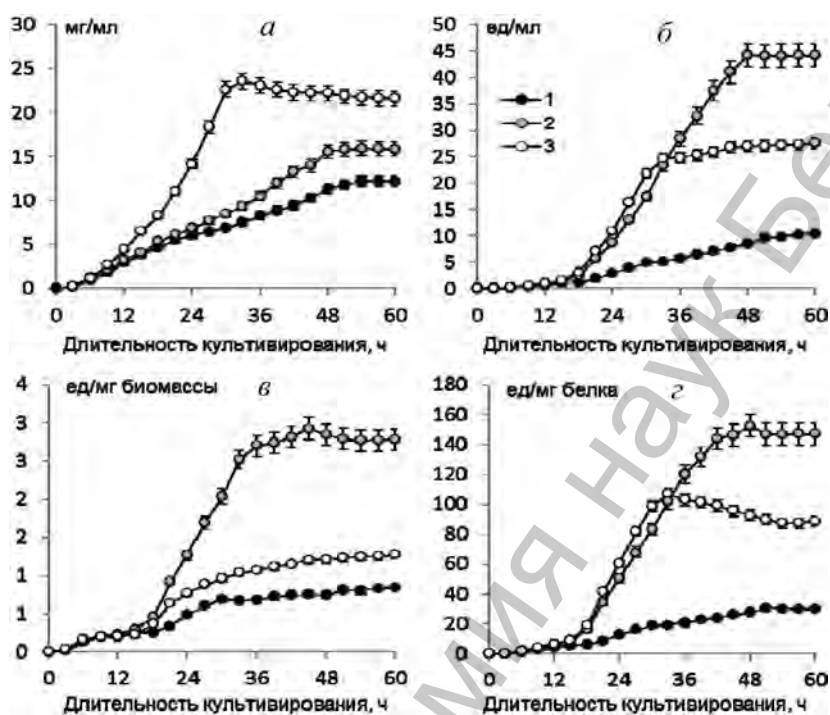


Рис. 6. Влияние интенсивности перемешивания питательной среды на рост *A. sulfonivorans* и синтез  $\beta$ -галактозидазы: а – биомасса, мг/мл; б –  $\beta$ -галактозидаза, ед/мл; в –  $\beta$ -галактозидаза, ед/мг биомассы; г –  $\beta$ -галактозидаза, ед/мг белка; интенсивность перемешивания – 200 (1), 250 (2) и 300 (3) об/мин при скорости подачи воздуха 0,1 об/об · мин<sup>-1</sup>

**Выводы.** В результате выполненных исследований определены условия получения и дозы посевного материала (2–3 об. % суспензии 3–7-суточной культуры ( $OP_{540} = 0,2 \pm 0,02$ ), выращенной на агаризованной среде при 29 °С, или 3 об. % 24-часовой глубинной культуры), а также физико-химические параметры глубинного культивирования в оптимизированной ранее среде (исходный pH среды 6,5) в колбах (коэффициент заполнения – 0,07) на качалке (180–200 об/мин) и в ферментере (коэффициент заполнения – 0,7; аэрация – 0,1 л воздуха/л среды · мин; скорость вращения мешалки – 250 об/мин) нового штамма *A. sulfonivorans* ЛФ-ГАЛ (БИМ В-499-Д) – продуцента внеклеточной  $\beta$ -галактозидазы. При выращивании бактерий в оптимизированных условиях величина накопления фермента в культуральной жидкости достигала 47,5 ед/мл, что в 2,1 раза больше исходного уровня, при сокращении длительности культивирования в 1,5 раза.

Часть исследований выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проекты Б10М-160 и Б12М-102).

## Литература

1. *Novalin S.* // J. Biotechnol. 2005. Vol. 119. P. 212–218.
2. *Mlichova Z., Rosenberg M.* // J. Food Nutr. Res. 2006. Vol. 45. P. 47–54.
3. *Сапунова Л. И., Лобанок А. Г., Тамкович И. О., Костеневич А. А.* // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: Матер. VI Междунар. науч. конф., Минск, 2–6 июня 2008 г. Минск, 2008. Т. 1. С. 174–177.
4. *Panesar P. S., Kumari S., Panesar R.* // Enzyme Res. 2010. DOI: 10.4061/2010/473137.
5. *Добринян Е. И.* Перспективные биокатализаторы для перерабатывающих отраслей АПК. М.: ВНИИПБТ, 2010. С. 354–359.
6. *Rodriguez-Colinas B., Fernandez-Arrojo L., Ballesteros A. O., Plou F. J.* // Food Chemistry. 2014. Vol. 145. P. 388–394.
7. *Husain Q.* // Crit. Rev. Biotechnol. 2010. Vol. 30, N 1. P. 41–62.
8. *Nath A., Mondal S., Chakraborty S.* et al. // Asia-Pac. J. Chem. Eng. 2014. DOI: 10.1002/apj.1801
9. *Loveland J., Gutshall K., Kasmir J.* et al. // Appl. Environ. Microbiol. 1994. Vol. 60, N 1. P. 12–18.
10. *Nakagawa T., Fujimoto Y., Uchino M.* et al. // Lett. Appl. Microbiol. 2003. Vol. 37. P. 154–157.
11. *Сапунова Л. И., Костеневич А. А., Лобанок А. Г.* и др. // Докл. НАН Беларуси. 2014. Т. 58, № 4. С. 71–77.
12. *Kuby S. A., Lardy H. A.* // J. Amer. Chem. Soc. 1953. Vol. 75, N 4. P. 890–896.
13. *Bradford M. M.* // Annal. Biochem. 1976. Vol. 72. P. 248–254.
14. *Soliman N. A.* // J. Microbiol. Biotechnol. 2008. Vol. 18, N 4. P. 695–703.
15. *Alves F. G., Filho F. M., de Medeiros Burkert J. F. M., Kalil S. J.* // Appl. Biochem. Biotechnol. 2010. Vol. 160, N 5. P. 1528–1539.
16. *Nehad M. G., Enas N. D.* // J. Appl. Sci. Res. 2011. Vol. 7, N 9. P. 1395–1401.
17. *Kumar D. J. M., Sudha M., Devika S.* et al. // Annals Biol. Res. 2012. Vol. 3, N 4. P. 1712–1718.
18. *Mahalakshmi S., Rumar K. K., Hameeda B., Reddy G.* // J. Sci. Ind. Res. 2013. Vol. 72. P. 548–552.
19. *Barrett E., Stanton C., Zelder O.* et al. // Appl. Environ. Microbiol. 2004. Vol. 70, N 5. P. 2861–2866.
20. *Hsu C. A., Yu R. C., Chou C. C.* // Int. J. Food Microbiol. 2005. Vol. 104, N 2. P. 197–206.
21. *Sriphannam W., Unban K., Ashida H.* et al. // Afr. J. Biotechnol. 2012. Vol. 11, N 51. P. 11242–11251.
22. *Schneider A. L. S., Merkle R., Carvalho-Jonas M. F.* et al. // Biotechnol. Lett. 2001. Vol. 23. P. 547–550.
23. *Pedrique M., Castilo J. F.* // Appl. Environ. Microbiol. 1982. Vol. 43, N 2. P. 303–310.
24. *Dagbagli S., Goksungur Y.* // Electronic J. Biotechnol. 2008. Vol. 11, N 4. DOI: 10.2225/vol11-issue4-fulltext-12.

*A. A. KASTSLANEVICH, A. G. LOBANOK, L. I. SAPUNOVA,  
I. A. TAMKOVICH, Yu. V. SHELEST*

**OPTIMIZATION OF FERMENTATION CONDITIONS FOR BACTERIA  
*ARTHROBACTER SULFONIVORANS* PRODUCING  $\beta$ -GALACTOSIDASE**

**Summary**

Conditions of producing high quality inoculum and its supply dose were optimized and physical-chemical parameters for submerged fermentation of *Arthrobacter sulfonivorans* BIM B-499-D strain were defined to secure 2.1-fold rise in  $\beta$ -galactosidase synthesis and to reduce duration of the process 1.5 times. The obtained results will be used to scale up technology of manufacturing extracellular bacterial  $\beta$ -galactosidase.

УДК 539.2; 548:537.611.44

Т. Р. АРСЛАНОВ<sup>1</sup>, А. Ю. МОЛЛАЕВ<sup>1</sup>, Р. К. АРСЛАНОВ<sup>1</sup>, Л. КИЛЯНСКИЙ<sup>2</sup>,  
С. ЛОПЕЗ-МОРЕНО<sup>3</sup>, С. Ф. МАРЕНКИН<sup>4</sup>, В. М. ТРУХАН<sup>5</sup>, Т. В. ШЕЛКОВАЯ<sup>5</sup>

## КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ДАВЛЕНИЕМ МАГНИТНЫЕ КЛАСТЕРЫ В НЕОДНОРОДНЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

<sup>1</sup>ФГБУ Институт физики им. Х. И. Амирханова ДНЦ РАН, Махачкала, Россия

<sup>2</sup>Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland

<sup>3</sup>Escuela Superior Cd. Sahagún, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,  
Hidalgo, México

<sup>4</sup>ФГБУ Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН,  
Москва, Россия

<sup>5</sup>Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению, Минск

(Поступила в редакцию 21.11.2014)

*При приложении внешнего давления к ферромагнитному халькопириту  $CdGeP_2:Mn$  обнаружено два последовательных магнитных перехода при комнатной температуре. На основе расчетов из первых принципов показано, что обнаруженный эффект связан с необычными свойствами магнитных кластеров  $MnP$  внутри полупроводникового материала  $CdGeP_2$ . Полученные результаты указывают на новый подход в управлении магнитного отклика кластеров в ферромагнитных полупроводниках  $CdGeP_2:Mn$  путем воздействия давления.*

**Введение.** Интерес к разбавленным магнитным полупроводникам (РМП) на протяжении 15 лет обоснован возможным применением их в качестве новых материалов спинтроники, в которых часть атомов полупроводниковой структуры замещают магнитной примесью (Mn, Co, Cr, Fe и т. д.) [1]. Однако использование основных магнитных характеристик РМП (спонтанная намагниченность, спиновая поляризация) для потенциальных приложений спинтроники [1; 2] затруднительно в связи с низкой температурой ферромагнитного упорядочения [3]. Известно, что РМП, в которых наблюдаются неоднородности или фазово-разделенные кластеризации, могут заметно повысить критическую температуру ферромагнитного порядка. Однако контроль магнитных свойств этих соединений затруднен. Преобладание ферромагнетизма в виде дополнительных кластерных включений в подобного рода материалах приводит к выраженному аномальному эффекту Холла и эффекту гигантского магнетосопротивления до 200 % при 300 К [4]. Та-

ким образом, самоорганизация вторых фаз или кластеров может стать решающим критерием для создания новых устройств хранения памяти и магнитных полевых датчиков.

Образование неоднородностей и кластеризации в результате фазовых сегрегаций в РМП является ярким примером высокотемпературных ферромагнитных полупроводников со структурой халькопирита (*I42d*) [5]. Недавно было показано, что конкурирующий механизм взаимодействия между MnAs кластерами различной кристаллической конфигурации в CdGeAs<sub>2</sub> может привести к нетипичному метамагнитоподобному состоянию, индуцируемому давлением [6]. Прямой контроль кластеров за счет приложения внешнего изотропного давления может сопровождаться рядом необычных магнитных явлений, что представляет особенный интерес для исследования наиболее прототипного соединения ферромагнитных халькопиритов CdGeP<sub>2</sub>:Mn семейства II-IV-V<sub>2</sub>:Mn.

В настоящей работе проведено экспериментальное и теоретическое исследование магнитных кластеров при гидростатическом давлении в ферромагнитном халькопирите CdGeP<sub>2</sub>:Mn.

**Материалы и методы исследования.** Объемные поликристаллы (CdGe)<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>P<sub>2</sub> с  $0 \leq x \leq 0,225$  исследовали, используя рентгеновскую дифракцию с высоким разрешением (HRXRD), энергодисперсионную спектроскопию (EDS) и сканирующую электронную микроскопию (SEM). По данным HRXRD, основная кристаллическая фаза имела тетрагональную структуру халькопирита CdGeP<sub>2</sub> с пространственной группой *I42d*. Из анализов EDS и SEM установлено неоднородное распределение нескольких фаз, в том числе и магнитных кластеров MnP микронных размеров (рис. 1).

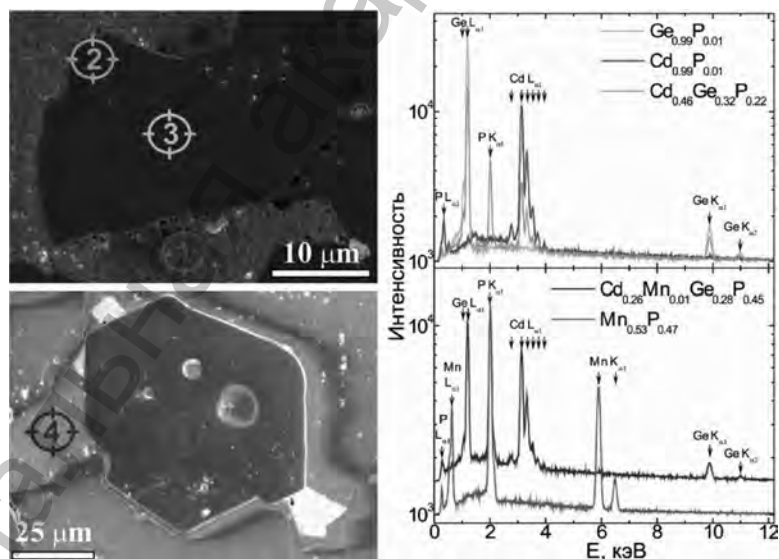


Рис. 1. Данные SEM и EDS анализа для CdGeP<sub>2</sub>:Mn образцов

**Результаты и их обсуждение.** На рис. 2 приведены зависимости магнитной восприимчивости  $\chi_{AC}$  и изменения относительного объема  $\Delta V / V_0$  от давления. В исследованном интервале давлений наблюдали два последовательных пика при  $P_{C1} = 2,18-2,4$  ГПа и при  $P_{C2} \approx 3$  ГПа для составов  $(CdGe)_{1-x}Mn_xP_2$  с  $0,09 \geq x \geq 0,225$ . Появление пиков при  $P_{C1}$  на  $\chi_{AC}$  вызвано значительным откликом восприимчивости с увеличением концентрации марганца и смещением пиков в сторону высоких давлений (рис. 2, вставка). Такое поведение характерно магнитному переходу от ферромагнитного (ФМ) к немагнитному (НМ) состоянию, которое обусловлено вкладом магнитных кластеров MnP. Появление вторых пиков на  $\chi_{AC}$  при давлении  $\sim 3$  ГПа указывает на второй магнитный переход в  $(CdGe)_{1-x}Mn_xP_2$ , который также вызван кластерным откликом MnP. Появление вторых пиков сопровождается резким изменением относительного объема (рис. 2, б), связанным с индуцированным высоким давлением магнетообъемным эффектом [7]. Оцененное значение спонтанной магнитострикции  $\omega_s = 0,2-0,98$  % сопоставимо с результатами работы по  $Cd_{1-x}Mn_xGeAs_2$  [7].

