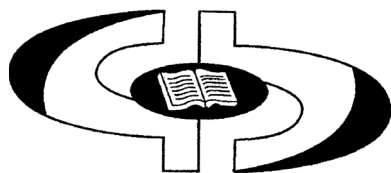


Научно-теоретический и информационно-методический журнал
Белорусского республиканского фонда
фундаментальных исследований

Издается с III квартала 1997 г.



1 [71], 2015

**ВЕСТНИК
ФОНДА
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

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»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор
С. В. Гапоненко

Заместитель главного редактора
А. П. Ласковнев
А. И. Лесникович

Ответственный секретарь
Н. Н. Костюкович

Члены редколлегии:

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

Минск, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

Состав редакционной коллегии журнала «Вестник Фонда фундаментальных исследований»	5
---	---

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФОНДА

Костюкович Н. Н., Половинко Н. Н. Основные итоги деятельности Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в 2014 году	9
---	---

ИТОГИ КОНКУРСОВ

Перечень научных трудов, изданных при финансовой поддержке БРФФИ в 2014 г.	31
Конференции и семинары, поддержанные БРФФИ в 2014 г.	32

КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Условия совместного конкурса проектов фундаментальных научных исследований Национальной академии наук Беларуси и Сибирского отделения Российской академии наук «НАНБ (БРФФИ)–СО РАН-2015»	33
Условия совместного конкурса проектов фундаментальных исследований Национальной академии наук Беларуси и Совета по научно-технологическим исследованиям Турции «НАНБ (БРФФИ)–ТЮБИТАК-2015»	39
Условия совместного тематического конкурса проектов фундаментальных и прикладных научных исследований Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Витебского областного исполнительного комитета «БРФФИ–Витебск-2015»	45

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Насибов В. Х. Определение электроэнергетической безопасности Азербайджана для среднесрочных периодов на основе нечеткого логического вывода	51
Андрианов В. М., Анищенко И. В. Выявление связи «структура–биологическая активность» в brassinosteroidах методами квантовой химии и молекулярной динамики	68
Иванец А. И., Азарова Т. А., Шемченко С. В., Батсурэн Д., Тунсаг Ж., Оюунцэцэг Ж., Тарасевич В. А., Агабеков В. Е. Получение и свойства пористой керамики на основе кварцевых песков Монголии	78
Мазуренко Е. В., Пономарев В. В., Сакович Р. А. Возможности новых методов нейровизуализации при оценке функционального состояния nigrostriарной системы у пациентов с болезнью Паркинсона	86

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

Issued since the 3rd quarter of 1997



N 1 [71], 2015

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
S. V. Gaponenko

Deputy Editors-in-Chief

A. P. Laskaunev
A. I. Lesnikovich

Executive Secretary
N. N. Kostyukovich

Editorial board members:

O. V. Aleinikova	N. A. Laman
P. I. Baltrukovich	V. F. Loginov
A. V. Bilydukevich	A. I. Lokotko
S. N. Cherenkevich	A. A. Lukashanets
A. Ye. Daineko	A. A. Makhnach
I. V. Gaishun	A. G. Mrochek
V. S. Kamyshnikov	P. G. Nikitenko
A. K. Karabanov	V. A. Orlovich
Yu. S. Kharin	V. I. Potkin
L. V. Khotylyova	L. M. Tomilchik
A. V. Kilchevsky	A. V. Tuzikov
E. I. Kolomiets	V. S. Ulashchik
A. A. Kovalenya	A. N. Vitchenko
N. P. Krut'ko	P. A. Vityaz

Minsk, 2015

CONTENTS

OFFICIAL SECTION

The Editorial Board of the journal «Vestnik of the Foundation for fundamental research»	5
---	---

THE FOUNDATION ACTIVITIES

Kostyukovich N. N., Polovinko N. N. Main results of activity of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research in 2014	9
--	---

COMPETITIONS RESULTS

A list of scientific works published under BRFFR financial support in 2014	31
A list of republican and international scientific conferences supported by BRFFR in 2014	32