Для доказательства, что наблюдаемые характеристики на зависимости  $\chi_{AC}$  от давления связаны с двумя магнитными переходами (оба из ФМ-НМ) в  $CdGeP_2:Mn$ , проведены исследования минорных петель гистерезиса при различных давлениях (рис. 3). Наблюдаемое гистерезисное поведение, соответствующее ФМ состоя-

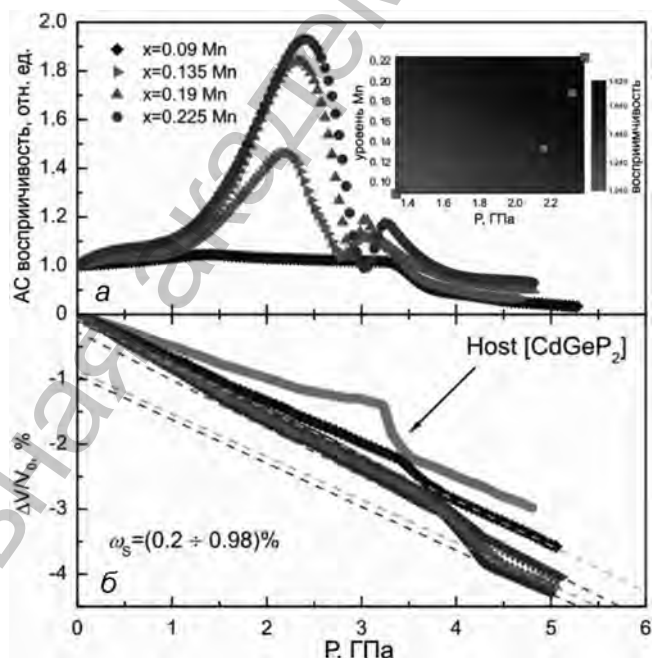


Рис. 2. Зависимости магнитной восприимчивости (а) и изменения относительного объема (б) от давления, измеренные при комнатной температуре для образцов  $CdGeP_2:Mn$  с различным содержанием Mn

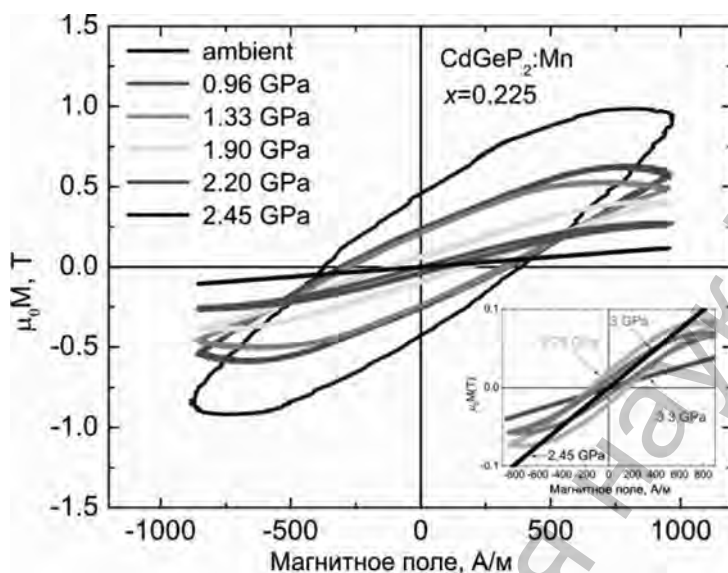


Рис. 3. Минорные петли гистерезиса, измеренные при  $H \leq 1000$  А/м (т. е. в магнитном поле, создаваемом катушками) и фиксированных значениях давления. Наличие гистерезиса указывает о ФМ состоянии и его динамике изменения с повышением давления. Вставка демонстрирует появление второго ФМ сигнала при 2,75 ГПа

нию, начиная с атмосферного давления и до  $P = 2,2$  ГПа, и возникающее снова при  $P = 2,45$  ГПа (рис. 3, вставка), подтверждает характер необычного переключения ФМ кластеров MnP в материале CdGeP<sub>2</sub>:Mn.

На рис. 4 приведены результаты первопринципных расчетов о влиянии внешнего давления на структурные и магнитные свойства кластеров MnP, на основе теории плотности функционала (DFT) и выполненные с использованием VASP кода [8]. На рис. 4, а показаны результаты расчета полной энергии как функции объема для кристаллической ячейки MnP. Ячейка микронного размера со структурой  $Pnma$  была использована для расчетов на основе теоретических оптимальных параметров с использованием экспериментальных значений, как в [9]. Были рассмотрены следующие спиновые конфигурации для MnP: НМ и ФМ-1, ФМ-2 и ФМ-3, со значением полного магнитного момента от  $1,50 \mu_B/\text{ф.е.}$ ,  $1,20 \mu_B/\text{ф.е.}$  и  $0,53 \mu_B/\text{ф.е.}$  соответственно. Из теоретических результатов показано, что состояние с ФМ-1 соответствует самой наименьшей энергетической конфигурации (рис. 4, а). Далее рассчитана разница энтальпии  $\Delta H$  как функции давления при  $T = 0$  К (рис. 4, б). Таким образом, изменение объема указывает на три резких последовательных перехода ФМ-1→ФМ-2→ФМ-3 при 5,5 ГПа и 7,2 ГПа. Более детально эта картина может быть связана с изменением расстояний межатомных связей  $d$  от давления вдоль связей Mn–Mn (рис. 4, в) и Mn–P (рис. 4, г). Данный анализ подчеркивает как давление переключает различные конфигурации MnP (однако несколько превышающие экспериментальные результаты), предполагая

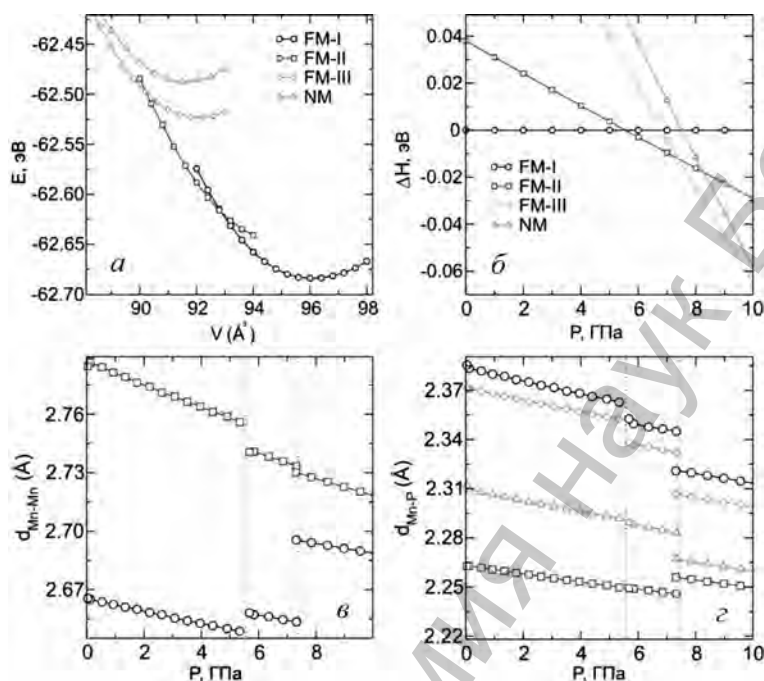


Рис. 4. Результаты DFT расчетов для MnP кластеров в  $\text{CdGeP}_2:\text{Mn}$ : *a* – кривые полной энергии элементарного объема кластеров MnP для немагнитных (NM) и несколько спиновых конфигураций FM; *b* – разница энтальпии  $\Delta H$  при  $T = 0$  К как функция давления при этих конфигурациях; зависимость давления на межатомные расстояния вдоль длин связи Mn–Mn (*c*) и Mn–P (*d*) в MnP соответственно. Пунктирные линии соответствуют изоструктурным преобразованиям в  $Pnma$  структуре при  $P = 5,5$  ГПа и  $7,2$  ГПа

изоструктурные преобразования, происходящие в катионной координации структуры  $Pnma$ , без структурных переходов. Переходы между магнитным и НМ состояниями, наблюдаемые в нашем эксперименте (в зависимости от используемого функционала), могут быть рассчитаны более точно, если при анализе будет учтена полная свободная энергия.

**Закключение.** Обнаружены два последовательных магнитных перехода в ферромагнитном халькопирите  $\text{CdGeP}_2:\text{Mn}$ , индуцированных давлением при комнатной температуре. В исследованном интервале давлений (0–10 ГПа) наблюдали два последовательных пика при  $P_{c1} = 2,18\text{--}2,4$  ГПа и при  $P_{c2} \approx 3$  ГПа. Появление пиков на зависимости магнитной восприимчивости  $\text{CdGeP}_2:\text{Mn}$  от давления связано с переходом от ферромагнитного к немагнитному состоянию, который обусловлен вкладом магнитных кластеров MnP. Проведено экспериментальное и теоретическое исследование магнитных кластеров MnP при гидростатическом давлении в ферромагнитном халькопирите  $\text{CdGeP}_2:\text{Mn}$ . Полученные результаты указывают на новый подход в управлении магнитного отклика кластеров в ферромагнитных полупроводниках  $\text{CdGeP}_2:\text{Mn}$  путем воздействия давлением.

Работа выполнена при финансовой поддержке РАН (Президентская программа № 37 «Физика высоких давлений»), Национального центра науки Польши (проект № 202166840) и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T13M-052).

### Литература

1. Žutić I., Fabian J., Das Sarma S. // *Rev. Mod. Phys.* 2004. Vol. 76, Issue 2. P. 323–410.
2. Sinova J., Zutic I. // *Nature Materials*. 2012. Vol. 11, N 5. P. 368–371.
3. Binh Do Le, Ruck B. J., Natali F. et al. // *Phys. Rev. Lett.* 2013. Vol. 111, Issue 16. P. 167206(1–5).
4. Jamet M., Barski A., Devillers T. et al. // *Nature Materials*. 2006. Vol. 5, N 8. P. 653–659.
5. Kilanski, L., Dobrowolski, W., Dynowska E. et al. // *Solid State Commun.* 2011. Vol. 151, Issue 12. P. 870–873.
6. Arslanov T. R., Mollaev A. Yu., Kamilov I. K. et al. // *Appl. Phys. Lett.* 2013. Vol. 103, Issue 19. P. 192403(1–5).
7. Mollaev A. Yu., Kamilov I. K., Arslanov R. K. et al. // *Appl. Phys. Lett.* 2012. Vol. 100. P. 202403(1–4).
8. Kresse G., Joubert D. // *Phys. Rev. B.* 1999. Vol. 59, Issue 3. P. 1758–1775.
9. Gercsi Z., Sandeman K. G. // *Phys. Rev. B.* 2010. Vol. 81, Issue 22. P. 224426(1–7).

T. R. ARSLANOV, A. Yu. MOLLAEV, R. K. ARSLANOV, L. KILANSKI, S. LÓPEZ-MORENO,  
S. F. MARENKIN, V. M. TRUKHAN, T. V. SHOUKAVAYA

### PRESSURE-CONTROLLED MAGNETIC CLUSTERS IN INHOMOGENEOUS FERROMAGNETIC SEMICONDUCTORS

### Summary

Applied hydrostatic pressure in prototype ferromagnetic chalcopyrite  $\text{CdGeP}_2:\text{Mn}$  induces two serial magnetic transitions at specific pressure values and at room temperature. We demonstrate that this effect is related to the unconventional properties of created magnetic clusters MnP inside semiconductor material  $\text{CdGeP}_2$ . The obtained results point out to a novel approach to control the magnetic response in ferromagnetic semiconductors  $\text{CdGeP}_2:\text{Mn}$  by the action of pressure.

УДК 532.517.2

Ю. В. ЖУКОВА<sup>1</sup>, С. А. ИСАЕВ<sup>2</sup>**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА ОДИНОЧНОГО КРУГОВОГО ЦИЛИНДРА НАПРАВЛЯЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ, УСТАНОВЛЕННЫМИ В ЕГО МИДЕЛЕВОМ СЕЧЕНИИ**<sup>1</sup>Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

(Поступила в редакцию 21.11.2014)

*В работе представлены результаты по конвективному теплообмену и аэродинамическому сопротивлению цилиндра с направляющими элементами – пластинами, расположенными в миделевом сечении цилиндра параллельно набегающему потоку, причем пластины не закреплены на поверхности цилиндра, вследствие чего образуются каналы, по которым реализуется переток среды из лобовой части цилиндра в кормовую. Рассмотрен турбулентный режим обтекания воздухом. Показано, что применение указанных пластин для интенсификации теплообмена эффективно для турбулентного режима обтекания воздухом. Рост теплоотдачи связан с увеличением теплоотдачи кормовой части цилиндра. Теплогидравлическая эффективность при этом может достигать 5–6 %.*

**Введение.** В настоящее время вопросы интенсификации теплообмена и оптимизации гидродинамических характеристик теплообменной аппаратуры неизменно сохраняют свою актуальность. Потребности промышленности в высокоэффективной аппаратуре для нагрева или охлаждения и повышенные требования к точности расчета такой аппаратуры стимулируют развитие научных исследований с целью разработки способов, обеспечивающих опережающий рост теплоотдачи над ростом энергетических затрат. Одним из перспективных направлений является использование локального управляемого отрыва для снижения полного сопротивления. Поскольку многие способы интенсификации теплообменных процессов используют аналогичные подходы к управлению обтеканием тел с отрывом потока [1–2], то они также приемлемы для интенсификации теплообмена. Обычно рассматриваемый как нежелательное явление из-за больших потерь давления отрыв, организованный в определенных ограниченных областях потока, существенно снижает сопротивление и интенсифицирует теплообмен при незначительном увеличении затрат энергии на реализацию такого течения. Кроме

того, в градостроительстве поиск форм зданий, имеющих наименьшее аэродинамическое сопротивление и минимальные потери тепла, является современной и весьма актуальной задачей.

Один из способов управления аэродинамическими характеристиками плохо-обтекаемого тела состоит в организации перетока жидкости из области повышенного давления в лобовой части тела в зону низкого давления в ближнем следе [3]. В [4] исследовано влияние расстояния между цилиндром и стенкой на полное сопротивление и подъемную силу одиночного цилиндра, где показано, что в диапазоне чисел Рейнольдса от  $2 \cdot 10^4$  до  $10^5$  при расстоянии между цилиндром и стенкой меньше 0,5 диаметра цилиндра происходит уменьшение полного сопротивления, а при расстоянии между цилиндром и стенкой меньше 0,3 диаметра цилиндра подавляется развитие дорожки Кармана, а минимальное полное сопротивление реализуется при расстоянии между цилиндром и стенкой, равном 0,2. В [5; 6] показано, что при истечении низконапорных струй в донную часть кругового цилиндра происходит перестройка вихревой структуры, приводящая к значительному снижению полного сопротивления. Далее, в [7; 8] отмечено, что при ламинарном обтекании воздухом и маслом дугообразные направляющие пластины, установленные по обе стороны цилиндра симметрично относительно его центральной оси, могут эффективно применяться для снижения сопротивления и интенсификации теплообмена.

Интерес для авторов представляет развитие пассивных способов снижения сопротивления и интенсификации теплообмена, т. е. способов, для которых нет необходимости использовать дополнительную энергию от внешних источников. Настоящая работа является логическим продолжением работ [5–8] по интенсификации теплообмена одиночного цилиндра при выдуве струй в ближний след, а также при наличии направляющих элементов – пластин.

В данной работе рассматривается турбулентный режим обтекания одиночного нагретого кругового цилиндра с направляющими элементами – пластинами, расположенными в миделевом сечении цилиндра параллельно набегающему потоку, при отсутствии влияния массовых сил. Для турбулентного режима числа Рейнольдса  $Re = 1,89 \cdot 10^4$  и  $Re = 5 \cdot 10^4$  выбирались для сопоставления с экспериментами [9; 10].

Цель работы – изучение воздействия пластин на структуру потока за одиночным цилиндром в попытке снизить сопротивление и интенсифицировать теплообмен одиночного нагретого кругового цилиндра.

**Материалы и методы исследования.** Исследуемой моделью является круговой цилиндр с двумя пластинами, длина которых равна радиусу цилиндра и которые установлены параллельно набегающему потоку в миделевом сечении цилиндра (рис. 1, а). В отличие от модели, рассмотренной в [2], пластины не закреплены на поверхности цилиндра, вследствие чего образуются каналы для перетока среды. Ширина каждого канала  $\delta$  варьируется от 1 до 50 % диаметра цилиндра  $d$ .

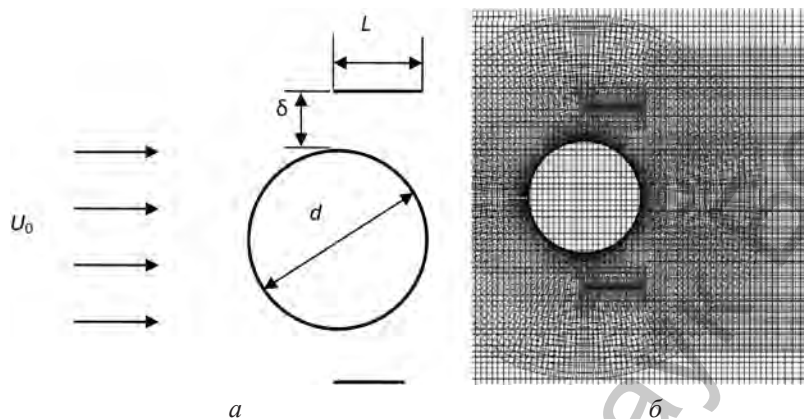


Рис. 1. Объект исследования (а) и фрагменты расчетной сетки (б)

При малой ширине канала переток среды носит струйный характер и реализуется выдув струй в ближний след. С увеличением ширины канала струйный характер перетока среды изменяется – поток сворачивается в вихрь. Перепад температур между набегающим потоком и поверхностью цилиндра выбирался  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Нестационарные уравнения Навье–Стокса, осредненные по Рейнольдсу, и уравнение энергии решаются в безразмерном виде: координаты обезразмерены на характерный масштаб  $d$  (диаметр цилиндра), скорость – на характерную скорость  $U_0$ , давление – на удвоенный скоростной напор  $\rho U_0^2$ , время – на характерный масштаб времени. Особенности решения приведены в [3]. Внешние границы расчетной области удалены на достаточное расстояние от поверхности исследуемого объекта. На входной границе такой области задаются параметры набегающего потока; на выходных границах – мягкие граничные условия. На омываемых поверхностях исследуемого объекта реализуются условия прилипания. На поверхности цилиндра задаются изотермические граничные условия, на поверхности направляющих пластин – нулевой градиент температуры.

Для моделирования был использован специализированный вычислительный комплекс VP2/3 («Velocity-Pressure 2D/3D version»), разработанный в Санкт-Петербургском государственном университете гражданской авиации. Расчеты осуществлялись на многоблочной сетке [3], состоящей из внешней прямоугольной сетки, трехслойной сетки для описания области вблизи цилиндра, дополнительной сетки для описания следа и сеток для описания области направляющих элементов (рис. 1, б).

*Тестирование.* Полученные результаты по аэродинамическим характеристикам и теплоотдаче одиночного цилиндра были сопоставлены с экспериментальными данными [9–11]. Оценки интегральных характеристик (коэффициент полного сопротивления  $C_x$ , число Нуссельта  $Nu$ ) проводились для коэффициента полного сопротивления согласно экспериментальным данным [10; 11] и для числа Нуссельта согласно [10]. Результаты тестирования представлены в таблице.

Результаты тестирования

	Re = 1,89 · 10 <sup>4</sup>		Re = 5 · 10 <sup>4</sup>	
	[9–11]	моделирование	[9–11]	моделирование
C <sub>x</sub>	1,2	1,5	1,2	1,175
Nu	84,4	97	150,8	176,1

**Результаты и их обсуждение.** Некоторые результаты численного моделирования представлены на рис. 2–5. Полученные результаты сравниваются с аналогичными данными для одиночного цилиндра. Осреднение коэффициента полного сопротивления C<sub>x</sub> и числа Нуссельта Nu проводилось в автоколебательном режиме за период изменения коэффициента подъемной силы C<sub>y</sub>.

На рис. 2 представлено изменение полного сопротивления цилиндра с пластинами, отнесенного к полному сопротивлению одиночного цилиндра, в зависимости от величины зазора между поверхностью цилиндра и пластинами. Как видно из приведенного графика, при турбулентном обтекании во всем диапазоне изменения δ сопротивление цилиндра с пластинами выше, чем у одиночного цилиндра, и лишь при δ / d = 0,2 приближается к величине, характерной для одиночного цилиндра.

На рис. 3 представлена зависимость средней теплоотдачи (число Нуссельта) цилиндра с пластинами, отнесенной к средней теплоотдаче одиночного цилиндра, от величины зазора между цилиндром и пластинами δ. Как видно из приведенного графика, при турбулентном обтекании характер теплоотдачи подобен: практически во всем диапазоне изменения δ теплоотдача цилиндра с пластинами превышает теплоотдачу одиночного цилиндра. Это связано со смещением точки отрыва потока вниз по течению и затягиванием зоны отрыва. При малых значениях δ переток среды в расширяющемся криволинейном канале между цилиндром

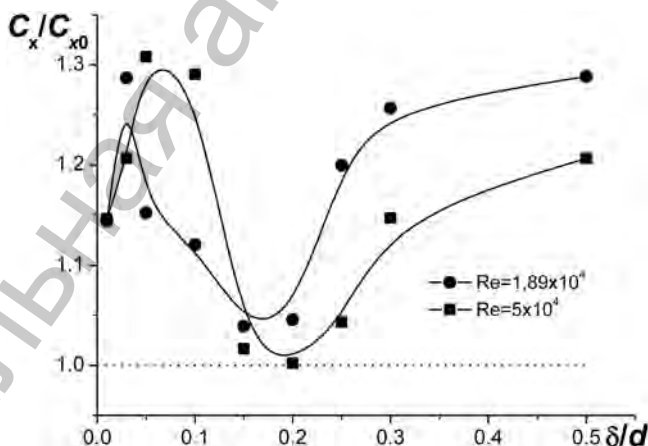


Рис. 2. Зависимость полного сопротивления цилиндра с пластинами от величины зазора между поверхностью цилиндра и пластинами

и пластиной носит струйный характер. Скорость потока растет, и пограничный слой, препятствующий теплообмену, достаточно тонок. С увеличением  $\delta$  скорость потока уменьшается, пограничный слой растет и при  $\delta/d = 0,15$  наблюдается минимум теплоотдачи. С дальнейшим увеличением  $\delta$  теплоотдача растет и при  $\delta/d > 0,5$  стремится к величине, характерной для одиночного цилиндра, т. е. влияние пластин становится малым.

На рис. 4 представлено изменение теплогидравлической эффективности  $\xi = (Nu / Nu_0) / (C_x / C_{x0})$  цилиндра с пластинами в зависимости от величины зазора  $\delta$ . Индекс «0» относится к одиночному цилиндру. Как видно из приведенного графика, область эффективного применения пластин, установленных в миделевом сечении цилиндра, ограничена случаями турбулентного обтекания воздухом при

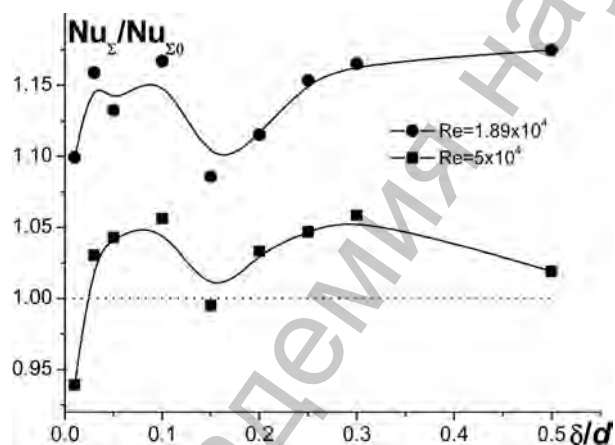


Рис. 3. Зависимость средней теплоотдачи цилиндра с пластинами от величины зазора между поверхностью цилиндра и пластинами

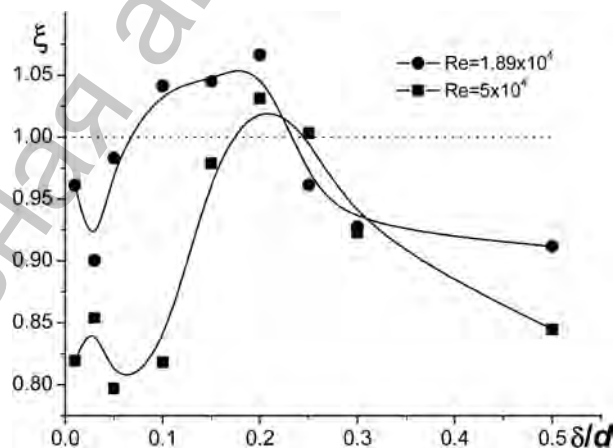


Рис. 4. Зависимость теплогидравлической эффективности цилиндра с пластинами от величины зазора между поверхностью цилиндра и пластинами

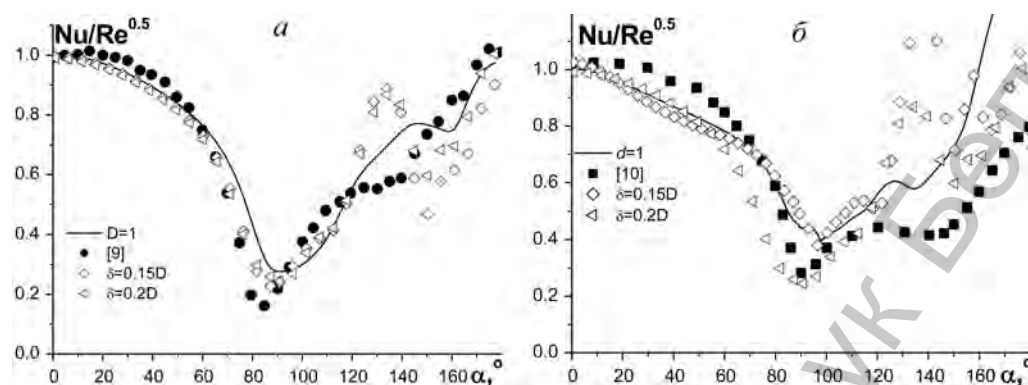


Рис. 5. Распределение локального числа Нуссельта при  $Re = 1,89 \cdot 10^4$  (а) и  $Re = 5 \cdot 10^4$  (б) в сравнении с экспериментальными данными для одиночного цилиндра

величине зазора  $0,15 < \delta / d < 0,25$ . Кроме того, согласно рис. 2 и 3, рост теплогидравлической эффективности при турбулентном режиме обусловлен ростом средней теплоотдачи.

На рис. 5 представлено локальное распределение числа Нуссельта для одиночного цилиндра и цилиндра с пластинами, установленными на расстоянии  $\delta / d = 0,15$  и  $\delta / d = 0,2$ , в сопоставлении с результатами эксперимента [9; 10] для одиночного нагретого цилиндра для чисел Рейнольдса  $Re = 1,89 \cdot 10^4$  (а) и  $Re = 5 \cdot 10^4$  (б). Угол  $\alpha$  отсчитывается по контуру цилиндра от лобовой критической точки по направлению к кормовой критической точке. Как видно из приведенных графиков, установка пластин в миделевом сечении цилиндра приводит к смещению точки отрыва на  $\sim 5^\circ$  вниз по потоку. Кроме того, в результате перетока среды через расширяющийся криволинейный канал, образованный цилиндром и пластинами, с поверхности цилиндра отрываются несколько мелких вихрей, вносящих возмущения в застойную зону в кормовой части цилиндра. Результирующий рост теплоотдачи связан именно с приростом теплоотдачи в кормовой части цилиндра.

**Выводы.** По результатам проведенной работы необходимо отметить, что во всем исследованном диапазоне изменения зазора между установленными в миделевом сечении пластинами и поверхностью цилиндра аэродинамическое сопротивление выше, чем у одиночного цилиндра, и лишь при  $\delta / d = 0,2$  приближается к величине, характерной для одиночного цилиндра. Из-за перетока среды через расширяющийся криволинейный канал, образованный цилиндром и пластинами, с поверхности цилиндра сходят вихри, которые изменяют структуру течения в кормовой части цилиндра, что приводит к интенсификации теплообмена цилиндра за счет установки пластин практически во всем диапазоне изменения  $\delta$ . Таким образом, преобладающий рост теплоотдачи над гидравлическим сопротивлением для данной компоновки наблюдается только при величине зазора  $0,15 < \delta / d < 0,25$ .

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по проекту T14P-095.