BRFFR COMPETITIONS: NORMATIVE BASE

Terms of joint competition «NASB (BRFFR)–SB RAS-2015» of the projects of fundamental research of the National Academy of Sciences of Belarus and Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences	33
Terms of joint competition «NASB (BRFFR)–TUBITAK-2015» of the projects of fundamental research of the National Academy of Sciences of Belarus and the Council for Scientific and Technological Research of Turkey	39
Terms of joint thematic competition «BRFFR–Vitebsk-2015» of fundamental and applied research of the BRFFR and the Vitebsk Oblast Executive Committee	45

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Nasibov V. Kh. Determination of electroenergetics security of Azerbaijan for medium-term period based on fuzzy inference	51
Andrianov V. M., Anishchenko I. V. Disclosing the relationship “structure–biological activity” in brassinosteroids by quantum chemical and molecular dynamics methods	68
Ivanets A. I., Azarova T. A., Shemchenok S. V., Batsuren D., Tunsag J., Oyuntsetseg J., Tarasevich V. A., Agabekov V. E. Synthesis and properties of porous ceramic based on quartz sands of Mongolia	78
Mazurenka K. V., Ponomarev V. V., Sakovich R. A. Capabilities of new neuroimaging techniques in the evaluation of the functional state of the nigrostriatal system in patients with Parkinson’s disease	86

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания Бюро
Научного совета БРФФИ
27.06.2013 № 6
(в редакции протокола заседания
Бюро Научного совета БРФФИ
10.12.2014 № 13)

УТВЕРЖДЕНО

Постановление Президиума
Национальной академии наук Беларуси
18.07.2013 № 20
(в редакции постановления Президиума
Национальной академии наук Беларуси
14.01.2015 № 5)

СОСТАВ

редакционной коллегии журнала «Вестник Фонда фундаментальных исследований»

- | | |
|----------------------------------|--|
| Гапоненко
Сергей Васильевич | – председатель Научного совета – директор Исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, доктор физико-математических наук, академик (главный редактор) |
| Ласковнев
Александр Петрович | – академик-секретарь Отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, академик (заместитель главного редактора) |
| Лесникович
Анатолий Иванович | – заведующий кафедрой Белорусского государственного университета, доктор химических наук, академик (заместитель главного редактора) |
| Костюкович
Николай Николаевич | – заместитель директора Исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, кандидат физико-математических наук (ответственный секретарь) |
| Алейникова
Ольга Витальевна | – директор государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр детской онкологии и гематологии» Министерства здравоохранения Республики Беларусь, доктор медицинских наук, член-корреспондент |
| Балтрукович
Петр Иванович | – заместитель Председателя Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, кандидат технических наук |

- Бильдюкевич Александр Викторович – директор государственного научного учреждения «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси», доктор химических наук, академик
- Витченко Александр Николаевич – заведующий кафедрой Белорусского государственного университета, доктор географических наук
- Витязь Петр Александрович – руководитель аппарата Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, академик
- Гайшун Иван Васильевич – директор государственного научного учреждения «Институт математики Национальной академии наук Беларуси», доктор физико-математических наук, академик
- Дайнеко Алексей Евгеньевич – директор государственного научного учреждения «Институт экономики Национальной академии наук Беларуси», доктор экономических наук, член-корреспондент
- Камышников Владимир Семенович – заведующий кафедрой государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования» Министерства здравоохранения Республики Беларусь, доктор медицинских наук, профессор
- Карабанов Александр Кириллович – директор государственного научного учреждения «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», доктор геолого-минералогических наук, академик
- Кильчевский Александр Владимирович – главный ученый секретарь Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, член-корреспондент
- Коваленя Александр Александрович – академик-секретарь Отделения гуманитарных наук и искусств Национальной академии наук Беларуси, доктор исторических наук, член-корреспондент
- Коломиец Эмилия Ивановна – генеральный директор государственного научно-производственного объединения «Химический синтез и биотехнологии» – директор государственного научного учреждения «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси», доктор биологических наук, член-корреспондент