## Литература

1. Чжен П. Отрывные течения. М.: Мир, 1972. Т. 3. С. 199–229.
2. Takagi S., Tokugawa N., Youshida H. et al. // Proc. 2nd Symp. Smart Control Turbulence. Tokyo, Japan, 2001. P. 121–176.
3. Управление обтеканием тел с вихревыми ячейками в приложении к летательным аппаратам интегральной компоновки (численное и физическое моделирование) / Под ред. А. В. Ермишина и С. А. Исаева. М.: МГУ, 2003. – 360 с.
4. Nishino T. Dynamics and stability of flow past circular cylinder in ground effect: PhD Thesis. University of Southampton, 2007. – 144 p.
5. Isaev S. A., Zhdanov V. L., Niemann H.-J. // J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 2002. Vol. 90, Issue 11. P. 1217–1226.
6. Жданов В. Л., Исаев С. А., Баранова Т. А. // ИФЖ. 2004. Т. 77, № 5. С. 1013–1021.
7. Zhukova Yu., Zhdanov V., Isaev S. // Proc. THMT-5. Dubrovnik, Croatia, 2006. P. 751–754.
8. Жукова Ю. В., Исаев С. А. // ИФЖ. 2008. Т. 81, № 4. С. 705–711.
9. Nakamura H., Igarashi T. // Proc. THMT-4. Antalya, Turkey, 2003. P. 219–226.
10. Жукаускас А. А. Конвективный перенос в теплообменниках. М.: Мир, 1982. С. 213.
11. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974. С. 29–31.

Yu. V. ZHUKOVA, S. A. ISAEV

### HEAT TRANSFER ENHANCEMENT OF A SINGLE CIRCULAR CYLINDER BY GUIDE ELEMENTS INSTALLED IN ITS MIDSECTION

#### Summary

The results on aerodynamics and heat transfer of a circular cylinder with guide elements are presented. Guide elements – plates – were installed in the midsection of a cylinder located parallel to the incoming flow. Plates were not fixed at the cylinder surface, and created channels for medium flow from the front part of the cylinder to the rear one. The turbulent regime of air flow was investigated. The use of the plates mounted parallel to the flow is shown to be effective for heat transfer enhancement only within the turbulent air flow. A total heat transfer growth is due to increase in local heat transfer in the rear part of cylinder. Thermal and hydraulic performance is above 5–6 %.

## **ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ**

УДК 52(091):52(092)

*Н. Н. КОСТЮКОВИЧ*

### **НАБЛЮДЕНИЕ АНГЛИЙСКИМИ АСТРОНОМАМИ ПОЛНОГО СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 21 АВГУСТА 1914 ГОДА В МИНСКЕ: ПРЕДЫСТОРИЯ, ЛЮДИ, СОБЫТИЯ, СУДЬБЫ**

*Исполнительная дирекция БРФФИ*

*(Поступила в редакцию 01.12.2014)*

Среди небесных явлений, с незапамятных времен возбуждавших в человеке если не безотчетный страх, то невообразимое смятение, лидируют солнечные затмения, во время которых Солнце на большой территории земного шара перестает быть видимым полностью или частично – в зависимости от того, насколько Луна заслоняет солнечный диск.

Почти каждая древняя цивилизация оставила свидетельства о событиях, когда «днем стало темно, как ночью» и «страх объял человечество». Сведения о них запечатлены в мифах и верованиях, записаны клинописью на глиняных табличках и иероглифами на бамбуковых пластинках, упомянуты в античных анналах, средневековых хрониках и летописях, а связанные с ними суеверия живы у разных народов и поныне [1–3]. Издавна эти красочные и сравнительно редкие явления будоражили умы ученых, служили источником вдохновения для поэтов, художников и композиторов, увековечивших их в своих творениях. Древнейший образец такого «затменного» искусства – крупный и хорошо сохранившейся рисунк, выбитый на камне в мегалитическом некрополе Лох-Крю в Ирландии, который считают изображением солнечного затмения, произошедшего 30 ноября 3340 г. до н. э. [4].

Видя в затмениях Солнца нечто сверхъестественное, древние мудрецы, придворные астрономы и прорицатели объясняли их по-разному. Как гнев богов, «в полдень ночь пославших на землю» в наказание за людские прегрешения. Как священный наказ правителя, запечатленный на небесах, чтобы виден был всем вассалам. Как предсказания человеческих судеб, исхода военных баталий, других исторических событий. Либо как знамения, возвещавшие великие бедствия вплоть до наступления конца света.

«Можно ждать чего угодно, можно верить всему, // Ничему нельзя дивиться...», – утверждал, описывая полное затмение Солнца 6 апреля 648 г. до

н. э., древнегреческий поэт Архилох Паросский, тот, что по преданию из-за отвергнутой любви довел своими «скорпионоязычными» ямбами до самоубийства всю семью несостоявшегося тестя-аристократа. Одно обнадеживало: как растолковал афинянин Автоклид, живший в конце IV в. до н. э., «злотворного» воздействия светила следует ожидать лишь в первые три дня после затмения. Но это правило не всегда срабатывало...

В свое время Плутарх, греческий биограф, мыслитель и жрец, подметил: «Что солнце может иногда затмиться в тридцатый день месяца и что затмевает его луна, – это было понятно уже и толпе» [5]. Однако с ходом веков число тех, в кого затмения вселяли великий страх и кто, по его же выражению, «по своему невежеству или суеверию привык с трепетом взирать на подобные явления», отнюдь не сокращалось. Еще 100 лет назад, во время полного солнечного затмения 21 августа 1914 г., о наблюдении которого в Минске английскими астрономами речь пойдет в данной работе, крестьяне на Украине «в ужасе укрывались в церквях и пребывали в глубоком отчаянии» [3, с. 61]. А разные этнические группы населения Тавриды (Крыма), как сообщил в своем письме от 6 июля 1914 г. из Брест-Литовска французским коллегам астроном К. А. Боборицкий (1891–1930), ожидали либо начала войны (за 3,5 недели до ее объявления Германией России), либо конца света [6].

Именно полные затмения Солнца всегда особенно сильно действовали на воображение не только простолюдинов, но и людей просвещенных. Ведь за время от его начала до достижения затмением максимума освещенность местности падает в миллион раз (!), а диск Солнца для земного наблюдателя может оставаться полностью невидимым более 7 мин (в последний раз так случилось 30 июня 1973 г.). Как тут не впасть в глубокое отчаяние и не испытать жалкий страх.

В отчете о первом в своей жизни наблюдении такого явления в 1851 г. профессор Чарльз Пиацци Смит (1819–1900), бывший в 1846–1888 гг. Королевским астрономом Шотландии и директором Королевской обсерватории Эдинбурга, утверждал [7], что влияние полного затмения на сознание людей настолько подавляющее, что если кто-то никогда ранее не имел возможности увидеть его, то человек забывает даже о поставленных перед ним задачах наблюдения и обязательно, хоть на несколько секунд, оглянется вокруг, чтобы запечатлеть в памяти сцену полного «помрачения» светила. Хотя это и не невозможно, подчеркивал Королевский астроном, только хладнокровный человек с железными нервами может найти силы противостоять такому искушению; но наверняка ни один обладатель обычных человеческих чувств, сердца и души не сможет устоять перед этим явлением, одним из самых возвышенных в природе.

Позже другой Королевский астроном, но уже Великобритании, опубликовал статью [8], случайно попавшую на глаза автору этих строк почти 30 лет назад и послужившую отправной точкой данного исследования. Ее содержание показало неожиданное в двух отношениях.

Во-первых, в статье воспроизведены и детально описаны качественно выполненные рисунки-репродукции с серии превосходных (что специально подчеркнуто) фотографий солнечной короны – внешней, наиболее горячей и разреженной части атмосферы Солнца, вспыхивающей жемчужным сиянием вокруг закрытого черным диском Луны дневного светила, сделанных во время полных солнечных затмений 1898–1919 гг. экспедициями, направлявшимися Королевской обсерваторией в Гринвиче или снаряженными ей совместно с другими организациями. Зачем нужно было перерисовывать отлично получившиеся фотоснимки? Оказалось, что репродукции были сделаны после углубленного изучения всех деталей солнечной короны, представленных на серии ее фотографий, чтобы максимально корректно передать на одном рисунке совокупность наиболее важных особенностей и общую структуру короны.

Во-вторых, что удивило больше, подпись к рисунку-репродукции с фотографии полного затмения Солнца 21 августа 1914 г. начиналась словами: «Снято в Минске, Россия... Семь фотографий: экспозиции от 2 секунд до 25 секунд. Продолжительность полного затмения 2 минуты 13 секунд». Как и во всем лаконичном перечне наблюдателей, которые в 1898–1919 гг. принимали непосредственное участие в получении фотографий короны, для затмения в Минске указаны только фамилии – Джонс и Дэвидсон. И добавлено, что полные списки тех, кто разными способами помогал или проводил другие наблюдения во время затмения, можно найти в предварительных отчетах экспедиций.

Кто они – Джонс и Дэвидсон? Чем занимались? Как оказались в России, уже вступившей в Первую мировую войну? Как их встретил Минск, нашлись ли здесь у них помощники? Какие цели ставились перед экспедицией, были ли они достигнуты? Кто автор рисунка-репродукции? И наконец, как сложились судьбы участников этих событий?

Поиски ответов на эти вопросы были настолько увлекательными, сами ответы оказались столь неожиданными, а отдельные яркие моменты предыстории, череда событий столетней давности и факты биографий их участников (то чудно переплетавшихся, а то трагических) показались настолько захватывающими и интересными для истории науки, что автор счел необходимым хотя бы кратко изложить их в этой статье.

### **Весьма редкий предмет спокойного наблюдения**

Первым правильно объяснил и изложил письменно физические причины затмений Солнца и Луны древнегреческий мыслитель Анаксагор Клазоменский (ок. 500–428 до н. э.), основатель афинской философской школы, которого не зря прозывали «Умом мгмоощным» [9; 10]. Он заявлял, что родился на свет, чтобы «созерцать солнце, луну и небо», утверждал, что солнечное затмение бывает, когда во время новолуния Луна загораживает собой Солнце, и добавлял, что «солнце, луна и все звезды суть горящие камни».

По свидетельству Плутарха, в те времена естествоиспытателей и любителей потолковать о делах заоблачных не терпели [5]. Хотя сочинение Анаксагора считалось не подлежащим огласке и лишь тайно, с осторожностью передавалось из рук в руки, за свое учение философ поплатился. Был обвинен в оскорблении величия богов, заключен в темницу и осужден на смерть, от которой его спас ученик – знаменитый оратор и полководец Перикл.

Анаксагор не был первым и не стал последним, судьбу кого изменила всего лишь причастность к предсказанию, объяснению и наблюдению затмений дневного светила. Участь иных оказалась куда более незавидной.

Так, еще в XXII в. до н. э. в Китае придворные астрономы Си и Хо пренебрегли своими обязанностями и не сумели предсказать затмение Солнца (его датируют 22 октября 2137 г. до н. э.), вызвавшее панику и беспорядки в империи, чем навлекли на себя гнев тогдашнего правителя и были преданы смерти [11]. А через 38 веков после этой истории, вскоре за «большим советским затмением» 19 июня 1936 г., исключительно благоприятным для наблюдения на территории СССР, в чем и преуспели участники 28 советских и 12 иностранных экспедиций, последовали аресты и расстрелы группы сотрудников Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулковое. Главным обвинением в отношении ее директора – профессора Б. П. Герасимовича (1889–1937) стало «проведение вредительства в деле изучения солнечного затмения» [12].

Со времен Анаксагора астрономия далеко продвинулась в объяснении причин и изучении солнечных затмений. Сегодня известно, что они происходят в дни новолуния (не в каждое), когда Луна в своем движении оказывается между Землей и Солнцем и полностью или частично заслоняет его от земного наблюдателя. В 90 % случаев за год бывает 2–3 затмения и только в редчайшие годы – 4 и даже 5 (последний раз в 1935 г.), причем одно из них, как правило, полное или кольцеобразное. Лунная тень, имеющая форму овала, скользит по поверхности Земли с запада на восток с меняющейся (сначала убывающей, а после достижения максимума затмения – возрастающей) скоростью порядка километров в секунду, прочерчивая длинную (иногда захватывающую почти половину земного шара) и узкую (в несколько сотен километров) полосу, пробегая в разные годы по разным регионам.

За несколько веков до нашей эры вавилонские астрономы обнаружили [13], что по истечении 6585,33 суток (этот период называли саросом) все лунные и солнечные затмения повторяются в прежней последовательности, что позволяет предсказать их на много лет вперед. Правда, поскольку в саросе не целое число суток, на его основе можно указать лишь день, когда случится затмение Солнца. Но будет ли оно полным или другого типа, и в какой момент произойдет, определить нельзя. И уж точно, лишь через каждые три сароса (приблизительно через 54 года и 34 дня) затмение будет видно примерно в том же географическом регионе, что и в предыдущий раз [1; 2].

Поэтому в конкретной местности, да еще обжитой, полные солнечные затмения наблюдаются крайне редко. Согласно данным каталога [14], базирующегося

на современных теориях движения тел в Солнечной системе, с 2000 г. до н. э. по 3000 г. н. э. на Земле должно наблюдаться 11898 затмений Солнца, из них 3173 полных. За эти 5 тысяч лет точка с географическими координатами центра Минска попадет в полосу полного затмения – след лунной тени на земной поверхности – только 14 раз! В половине случаев это уже произошло до нашей эры, а за последнее тысячелетие случилось только дважды – в 1415 и 1914 гг. Оставшиеся два полных затмения Солнца можно будет видеть в Минске лишь в 2245 и 2379 гг.

Хотя самое раннее упоминание «града Менеска» в древнерусских летописях относится к 1067 г., из данных археологических раскопок следует, что Минск в XI в. был либо городом, хотя и небольшим, либо боярским двором и возник рядом с одним из древних поселений, существовавших в IX–X вв. Если это так, то в конце первого тысячелетия нашей эры жители этих мест дважды – 29 октября 878 г. и 20 июля 966 г. – могли созерцать, как «почя убывати солнца, и погыбе все».

Согласно расчетам из [14] и картам хода затмений, построенным с помощью современных геоинформационных технологий [15], 29 октября 878 г. полоса полного затмения Солнца пересекла срединную часть территории современной Беларуси, а ее центральная линия проходила между нынешними Брестом, Барановичами, Бобруйском, Могилевом и Мстиславлем. Полная фаза затмения была видна почти на половине территории Беларуси, так как ширина лунной тени на земной поверхности достигала почти 200 км. Сегодняшний Минск находился вблизи северной границы полосы затмения, здесь оно длилось около 44 с. Видимый диаметр Луны был в 1,01985 раза больше видимого диаметра солнечного диска (это отношение называют магнитудой затмения).

При полном солнечном затмении 20 июля 966 г. древние минчане должны были испытать значительно большую «эмоциональную встряску». В этот раз полоса полной фазы затмения шириной порядка 660 км накрыла всю территорию современной Беларуси, за исключением небольшой ее части на западе Брестчины. Магнитуда затмения составляла 1,05237. Центральная линия полосы лунной тени проходила по территории сегодняшнего Первомайского района Минска. Здесь затмение длилось 2 мин 34 с [14; 15].

Оба эти затмения были видны в других странах Европы, что подтверждают, в частности, страницы «Англосаксонской хроники», «Хроники королей Альбы», «Хроники шотландской нации» и др. Местных же письменных свидетельств о них нет. Ведь какие-либо небесные явления, виденные на Руси, до 1027 г. в летописях вообще не упоминались, а первый раз о том, что «солнце пременяся, и не бысть светло, но акы месяц бысть», летописцы сообщили в связи с кольцеобразным солнечным затмением 19 апреля 1064 г. [16; 17].

Полоса предпоследнего из уже случившихся «минского» полного затмения Солнца 7 июня 1415 г. имела ширину 280–285 км, накрыла более половины территории современной Беларуси, за исключением районов северо-западнее линии Вильнюс–Новополоцк и юго-восточнее линии Пинск–Бобруйск. Ее центральная линия пролегла по территории сегодняшних Фрунзенского, Центрального и Со-

ветского районов Минска. В городе длительность затмения достигала 4 мин 11 с. Диаметр Луны превосходил диаметр диска Солнца в 1,06743 раза [14; 15].

По словам летописцев, это затмение, предвещавшее «скорбь и тугу», было видимо (хотя бы как частное) «во всей русской земле» [16], что нашло отражение не только в восточно-, но и в западно-русских летописях, других хрониках. Так, в Слуцкой летописи, памятнике белорусско-литовского летописания XVI в., о нем сказано: «В лето 6923. Месяца июня 7 в святого Феодота изгибе солнце и скрыи луча своя от земля во 4 час дни в год святой обедни, и звезды явились как в ноши». А краковский каноник Ян Длугош (1415–1480), крупнейший польский историк, в своей хронике [18] сообщал, что неожиданное затмение застало короля Владислава Ягайло со свитой на пути из Кобрина в деревню Мыто под Лидой. Вначале оно вызвало «великое удивление», а затем повергло короля и всех ехавших с ним в суеверный страх. Ведь мрак был настолько сильным, что испуганные внезапной тьмой птицы садились на землю, а звезды светили как ночью. Путники были вынуждены остановиться и ждать на дороге конца затмения.

Хотя и в последующие 600 лет, что предшествовали августу 1914 г., «затмения были весьма редко предметом спокойного наблюдения: напротив того они обыкновенно причиняли всеобщий страх и ужас, обнаруживавшиеся самым странным образом» [19], столь нездоровая атмосфера в обществе не помешала сделать (а отчасти даже стимулировала их появление) ряд достойных упоминания новаций в плане предсказания, наблюдения и изучения этих явлений, без учета которых не обошлись и участники английской экспедиции в Минск.

### **Земные пути-дороги лунной тени**

Примечательно в этом отношении полное солнечное затмение 12 августа 1654 г., которое в том числе как частное было видно во всей Европе, в Северной Африке, на Ближнем Востоке и большей части Азии.

Еще с 1578 г. астрологи мрачно предвещали, что это заранее вычисленное затмение станет огромным и ужасным по своим последствиям, так как Солнце в его момент будет находиться вблизи «неблагоприятных» планет – Марса и Сатурна. Была и особая причина: приближался 1656 г., когда в странах, принявших протестантство, ожидали огненный потоп, что поглотит землю. Страх перед началом всеобщего катаклизма захлестнул также католический мир, повергнув Европу в панику [20]. Подпитывали беспрецедентную истерию зловещие пророчества, публиковавшиеся в многочисленных памфлетах, листовках и календарях. В Германии даже издали сборник описаний предстоящего затмения [21], сделанных в разное время 21 астрологом, среди которых были астрономы, математики, теологи и составители календарей, в том числе пять докторов и три магистра.

На подобном фоне многие уверовали, что страшный суд Божий положит конец земной жизни. Сердца людей были охвачены таким ужасом, что даже самые стойкие почувствовали неуверенность; все старались успеть покаяться в грехах.

Как свидетельствовал через несколько лет в своем двухтомном труде «Хронография, или Описание Прованса» доктор теологии Оноре Буше (1599–1671): «По причине затмения между 9 и 10 часами утра 12 августа невообразимые глупости происходили не только в Провансе, но и во всей Франции, Испании, Италии и Германии. Кто-то распространил слух, что во время затмения нужно быть одному, иначе не проживешь и до вечера. Наиболее доверчивые заперлись в одиночестве по спальням. Лекари не оспаривали этот слух и советовали запереть все окна и двери, а в доме зажечь свечи. Поскольку все ожидали конца света, то происходили многочисленные крещения, исповеди, покаяния. У духовников было работы невпроворот...» [20; 22].

В Германии среди тех немногих, кто сумел сохранить хладнокровие и ясность рассудка, был 29-летний профессор математики Йенского университета Эрхард Вайгель (1625–1699), впоследствии видный математик, астроном, философ, педагог и изобретатель, важная фигура немецкого Просвещения [23; 24]. Потеряв отца в 11 лет, он своим трудом зарабатывал средства для учебы в лютеранской гимназии; одновременно служил писарем у известного астролога, который обучил его математике и астрономии. А вознаграждение за уроки математики, которые сам гимназист давал приезжавшим к нему студентам, позволило Э. Вайгелю окончить Лейпцигский университет и защитить диссертацию.

Позже к нему пришли авторитет человека, умевшего легко объяснять трудные вещи, и слава «знаменитейшего профессора математики». Его лекции шли в переполненных аудиториях, а курс по реформе звездной карты, собравший более 400 слушателей, пришлось читать за городской стеной, в чистом поле. Это к нему, при жизни заслужившему титул «наставник Германии», в 1663 г. со специальной целью поучиться математике на целый семестр приехал молодой Готфрид Лейбниц (1646–1716), будущий величайший мыслитель. Не раз Э. Вайгеля избирали деканом философского факультета; трижды (впервые еще в 1657 г.) он был ректором университета. Профессор резко критиковал классическую систему образования, отстаивал необходимость календарной реформы, стремился свести все человеческое знание к геометрии, а одну из книг посвятил «математическому исследованию вопроса о происхождении зла в мире и способах его устранения». Среди полусотни сконструированных Э. Вайгелем механизмов и приспособлений было и «весьма искусное устройство для подъема воды» – незаконченный *regretium mobile*. Построенный же им дом с водопроводом, грузовым подъемником и астрономической обсерваторией, устроенной в погребе, считался одним из семи чудес Йены и просуществовал до 1898 г. [23; 24].

Все это было позже. А к августу 1654 г. Э. Вайгель подготовил для своих студентов две «диспутации» [25], защита которых была одной из главных форм обучения в средневековых университетах. По традиции для учебного диспута, порой продолжавшегося не один день, работу писал профессор, а руководимый им студент должен был в публичных дебатах, проходивших под председательством профессора-автора, защищать приобретенные им знания, убеждать других в их

истинности и отвечать на возражения оппонентов. Оба диспута прошли на философском факультете Йенского университета и были посвящены не вселенскому катаклизму, а изложению общей теории затмений Луны и Солнца, основанной на тогда еще не общепринятых «рудольфинских таблицах» движения планет – последней крупной работе Иоганна Кеплера (1571–1630), и расчету ожидаемого «великого» затмения.

Диспутации были опубликованы, причем та из них, которую за день до «рокового» затмения защищал студент Андреас Зайфферт [26], содержала в качестве приложения карту ожидаемого пути лунной тени по Земле – самую раннюю из известных (рис. 1). По чертежу Э. Вайгеля ее изготовил Иоганн Дюрр (ок. 1600–1663), ведущий гравер в Тюрингии. На карте на фоне восточного полушария через Англию, Германию, Венгрию, Крым, Турцию и Персию прочерчена прямая линия, начинающаяся на севере Америки и заканчивающаяся в Индии, обозначенная как «Via Umbrae Lunae» (путь лунной тени). Ее точки служат центрами окружностей, которые изображают последовательные положения лунной тени и полутени (где затмение видно как частное). Современные реконструкции показали, что карта Вайгеля вполне надежно изображала географию августовского затмения 1654 г.

Это картографическое новшество прижилось и получило развитие.

Через 20 лет Иоганн Кристоф Штурм (1635–1703), профессор астрономии, математики и физики в Альтдорфском университете, учившийся в Йене у Э. Вайгеля, издал «для пользы и развлечения простых людей» календарь-альманах астрономических явлений в 1676 г. [27]. Его открывали карты двух разных затмений Солнца, построенные с помощью стереографической проекции с центром на ме-



Рис. 1. Титульный лист книги Э. Вайгеля [26] и первая в мире карта-прогноз из нее, опубликованные за день до полного солнечного затмения 12 августа 1654 г.

ридиане точки максимума затмения. Как и у Вайгеля, тени и полутени Луны изображены в виде серии кругов (частично заштрихованных), но теперь их центры образуют вместо прямой линии дугу, что больше соответствует реальному положению дел.

Еще через четверть века знаменитый итальянский математик, астроном, инженер и астролог Джованни Доменико Кассини (1625–1712), член Парижской академии наук и директор Парижской обсерватории, сопроводил свою статью [28] картой гибридного (кольцеобразно-полного) затмения Солнца 23 сентября 1699 г. С древности вплоть до начала XX в. полноту (фазу) затмения обычно выражали по шкале от 0 (затмения нет) до 12 (солнечный диск закрыт полностью), измеряя в различных «цифрах» (дюймы, digitos, doigts, zotl). Кассини впервые нанес на карту затмения изофазы – линии, где затмение будет видно в одинаковой фазе, и снабдил соответствующими подписями изофазы, отвечающие 5, 6 и 12 doigts.

Его карта пути лунной тени стала самой точной из изданных к тому времени. Однако она была ретроспективной, а не прогностической; ее поздно было использовать для наблюдения затмения Солнца.

**«Когда люди про то ведают преже,  
то не есть уже чудо»**

Новые страхи пробудило полное солнечное затмение 12 мая 1706 г., полоса которого должна была пройти из Испании по всей Европе через север России на юг Сибири.

Первая русская печатная газета «Ведомости», незадолго до того основанная Петром I, в нумерованном выпуске от 16 апреля 1706 г. опубликовала двухстраничное «Изъявление о затмениях», сообщавшее (по вычислениям, сделанным по приказу царя), что из четырех ожидаемых в том году затмений Солнца и Луны три «над нашим горизонтом [аще чист воздух] видны будут». О полном затмении Солнца, после указания дня и моментов его начала, середины и конца, было сказано: «Сие затмение, когда солнце на большую часть помрачится, у нас [есть ли небо светло] с великим удивлением и страхом болше дву часов видимо будет» [29].

Это затмение стало одним из первых, о которых жители Российской империи узнали заранее – благодаря мерам, предпринятым самим царем. Ранее уже наблюдавший гибридное затмение Солнца в 1699 г., Петр I заблаговременно разослал много писем своим приближенным с просьбой распространять в народе здравые понятия о предстоящем событии. Так, одному из своих ближайших сподвижников Ф. А. Головину он писал: «Господин адмирал. Будущаго месяца в первый день будет великое солнечное затмение. Того ради изволь сие поразгласить в наших людях, что когда оное будет, дабы за чудо не поставили. Понеже когда люди про то ведают преже, то не есть уже чудо». Благодаря царским письмам и печатному оповещению многие в России подготовились внимательно наблюдать астрономическое явление [17].

В Европе же оно стимулировало новый этап в картировании хода затмений Солнца – теперь в составлении карт стали принимать участие опытные картографы, причем для конкретного затмения иногда издавались сразу несколько карт разного авторства, различных стилей и точности, как прогностических, так и ретроспективных.

Например, за год до полного солнечного затмения 12 мая 1706 г. голландский картограф, математик и астроном Симон ван де Мулен (1658–1741) первым в Нидерландах снабдил свою брошюру о нем [30] картой-прогнозом, точно, но лаконично (без указания границ и названий стран, в которых затмение будет видно) отобразившей географию будущего затмения на фоне четырех континентов.

Новое слово сказали немецкий математик, астроном и физик Иоганн Габриэль Доппельмайер (1677–1750), учившийся в Альтдорфе у И. К. Штурма, профессор математики в гимназии Нюрнберга, а с 1710 г. еще и директор местной астрономической обсерватории, и Иоганн Баптист Гоманн (1664–1724), гравер и картограф, ведущий издатель карт в Германии в XVIII в. В 1707 г., используя в качестве основы детальную многоцветную карту Европы, выгравированную И. Б. Гоманном, они отпечатали на отдельных листах размером  $55 \times 61$  см карту полного затмения Солнца 12 мая 1706 г. [31], на которой нанесли все изофазы от 5 до 12 «цифр» и впервые заменили линию полосой полного затмения с четкими северной и южной границами, обозначенными как «12 zotl». Также впервые на карте солнечного затмения территория каждой страны (включая территорию современной Беларуси) пестрила названиями городов и весей, рек и озер, а в левом верхнем углу, в одном из картушей (декоративно обрамленном тексте), были даны продолжительности затмения (и полного, и частного) для ряда европейских городов (рис. 2).

Идея издания небольшой однолистной карты затмения и само содержание карты [31] оказались столь притягательными, что ее точные копии минимум

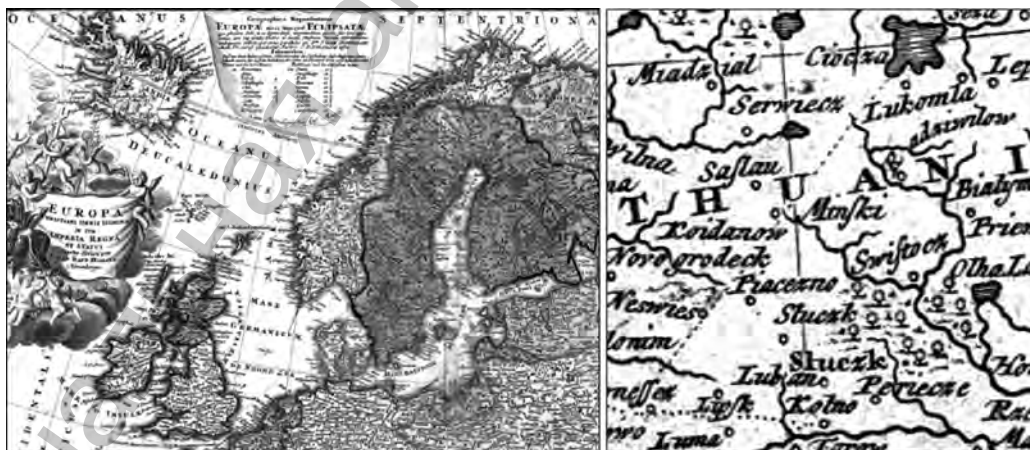


Рис. 2. Фрагменты первой европейской карты [31], показывающей положение Минска относительно пути лунной тени во время полного солнечного затмения 12 мая 1706 г.

дважды переиздали в Амстердаме в разные годы два Питера Шенка – отец и сын, картографы и издатели. Оформление копий отличалось от оригинала тем, что полосы разных фаз затмения (впервые) различались цветом, а два картуша с карты Доппельмайера–Гоманна Шенки заменили: один – схемой расположения Солнца, Луны и Земли во время затмения, заимствованной с другой карты авторства Доппельмайера и Гоманна, а второй – то уменьшенной копией карты ван де Мулена из [30] для затмения 12 мая 1706 г. (на карте Шенка-отца), то уменьшенной копией карты ван де Мулена для затмения 3 мая 1715 г. (на карте Шенка-сына) [32].

Ряд других существенных новаций связан с именем англичанина Эдмонда Галлея (1656–1742), с 1703 г. возглавлявшего кафедру геометрии Оксфордского университета, и с 1713 г. бывшего ученым секретарем Лондонского королевского общества. Свою первую научную работу «Об орбитах планет» он опубликовал в 1676 г., будучи еще студентом, а в 1684 г. самостоятельно вывел, что сила тяготения обратно пропорциональна квадрату расстояния между массами. Узнав, что почти за 20 лет до него эту задачу решил Исаак Ньютон (1643–1727), но решение публиковать не стал, Э. Галлей убедил последнего возобновить исследования и взял на себя расходы по публикации его результатов. Так, в 1687 г. увидели свет знаменитые ньютоновские «Математические начала натуральной философии». В 1705 г. Э. Галлей издал «Краткое изложение астрономии комет», где аргументировал, что наблюдавшиеся в 1456, 1531, 1607 и 1682 гг. кометы были приходами одной и той же кометы, и предсказал ее возвращение в 1758 г., что сбылось, и позже эту комету назвали его именем.

А еще через десять лет Э. Галлей с точностью до 4 мин предсказал время начала над Англией полного затмения Солнца 3 мая 1715 г., подготовил прогностическую карту, показывающую путь лунной тени по всей территории страны, и даже наложил на полосу полной фазы эллипс тени, что дало более наглядное представление о масштабах затмения. Этот лист бумаги размером 41 × 27 см стал одной из самых известных карт затмений (иногда ошибочно ее считают и самой первой), ибо с самого начала предназначался для широкой публики, содержал понятное географическое и хронологическое (по минутам) описание хода затмения [33; 34].

Карту выгравировал и за несколько недель до астрономического события издал в Лондоне приятель Галлея Джон Сенекс (1678–1740), известный картограф и гравер, королевский геолог и астролог, издатель и продавец книг, карт и глобусов («новейших, точнейших и по умеренным ценам», как указано на карте). Она торговалась Дж. Сенексом в Лондоне по 6 пенсов (в 1998 г. ее экземпляр продали за 15 тыс. долларов США [33]) по адресам, на ней указанным. Еще за 6 пенсов можно было купить закопченное стеклышко, чтобы безбоязненно смотреть на Солнце во время затмения. Дважды, в марте и апреле 1715 г., Сенекс публиковал в «London Gazette» рекламу карты, в которой, чтобы пробудить интерес и у жителей провинции, указывал, что она может быть выслана по почте простым письмом за ту же цену [34]. Считают, что это был один из первых примеров успешного продвижения на рынок и коммерциализации нового научного продукта.

Галлей же разослал по большей части Англии предварительное уведомление о затмении с просьбой сообщать ему результаты наблюдений, особенно сделанных в местах у границ полосы лунной тени, чтобы можно было уточнить ход затмения и размеры тени. Его ожидания сбылись. На основе отчетов, полученных от 26 наблюдателей из разных мест Великобритании, в сентябре того же года Э. Галлей и Дж. Сенекс издали уточненную (как в части географии, так и хронологии) карту затмения 1715 г., дополнив ее полосой и описанием полного солнечного затмения, ожидавшегося 22 мая 1724 г. А за две недели до него тот же тандем (Э. Галлей к этому времени занимал пост Королевского астронома) выпустил в свет 10-пенсовую карту нового затмения размером  $37 \times 48$  см, на которой, чтобы привлечь внимание иностранных покупателей, полоса полной фазы простиралась от западной Ирландии через Англию, Францию, Швейцарию и северную Италию до Венеции.

Текстовая легенда к новой карте заканчивалась словами Э. Галлея: «Мы желаем нашим друзьям-астрономам чистого неба». Они были символическими, так как эпоху простого созерцания затмевающегося светила и вызванных этим неясных страхов после Галлея постепенно сменила эпоха научных исследований, проводимых во время полных солнечных затмений.

### От простого созерцания к научному наблюдению

Хотя Э. Галлей не был единственным среди тех, кто иногда менее, иногда более точно, чем он, картографировал ход солнечных затмений 1715 и 1724 гг. (тот же Дж. Сенекс одновременно издал карты и другого автора), его карты затмений оказали глубокое влияние не только на британское общество.

Как отмечено в [35], после 1715 г. было редкостью, чтобы путь полного или кольцеобразного затмения, пересекающих Европу, не был спроецирован на одну или несколько географических карт, которые использовались в основном любителями для поездок в зону затмения, ибо астрономов-профессионалов тогда еще было немного. В гонке по картированию очередных затмений дошло до того, что некоторые трудолюбивые энтузиасты составили карты даже для декабрьского 1732 г. и августовских 1738 и 1739 гг. затмений, видимых в Европе лишь как частные и потому не представлявших значительного интереса для наблюдения.

Так, начавшись с регистрации летописцами, астрологами, историками или монахами скудных сведений о затмениях, обеспечив в XVII в. расширение масштабов и постоянное совершенствование качества их наблюдений за счет использования телескопов, астрономия солнечных затмений в XVIII в. обогатилась новым элементом. Им стало проведение экспедиций для наблюдения полных затмений Солнца в тех местах, где условия для таких наблюдений были наилучшими, что в XIX в. стало для астрономов обыденной работой, выполнением рутинных обязанностей.

Например, испанский астроном Хосе Хоакин де Феррер (1763–1818), получивший в колледже в Англии твердые знания по математике, астрономии и английскому языку только потому, что вместе с экипажем корабля торговой компании,

в которой он работал, на пути в Венесуэлу был захвачен в плен англичанами, а в 1799 г. по делам своего бизнеса на время переехавший в США, чтобы наблюдать полное солнечное затмение 21 февраля 1803 г., отправился на Кубу и 16 июня 1806 г. – с той же целью – в селение Киндерхук в штате Нью-Йорк. По результатам второй экспедиции он заключил, что яркое «цвета жемчуга» свечение вокруг Луны, затмившей солнечный диск, «вне всяких сомнений принадлежит Солнцу», и первым назвал его «короной» [36]. В следующий раз к аналогичному выводу пришел замечательный английский астроном Фрэнсис Бэйли (1774–1844), один из основателей Королевского астрономического общества, к тому времени уже три срока бывший его президентом, который наблюдал полное затмение Солнца 8 июля 1842 г. также «на выезде» – в Италии.

Организовывать «затменные» экспедиции без прогностических карт было трудно, некоторые из них заканчивались провалом из-за неточности этих карт или отсутствия того самого «чистого неба». Поэтому вскоре произошло неизбежное – географические карты затмений и (или) подробные списки мест, где они будут наблюдаться в разной фазе, стали объединять под одной обложкой вместе с расчетными таблицами элементов уже не для одного, а для целой серии будущих астрономических явлений. Так появились «каноны затмений».

Первый из них составил и издал в 1816 г. чешский священник-пиарист, математик, физик и астроном Франтишек Игнац Кассиан Галашка (1780–1847) [37], уже два года как занимавший пост профессора (позже – декана и ректора) в Карловом университете в Праге, живший там же в монастыре, где приспособил часть верхнего этажа здания под хорошо оборудованную астрономическую обсерваторию (уже не первую в его жизни). После получения докторской степени в 1807 г. Фр. Галашка преподавал физику и математику в пиарских колледжах Моравии и в эти годы подготовил книгу «Elementa Eclipsium» [38]. В ней, используя новый и более точный метод построения проекции, определения размеров и пути лунной тени по земной поверхности, он дал описания, таблицы элементов и карты 14 солнечных затмений в период с 1816 по 1860 г., которые хотя бы как частные могли быть видны в том числе в Брно – столице Моравии. Поэтому время начала, максимума и конца затмения приведены им по местному времени, но в отдельном параграфе книги дана таблица пересчета этих элементов и магнитуд затмений для Берлина, Будапешта, Парижа, Праги, Вены и Львова.

Через четыре года Фр. Галашка издал продолжение канона на следующие 140 лет [39], включающее описания 17 затмений в период с 1861 по 1900 г. Как и в первой его части, кроме полосы полного затмения на новой серии карт нанесены изофазы для 9, 6, 3 digitos, но теперь кроме континентов на них даны также названия стран и ряда городов, в основном европейских, включая Вильно. Рассчитаны и приведены в книге также элементы всех 17 затмений для Берлина, Копенгагена, Милана, Санкт-Петербурга, Праги и Вены.

Одним из предвычисленных Фр. Галашкой было полное солнечное затмение 8 июля 1842 г., полоса полной фазы которого должна была пройти через всю Цен-

тральную Европу и Среднюю Азию – из южной Португалии через Испанию, юг Франции, Австрию, Венгрию, европейскую часть России, южную Сибирь и Китай [19]. На территории современной Беларуси полоса проходила южнее линии Лельчицы–Мозырь–Добруш [14; 15].

В середине мая 1842 г., «ожидая с нетерпением» будущее затмение и «читая сочинения и предсказания астрономов по этому предмету», учитель истории из Нижегородской гимназии П. И. Мельников (1818–1883), впоследствии известный прозаик, начал свою статью о солнечных затмениях, виденных в России до XVI в. [16], с пессимистического заявления: «В наш просвещенный век, когда науке сделались понятными законы движения тел небесных, солнечные затмения составляют только предмет любопытства». И далее: «Мы заранее ожидаем затмения, и это явление, предсказанное наукой, не поразит нас, не удивит».

Он ошибся. Полное затмение Солнца 8 июля 1842 г. и поразило, и удивило, и обеспечило дальнейший прогресс астрономической науки.

Подготовка к наблюдению этого в высшей степени любопытного явления природы широко велась во Франции, Италии, Австрии и России. В Англии еще в 1838 г. был издан «Морской альманах и астрономические эфемериды на 1842 год», включающий таблицы элементов и карту затмения. Чтобы его увидеть, многие известные астрономы Европы отправились на специально выбранные для этой цели пункты наблюдения, разбросанные вдоль пути лунной тени. Затмение наблюдалось при благоприятных обстоятельствах на разных участках центральной линии полосы его полной фазы по всей Европе – от Перпиньяна во Франции на западе до Липецка в России на востоке [1].

Один из наблюдателей – знаменитый французский физик и астроном Доминик Франсуа Жан Араго (1786–1853), в возрасте всего лишь 23 лет избранный в Парижскую академию наук (с 1830 г. ее неперемный секретарь) и назначенный профессором, а с 1843 г. и до смерти бывший директором Парижской обсерватории, в своей 4-томной «Общепонятной астрономии» свидетельствует: «В Перпиньяне одни только тяжело больные остались в своих комнатах. Все народонаселение с раннего утра высыпало на террасы, валы и окрестные возвышенности... 20000 человек с закопченными стеклами в руках следили за лучезарным шаром, поднимавшимся по лазерному небосклону. Едва только мы, вооруженные сильными трубами, усмотрели маленькую выемку на восточном крае Солнца, как вопли 20000 голосов, слившихся между собою, возвестили нам, что мы только несколькими секундами предупредили наблюдение, сделанное без помощи труб двадцатью тысячами импровизированных астрономов, впервые от рода взявшихся за астрономическое наблюдение» [40].

Затмение пробудило интерес публики не только к созерцанию светила через закопченные стекла, но даже к натурным экспериментам и вполне научным наблюдениям. Как сообщал тот же Ф. Араго, один из жителей Перпиньяна нарочно не давал есть своей собаке с вечера 7 июля, а на другое утро, перед моментом наступления полного затмения, к радости голодного животного бросил ему кусок

хлеба. Как только исчезли последние лучи Солнца, собака тотчас оставила пищу и вновь принялась за хлеб лишь после окончания затмения. А наблюдения миланских и венских врачей, сделанные 8 июля, опровергли утверждения астрологов о кризисах, якобы испытываемых больными во время затмения. Даже для тех из них, страдания которых обыкновенно усиливались при наступлении ночи, не было установлено влияния, которое можно было бы приписать фазам затмения [40].

Профессионалы, глубже посвященные в тайны астрономии, достигли 8 июля 1842 г. более значимых в научном отношении результатов.

В частности, этим днем датируется первая в истории попытка сфотографировать солнечное затмение. Ее успешно осуществил в Милане итальянский физик и инженер Джованни Алессандро Майокки (1795–1854), профессор физики и механики Императорского Королевского лицея имени Св. Александра (позже профессор физики Туринского университета), член академий наук Турина и Падуи, редактор «Анналов физики, химии и математики». К затмению он заблаговременно готовился и даже издал объемную инструкцию по его наблюдению [41].

Используя способ дагерротипии, изобретенный парижским художником-декоратором Луи Жаком Манде Дагерром (1787–1851), сущность которого лишь за три года до затмения изложил Ф. Араго в докладе на объединенном заседании Парижской академии наук и Академии художеств, Дж. Майокки получил дагерротипы (позитивные изображения на медных пластинах, покрытых йодистым серебром) тонких полумесяцев Солнца за несколько минут до и после фазы полного затмения. Но снимок солнечной короны в момент полного затмения не удался – двухминутной экспозиции для получения дагерротипа, а также изображения на листе бумаги, пропитанном бромидом серебра, по-видимому, не хватило [42].

Первая в истории человечества правильно отэкспонированная фотография полного солнечного затмения и солнечной короны была сделана позже – 28 июля 1851 г. Ее автором стал дагерротипист Юлиус фон Берковски из Кенигсберга [42; 43], получивший снимок с помощью телескопа местной астрономической обсерватории, из которой он с согласия ее директора А. Л. Буша (1804–1855) следил за ходом затмения. (Некоторые до сих пор приписывают получение исторического снимка Бушу, хотя он авторство Берковского не скрывал [44], ибо сам в тот день наблюдал солнечное затмение вдаль от Кенигсберга.) В том же году в Англии был изобретен способ получения негативных фотоизображений на пластинках с коллодионной эмульсией, вскоре полностью заменивший дагерротипию, а во время полного солнечного затмения 18 июля 1860 г. в Испании были получены первые изображения солнечной короны на коллоидных фотопластинках.

Полное солнечное затмение 8 июля 1842 г., по-видимому, стало первым, наблюдавшимся на территории Российской империи в организованном порядке. Были снаряжены несколько специальных экспедиций во главе с виднейшими учеными того времени. Астрономы Пулковской обсерватории О. В. Струве и А. П. Шидловский выезжали в Липецк. Известный русский математик Н. И. Ло-

бачевский и его ученик М. В. Ляпунов наблюдали затмение в Пензе. В Курске профессор Московского университета Д. М. Перевощиков (1788–1880), основатель астрономической обсерватории университета, его проректор и позже ректор, наблюдал затмение вместе с любителем астрономии – курским купцом Ф. А. Семеновым, которого еще в молодые годы уважительно титуловали «ученым мясником-астрономом» [45]. Через год после своей первой встречи в 1839 г. Семенов и Перевощиков, используя различные формулы, рассчитали почти совпавшие значения времени начала, середины и конца июльского затмения 1842 г., географических координат мест на Земле, где оно начнется и закончится, а также элементы затмения и его полной фазы для Курска [46].

Наблюдение Ф. А. Семеновым этого затмения и (в составе астрономической экспедиции) полного солнечного затмения 16 июля 1851 г. в Херсонской губернии (там ему важно заметили, что «бог никому, кроме пророка Ездры, не открыл тайны предвидения небесных затмений») подтолкнуло астронома-любителя к составлению первого российского канона затмений. Это преломило ситуацию, описанную П. И. Мельниковым словами: «Затмений не умели предсказывать русские, а потому затмения, являясь пред их глазами, так сказать, невзначай, без приготовления, сильно действовали на умы» [16].

Федор Алексеевич Семенов (1794–1860) – ученый-самоучка, астроном и метеоролог, первый потомственный почетный гражданин города Курска. В 1825 г. он изготовил 3,5-метровый телескоп с 40-кратным увеличением, самостоятельно отшлифовал оптические стекла для него, и начал вести астрономические наблюдения. Не имея специального образования, Семенов на «костяшках» простых конторских счетов произвел «весьма предлинные и сложные» вычисления, которые опубликовал в 1856 г. в виде таблиц лунных и солнечных затмений с 1840 по 2001 г. [47], с объяснениями и указаниями по их применению. В них даны предвычисленные элементы 243 лунных и 172 солнечных затмений (из них 57 полных, в том числе 12 – для европейской части России), видимых в северном полушарии Земли. Указаны годы, месяцы, дни, часы и минуты затмений, их магнитуды в дюймах, 7 элементов для вычислений, а также континенты, страны и в ряде случаев – города, в которых затмения будут видны (Минск упомянут только один раз, в связи с полным затмением Солнца 17 июня 1954 г.). Через два года за этот труд Ф. А. Семенов был награжден Золотой медалью Русского географического общества.

Но величайшим достижением вычислительной астрономии XIX в. по праву считается третий по счету канон затмений, который составил уроженец Праги Теодор Эгон Риттер фон Оппольцер (1841–1886), австрийский математик, геодезист и астроном, профессор Венского университета [48]. Он прожил только 45 лет, из них почти 20 ушло на проведение фантастического количества сложных расчетов элементов 8000 солнечных и 5200 лунных затмений, в первом случае относящихся на промежуток времени с 10 ноября 1207 г. до н. э. по 17 ноября 2161 г. н. э., то есть почти на 3,4 тысячелетия!

Т. Оппольцера, как в свое время Ф. А. Семенова, подвигло на эту титаническую работу (черновики составляют 242 больших тома, содержащих свыше 10 миллионов цифровых значений) наблюдение полного затмения Солнца 18 августа 1868 г. Оно знаменито тем, что во время его наблюдения в Индии французский астроном Пьер Жюль Сезар Жансен (1824–1907) выявил в спектре солнечных протуберанцев новую ярко-желтую спектральную линию еще неизвестного на Земле химического элемента, спустя два года названного в честь Солнца – гелием. В 1895 г., через 27 лет после затмения, гелий – второй после водорода наиболее распространенный во Вселенной химический элемент – был обнаружен на Земле в минерале клевеите английским химиком и физиком Уильямом Рамзаем (1852–1916).

Подготовленный с помощью десятка вычислителей – частью добровольцев, частью работавших на деньги Т. Оппольцера – и изданный посмертно в 1887 г. (автор успел просмотреть корректуру за несколько часов до своей смерти), монументальный 376-страничный «Канон затмений» [49] кроме таблиц элементов каждого затмения содержит также 160 карт путей всех полных, кольцеобразных и частных солнечных затмений по земной поверхности (по 50 затмений на карте). Под № 7439 в таблице канона указано полное затмение Солнца 21 августа 1914 г. и приведены значения трех десятков его элементов, а на карте № 149 на фоне северного полушария Земли прочерчен ход центральной линии полной фазы затмения – она проходила в основном по западной части Российской империи. К сожалению, названия стран и городов на карты канона нанесены не были.

Упомянутые выше и изданные впоследствии другими учеными каноны представляли собой сводку всех солнечных затмений, которой можно было воспользоваться для получения предварительных сведений о затмениях текущего и будущих периодов, что открывало широкие перспективы для планирования научных наблюдений, а также для исследований по истории предсказания и наблюдения затмений нашего дневного светила. На их основе выполняли более детальные предвычисления элементов затмений для астрономических ежегодников, определяли координаты на местности границ полосы полной фазы для карт будущих затмений, издавали научные и научно-популярные статьи, специальные брошюры с описанием хода затмений, детальные инструкции и наставления с рекомендациями по их наблюдению.

Постепенно, особенно с началом применения методов спектрального анализа, наблюдение полных солнечных затмений стало надежным способом делать «большую» науку.

Вообще же перечень важных открытий, сделанных непосредственно во время солнечных затмений в период с 1307 г. до н. э. по 1991 г. н. э., занимает полтора десятка страниц [50]. Некоторые из них ждали своего объяснения многие годы. Так случилось, например, с линией излучения с длиной волны  $5302,86 \text{ \AA}$ , обнаруженной в зеленой части спектра солнечной короны американскими наблюдателями во время полного затмения Солнца 7 августа 1869 г. Только через 30 лет, также во время затмения, была установлена окончательно ее принадлеж-

ность именно к излучению короны. Но попытки приписать спектральную линию хотя бы одному из известных на Земле химических элементов не удавались, и линию надолго «закрепили» за гипотетическим элементом «короний». Ее загадка была окончательно раскрыта лишь на рубеже 1930–1940-х годов (оказалось, что эту линию излучают атомы железа, потерявшие под действием высокой температуры 13 из своих 26 электронов).

Поэтому 21 августа 1914 г., как и ранее из затмения в затмение, одной из основных задач, поставленных перед английской экспедицией, прибывшей в Минск для наблюдения полного затмения Солнца, было получение фотографий солнечной короны, сделанных через стеклянный зеленый светофильтр, для доказательства присутствия и изучения распределения в ней корония.

*(Окончание следует)*

### Литература

1. *Chambers G. F.* The Story of Eclipses. N. Y., London: Appleton, 1912. – 208 p.
2. *Vaquero J. M., Vázquez M.* The Sun Recorded Through History: Scientific Data Extracted from Historical Documents. Dordrecht; Heidelberg; London; N. Y.: Springer, 2009. – 382 p.
3. *Уйтхайс Д.* Биография Солнца. М.: Эксмо, 2008. – 359 с.
4. *Griffin P.* Confirmation of World's Oldest Solar Eclipse Recorded in Stone [Electronic resource]. – 2002. – Mode of access: <http://www.astronomy.ca/3340eclipse/>. – Date of access: 20.11.2014.
5. *Плутарх.* Избранные жизнеописания: в 2 т. М.: Правда, 1990. Т. II. С. 188–189.
6. *Touchet Em.* L'Éclipse et la Guerre // Bull. Soc. Astron. de France. 1914. T. 28, Octobre. P. 446.
7. *Smyth C. P.* On the Total Solar Eclipse of 1851 // Trans. R. Soc. Edinburgh. 1853. Vol. 20, Pt. 3. P. 503–511.
8. *The Astronomer Royal.* Drawings of the Corona from Photographs at Total Eclipses from 1896 to 1922 // Phil. Trans. R. Soc. Lond. A. 1927. Vol. 226, N 644. P. 363–388.
9. *Маковельский А. О.* Досократики. Часть третья (Пифагорейцы, Анаксагор и др.). Казань: Книгоиздательство М. А. Голубева, 1919. С. 104–161.
10. *Graham D. W., Hintz E.* Anaxagoras and the Solar Eclipse of 478 BC // Apeiron. 2007. Vol. 40, N 4. P. 319–344.
11. The Sacred Books of China: The Texts of Confucianism. Oxford: Clarendon Press, 1879. Pt. 1. P. 82.
12. *Успенская Н. В.* Вредительство... в деле изучения солнечного затмения // Природа. 1989. № 8. С. 86–98.
13. *Aaboe A., Britton J. P., Henderson J. A.* et al. Saros Cycle Dates and Related Babylonian Astronomical Texts // Trans. Amer. Philos. Soc. 1991. Vol. 81, N 6. P. 1–75.
14. *Espenak F., Meeus J.* Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: –1999 to +3000 – Revised. NASA Tech. Publ. TP-2009-214174. Greenbelt: NASA Goddard Space Flight Center, 2009. – 270 p.
15. Five Millennium (–1999 to +3000) Canon of Solar Eclipses Database [Electronic resource]. – Xavier M. Jubier, 2014. – Mode of access: [http://xjubier.free.fr/en/site\\_pages/solar\\_eclipses/5MCSE/xSE\\_Five\\_Millennium\\_Canon.html](http://xjubier.free.fr/en/site_pages/solar_eclipses/5MCSE/xSE_Five_Millennium_Canon.html). – Date of access: 20.11.2014.
16. *Мельников П.* Солнечные затмения, виденные в России до XVI столетия // Отеч. записки. 1842. Т. XXII, № 6. Отд. II. С. 47–71.
17. *Святский Д. О.* Астрономические явления в русских летописях с научно-критической точки зрения. Петроград: Тип. Императорской Академии Наук, 1915. – 214 с.
18. Rok Pański 1415 // Jana Długosza Kanonika Krakowskiego Dziejów Polskich Książ Dwanaście. T. IV. Ks. XI, XII. Kraków: W Drukarni «Czasu», 1869. S. 181.

19. Медлер. О затмениях Солнца, особенно в отношении к большому затмению Солнца 26 июня / 8 июля 1842 года // Журнал Мин. нар. просв. 1842. Ч. XXXIII. Отд. II. С. 47–64.
20. Делюмо Ж. Ужасы на Западе: Исследование процесса возникновения страха в странах Западной Европы, XIV–XVII вв. М.: Голос, 1994. – 408 с.
21. Werve H. de, Magirus J., March C. et al. Astrologische Beschreibung Von der Anno 1654 den 2. (12.) Augusti vorfallenden grossen, sichtbaren und nachdencklichen Sonnen-Finsternuß. Nürnberg: Endter, 1654. – [100] s.
22. Bouche H. La Chorographie ou Description de Provence, et l'histoire chronologique du même pays. T. 2. Aix: Charles David, 1664. P. 987–988.
23. Спекторский Е. В. Эргард Вейгель, забытый рационалист XVII века. Варшава: Тип. Варшавского учебного округа, 1909. – 69 с.
24. Erhard Weigel – 1625 bis 1699: Barocker Erzvater der deutschen Frühaufklärung / Hrsg. von R. E. Schielicke et al. Thun; Frankfurt am Main: Deutscher, 1999. – 172 s.
25. Herbst K.-D. Erhard Weigels Disputation anlässlich der Sonnenfinsternis vom 2./12. August 1654 // Erhard Weigel (1625–1699) und die Wissenschaften / Hrsg. K.-D. Herbst. Frankfurt am Main: Peter Lang, 2013. S. 71–95.
26. Secundae Partis Geoscopiae Selenitarum / Disputatio Secunda De Eclipsibus, tum in genere, tum in specie / De Magna Solis Eclipsi, d. 2. Aug. proxime futura, Quam Autoritate Inclytæ Facultatis Philos. Praeside VIRO Amplissimo atque Excellentissimo Dn. Erhardo Weigelio ... Publicae ventilationi subiicit Andreas Guntherus Seiffartus, Göttingensis-Saxo. Ad diem 1. Augusti Anni MDCLIV. Jenae: Sengenwaldi, 1654. – [44] s.
27. Sturmio J. Ch. Fernere unfehlbare Begebenheiten oder Himmels-Erscheinungen dieses Nach unsers Heylandes Jesu Christi Geburt M.DC.LXXVisten Jahrs und 419. Schalt-Jahrs. Nürnberg: C. Gerhard, 1675. – [34] s.
28. Cassini J. Reflexions sur l'Eclipse du 23 Septembre 1699 // Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année 1669. Avec les Mémoires de Mathématique & de Physique pour la même Année. Tirés des Registres de cette Académie. Paris, 1700. P. 274–282.
29. Изъявление о затмениях. На Москве лета господня 1706 апреля в 16 день. – [2] с.
30. Moolen S. van de. Meet-Konstig Afbeeldsel, van een Verduystering in de Zon, die wesen zal den 12 May, 1706. Amsterdam: Joannes Loots, 1705. – 16 p.
31. Europa Christiani Orbis Domina in Sua Imperia Regna et Status exacte divisa [Map]: Geographica Repraesentatio Europae die 12 Maji 1706 Eclipsatae qua phasium Solis (in 12 digitos divisi) magnitudines quaevis, suis locis apparentes, cum via totalis Umbrae ex multis Illustrium Virorum observationibus undequaque collectis, per arcus parallellos ope D<sup>ni</sup> J. Gabr. Doppelmayr Math. P.P. curiose ostenduntur Auctore J. B. Homanno, ut infra. Norimbergae: Iohan. Bapt. Homann, 1707.
32. Gent R. H. van. Mapping the lunar shadow: the earliest solar eclipse maps // Acta Historica Astronomiae. 2005. Bd. 25. S. 103–127.
33. Pasachoff J. M. Halley and his maps of the total eclipses of 1715 and 1724 // Astronomy & Geophysics. 1999. Vol. 40, N 2. P. 18–22.
34. Walters A. N. Ephemeral events: English broadsides of early eighteenth-century solar eclipses // Hist. Sci. 1999. Vol. 37, N 115. P. 1–43.
35. Westfall J., Sheehan W. Celestial Shadows: Eclipses, Transits, and Occultations. N.Y.; Heidelberg: Dordrecht; London: Springer, 2015. – 713 p.
36. Ferrer J. J. de. Observations of the eclipse of the sun, June 16th, 1806, made at Kinderhook, in the State of New-York // Trans. Amer. Philos. Soc. 1809. Vol. 6. Pt. II. P. 264–275.
37. Šolc M. Franz Ignaz Cassian Hallaschka and his book «Elementa Eclipsium» // Acta Universitatis Carolinae. Mathematica et Physica, 1999. Vol. 40, N 1. P. 51–78.
38. Hallaschka C. Elementa Eclipsium Quas Patitur Tellus, Luna Eam Inter Et Solem Versante Ab A. 1816 Usque Ad A. 1860 Ex Tabulis Astronomicis Recentissime Conditis Et Calculo Parallactico Deducta, Typo Ecliptico Et Tabulis Projectionis Geographicis Collustrata. Pragae: Haase, 1816. – 107 p.

39. *Hallaschka C.* Calculus eclipsis solis observatae die 19. novembris 1816 cui accedunt elementa eclipsium quas patitur tellus, luna eam inter et solem versante, ab anno 1861 usque ad annum 1900 ex tabulis astronomicis recentissime conditis et calculo parallactico ad meridianum ... Praga: Haase, 1820. – 102 p.
40. *Араго Ф.* Общепонятная астрономия. СПб.: Товарищество «Общественная польза», 1861. Т. 3. С. 406–408.
41. *Majocchi G. A.* Istruzione per osservare l'eclisse che accadrà il giorno 8 luglio 1842. Milano: Guglielmini e Redaelli, 1842. – 27 p.
42. *Common A. A., Taylor A.* Eclipse Photography // *Amer. J. Photogr.* 1890. Vol. 11, N 7, P. 203–209.
43. *Schielicke R., Wittmann A. D.* On the Berkowski daguerreotype (Königsberg, 1851 July 28): the first correctly-exposed photograph of the solar corona // *Acta Historica Astronomiae.* 2005. Vol. 25. P. 128–147.
44. *Busch.* Beobachtungen der Sonnenfinsterniss am 28sten Juli 1851 in Rixhöft // *Astron. Nachr.* 1852. Bd. 33, N 15–16. S. 229–234.
45. *Бутырский С.* Федор Алексеевич Семенов, мясник-Астроном в Курске // *Отеч. записки.* 1822. Ч. IX. Кн. XXI. С. 98–119.
46. *Первоицков Д.* Полное солнечное затмение в июне 1842 года // *Отеч. записки.* 1840. Т. XIII, № 11. Отд. VII. С. 1–3.
47. Таблицы показания времени лунных и солнечных затмений с 1840 по 2001 год, на московском меридиане, по старому стилю, вычисленные и составленные Федором Семеновым // *Записки Русск. геогр. о-ва.* 1856. Кн. XI. С. 227–333.
48. *Theodor von Oppolzer* // *The Observatory.* 1887. Vol. 10, N 127. P. 309–313.
49. *Oppolzer Th. R. von.* Canon der Finsternisse. Wien: Kaiserlich-Königlichen Hof- und Staatsdruckerei, 1887. – 377 s.
50. *Littmann M., Espenak F., Willcox K.* Totality: Eclipses of the Sun. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, 2008. – 341 p.

**ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ,  
ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ  
«ВЕСТНИК ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ» в 2014 г.**

*№ Стр.*

**ДЕНЬ БЕЛОРУССКОЙ НАУКИ.  
85-ЛЕТИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ**

Поздравление Президента Республики Беларусь с Днем белорусской науки и 85-летием Национальной академии наук Беларуси .....	1	5
Поздравление Председателя Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь и Председателя Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь с Днем белорусской науки и 85-летием Национальной академии наук Беларуси .....	1	6
<b>Мясникович М. В.</b> Наука и инновации – приоритет экономической политики (выступление Премьер-министра Республики Беларусь на торжественном заседании научной общественности, посвященном празднованию 85-летия Национальной академии наук Беларуси и Дня белорусской науки, 24 января 2014 г.) .....	1	8
Выступление Председателя Президиума НАН Беларуси В. Г. Гусакова на торжественном заседании научной общественности, посвященном празднованию 85-летия Национальной академии наук Беларуси и Дня белорусской науки, 24 января 2014 г. ....	1	12

**ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ  
АКАДЕМИЙ НАУК**

Постановление от 3 декабря 2013 г. № 236 «Об основных результатах деятельности МААН в 1993–2013 гг.» .....	1	18
Постановление от 3 декабря 2013 г. № 237 «О Научном совете по проблемам функциональных материалов электронной техники» .....	1	23
Постановление от 3 декабря 2013 г. № 238 «О Совете ботанических садов стран СНГ при МААН» .....	1	28
Постановление от 3 декабря 2013 г. № 239 «О создании Научного совета по проблемам биомедицины и биотехнологий при МААН» .....	1	35
<b>Витязь П. А., Щербин В. К.</b> Вклад белорусских ученых в создание и развитие Международной ассоциации академий наук .....	1	36

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ**

Дополнительное соглашение № 2 к Соглашению о сотрудничестве между Российским фондом фундаментальных исследований и Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований .....	1	52
Соглашение о научном сотрудничестве между Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований и Латвийским советом по науке .....	2	197

Протокол заседания совместной Комиссии по конкурсам, состоящей из представителей Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.....	4	22
<b>Титова Е. Т.</b> Беларусь – Франция: Вехи плодотворного сотрудничества ученых.....	4	23

### ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФОНДА

Дополнительное соглашение к условиям проведения совместного тематического конкурса фундаментальных и прикладных исследований по проблемам Брестской области «БРФФИ–Брест-2013».....	1	56
<b>Орлович В. А.</b> О работе Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в 2013 году и о перспективах его деятельности на 2014 год (Отчетный доклад на заседании Научного совета БРФФИ, 23 мая 2014 г.).....	2	9

### ИТОГИ КОНКУРСОВ

Республиканский конкурс проектов фундаментальных и поисковых исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований «Наука-2014» ....	2	31
Конкурс на соискание грантов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований для молодых ученых «Наука М-2014» .....	2	39
Конкурс выполняемых в контакте с зарубежными учеными проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований «Наука МС-2014».....	2	52
Конкурс Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на соискание грантов развития «Ученый-2014».....	2	55
Совместный тематический конкурс Министерства образования Республики Беларусь и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований «БРФФИ–Минообразование М-2014».....	2	56
Конкурс совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского фонда фундаментальных исследований «БРФФИ–РФФИ-2014».....	2	59
Конкурс совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и российского гуманитарного научного фонда «БРФФИ–РГНФ-2014».....	2	72
Совместный конкурс Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского гуманитарного научного фонда на соискание грантов для молодых ученых «БРФФИ–РГНФ М-2014».....	2	75
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)-2014».....	2	76
Совместный целевой конкурс Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского гуманитарного научного фонда на выполнение проектов междисциплинарных (комплексных) исследований «К 70-летию Великой победы (1945–2015)» «БРФФИ–РГНФ Ц-2014».....	2	77
Совместный тематический конкурс исследовательских проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Объединенного института ядерных исследований «БРФФИ–ОИЯИ-2014».....	2	78
Конкурс совместных проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Государственного комитета		

по науке Министерства образования и науки Республики Армения «БРФФИ–ГКНАрм-2014» .....	2	80
Конкурс совместных научных проектов белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и национального исследовательского фонда корей «БРФФИ–НИФК-2014» .....	2	84
Конкурс совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Научно-технологического фонда Монголии «БРФФИ–НТФМ-2014» .....	2	86
Конкурс совместных научных проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Вьетнамской академии наук и технологий «БРФФИ–ВАНТ-2014» .....	2	88
Конкурс совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Румынской академии «БРФФИ–РА-2014» .....	2	90
Перечень международных научно-технических проектов «ГКНТ–Латвия» .....	2	92
Перечень международных научно-технических проектов «ГКНТ–Сербия» .....	2	94
Перечень международных научно-технических проектов «ГКНТ–Казахстан» .....	2	96
Перечень научных трудов, изданных при финансовой поддержке БРФФИ в 2013 г. ....	2	98
Конференции и семинары, поддержанные БРФФИ в 2013 г. ....	2	99

#### КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Положение о конкурсах Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на 2014–2015 годы .....	2	101
Условия конкурса на соискание грантов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований для молодых ученых «Наука М-2015» .....	2	108
Условия конкурса выполняемых в контакте с зарубежными учеными проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований «Наука МС-2015» .....	2	113
Условия конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на соискание грантов развития «Ученый-2015» .....	2	119
Условия совместного конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского фонда фундаментальных исследований для молодых ученых «БРФФИ–РФФИ М-2015» .....	2	124
Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского гуманитарного научного фонда «БРФФИ–РГНФ-2015» .....	2	130
Условия совместного конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского гуманитарного научного фонда на соискание грантов для молодых ученых «БРФФИ–РГНФ М-2015» .....	2	136
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) – 2015» .....	2	142
Условия совместного тематического конкурса исследовательских проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Объединенного института ядерных исследований «БРФФИ–ОИЯИ-2015» .....	2	148
Условия конкурса совместных проектов фундаментальных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Академии наук Молдовы «БРФФИ–АНМ-2015» .....	2	153

Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Вьетнамской академии наук и технологий «БРФФИ–ВАНТ-2015» .....	2	159
Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Национального исследовательского фонда Кореи «БРФФИ–НИФК-2015» .....	2	165
Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Научно-технологического фонда Монголии «БРФФИ–НТФМ-2015» .....	2	170
Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Национального центра научных исследований Франции «БРФФИ–НЦНИ-2015» .....	2	176
Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Национального центра научных исследований Франции «БРФФИ–НЦНИ(PICS)-2015» .....	2	182
Условия конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Национального центра научных исследований Франции на проведение белорусско-французских семинаров в 2014–2015 гг. ....	2	188
Условия конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на соискание грантов финансовой поддержки ученых – авторов монографий для их издания на 2014–2015 годы .....	2	190
Условия конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на соискание грантов финансовой поддержки республиканских и международных научных мероприятий на 2014–2015 годы .....	2	192
Условия конкурса Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований на соискание грантов финансовой поддержки участия ученых в зарубежных научных мероприятиях на 2014–2015 годы .....	2	194
Условия республиканского тематического конкурса проектов фундаментальных научных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований «Наука-2015» .....	3	5
Условия конкурса совместных научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики «БРФФИ–ФРНА-2015» .....	4	31

#### НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

<b>Нестерович А. Н.</b> Роль метилирования ДНК в функционировании головного мозга .....	1	57
<b>Пивень Н. В., Бураковский А. И., Карпенко Т. А., Тишкевич М. Н., Ястребова А. А.</b> Иммуноферментный анализ эпидермального фактора роста при онкопатологии .....	1	71
<b>Цыганов А. Р., Томсон А. Э., Лю Вэй Донг, Чжан Цзею, Ракович В. А., Стригуцкий В. П., Соколова Т. В., Пехтерева В. С.</b> Особенности формирования торфяных месторождений в условиях умеренно-континентального и тропического климата .....	1	78
<b>Стрекаль Н. Д.</b> Зависящая от размеров сила осцилятора нижайшего электронного перехода в CdSe/ZnS наночастицах .....	1	87
<b>Гусакова С. В., Николаева А. А., Прокошин В. И., Шепелевич В. Г., Ярмолевич В. А.</b> Микроструктура и механические свойства быстрозатвердевших фольг сплавов системы $(\text{Bi}_{91}\text{-Sb}_9)_{100-x}\text{Sn}_x$ ( $x \leq 2,4$ ) .....	1	97
<b>Астафьева Л. Г., Леднева Г. П., Pham Hong Minh.</b> Преобразование оптического излучения наночастицами при изменении их структуры и состава .....	3	11
<b>Асимов М. М., Асимов Р. М., Рубинов А. Н.</b> Биомедицинское применение лазерно-индуцированной фотодиссоциации оксимиоглобина мышечной ткани .....	3	23

<b>Козел Н. В., Ракович В. А., Серебренникова О. В., Стрельникова Е. Б., Гулая Е. В., Аверина Н. Г.</b> Растительные пигменты торфа как индикатор функционального состояния болотных экосистем Беларуси и Западной Сибири .....	3	31
<b>Павлющик Е. А., Жукова И. А., Дорофеенко И. С., Чукарина Т. В., Афонин В. Ю.</b> Влияние генетических и средовых факторов на показатели крови в условиях наследственной предрасположенности к артериальной гипертензии .....	3	42
<b>Салем А. Э., Шолух М. В.</b> Взаимодействие митохондриальной аспартат аминотрансферазы с наночастицами коллоидного золота .....	3	56
<b>Егоров А. С., Егорова В. П., Крот В. И., Крылова Г. В., Лахвич Ф. Ф., Липневич И. В., Ореховская Т. И., Велигура А. А., Говоров М. И., Шулицкий Б. Г., Улащик В. С.</b> Электрохимическое и электрофоретическое детектирование гибридизации на комплексах ДНК/углеродные нанотрубки: SNP-генотипирование .....	3	63
<b>Солодовников И. А., Плискевич Е. С.</b> Сравнение видового состава сообществ мирмекофильных жесткокрылых ( <i>Insecta, Coleoptera</i> ) в гнездах <i>Formica exsecta</i> , <i>Formica rufa</i> , <i>Formica polyctena</i> на территории Белорусского Поозерья.....	4	37
<b>Арсланов Т. Р., Моллаев А. Ю., Арсланов Р. К., Килянский Л., Лопез-Морено С., Маренкин С. Ф., Трухан В. М., Шёлковая Т. В.</b> Контролируемые давлением магнитные кластеры в неоднородных ферромагнитных полупроводниках .....	4	47
<b>Костеневич А. А., Лобанок А. Г., Сапунова Л. И., Тамкович И. О., Шелест Ю. В.</b> Оптимизация условий культивирования продуцирующих β-галактозидазу бактерий <i>Arthrobacter sulfonivorans</i> .....	4	56
<b>Жукова Ю. В., Исаев С. А.</b> Интенсификация теплообмена одиночного кругового цилиндра направляющими элементами, установленными в его миделевом сечении .....	4	62

#### НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

<b>Лобко А. С.</b> Лазерно-плазменное ускорение заряженных частиц: принципы и достижения ...	3	88
--	---	----

#### ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

<b>Слонимский А. А., Карелина В. А.</b> Отечественная школа науковедения: этапы становления (к 75-летию со дня рождения основателя школы доктора социологических наук Геннадия Александровича Несветайлова) .....	2	200
<b>Костюкович Н. Н.</b> Наблюдение английскими астрономами полного солнечного затмения 21 августа 1914 года в Минске: Предыстория, люди, события, судьбы .....	4	69

ВЕСТНИК ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, № 4, 2014

*на русском и белорусском языках*

Редактор Т. П. Петрович

Компьютерная верстка Ю. А. Агейчик

Подписано в печать 17.12.2014. Выход в свет 29.12.2014. Формат 70 × 100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 7,64. Уч.-изд. л. 6,2. Тираж 126 экз. Заказ 214.

Цена номера: индивидуальная подписка – 43250 руб.; ведомственная подписка – 44247 руб.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/18 от 02.08.2013. ЛП № 02330/455 от 30.12.2013.

Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, Минск.