- Крутько
Николай Павлович – генеральный директор государственного научно-производственного объединения «Химические продукты и технологии» – директор государственного научного учреждения «Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси», доктор химических наук, академик
- Ламан
Николай Афанасьевич – заведующий лабораторией государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси», доктор биологических наук, академик
- Логинов
Владимир Фёдорович – главный научный сотрудник государственного научного учреждения «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», доктор географических наук, академик
- Локотко
Александр Иванович – директор государственного научного учреждения «Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы Национальной академии наук Беларуси», доктор исторических наук, доктор архитектуры, академик
- Лукашанец
Александр Александрович – первый заместитель директора по научной работе государственного научного учреждения «Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы Национальной академии наук Беларуси», доктор филологических наук, член-корреспондент
- Махнач
Анатолий Александрович – главный научный сотрудник республиканского унитарного предприятия «Научно-производственный центр по геологии» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, доктор геолого-минералогических наук, академик
- Мрочек
Александр Геннадьевич – директор государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр «Кардиология» Министерства здравоохранения Республики Беларусь, доктор медицинских наук, академик
- Никитенко
Петр Георгиевич – советник Национальной академии наук Беларуси, доктор экономических наук, академик

- Орлович
Валентин Антонович – академик-секретарь Отделения физики, математики и информатики Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, академик
- Поткин
Владимир Иванович – заведующий отделом государственного научного учреждения «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси», доктор химических наук, член-корреспондент
- Томильчик
Лев Митрофанович – главный научный сотрудник государственного научного учреждения «Институт физики имени Б. И. Степанова Национальной академии наук Беларуси», доктор физико-математических наук, член-корреспондент
- Тузиков
Александр Васильевич – генеральный директор государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», доктор физико-математических наук, член-корреспондент
- Улащик
Владимир Сергеевич – главный научный сотрудник государственного научного учреждения «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси», доктор медицинских наук, академик
- Харин
Юрий Семенович – директор учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт прикладных проблем математики и информатики», доктор физико-математических наук, член-корреспондент
- Хотылева
Любовь Владимировна – главный научный сотрудник государственного научного учреждения «Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси», доктор биологических наук, академик
- Черенкевич
Сергей Николаевич – заведующий кафедрой Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, академик

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФОНДА

Н. Н. КОСТЮКОВИЧ, Н. Н. ПОЛОВИНКО

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БЕЛОРУССКОГО РЕСПУБЛИКАНСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2014 ГОДУ

Исполнительная дирекция БРФФИ

В 2014 году Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ, Фонд) осуществлял свою деятельность в соответствии с уставом, руководствуясь Перечнем приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585, поручениями Президента и Правительства Республики Беларусь, республиканских органов государственного управления, а также нормативными актами и поручениями руководства Национальной академии наук Беларуси (НАН Беларуси). Продолжали совершенствоваться сложившиеся и оправдавшие себя методы и направления уставной деятельности БРФФИ, практически решались Фондом новые важные задачи.

Постановлением Президиума НАН Беларуси от 08.10.2014 № 64 утверждена новая редакция Устава БРФФИ, зарегистрированная в Министерстве юстиции Республики Беларусь 30.10.2014. На основании решения Совета Министров Республики Беларусь от 12 сентября 2014 г. № 34/540-356, которым поддержано предложение НАН Беларуси об утверждении составов Научного и Попечительского советов БРФФИ Президиумом НАН Беларуси, постановлением Президиума НАН Беларуси от 08.10.2014 № 65 утверждены новые составы Научного совета и Попечительского совета БРФФИ. Научный совет Фонда возглавил академик С. В. Гапоненко, Попечительский совет – академик Н. С. Казак.

Организация и сопровождение конкурсной поддержки фундаментальных исследований. В 2014 году Научным советом БРФФИ утверждены итоги следующих конкурсов исследовательских проектов:

- 1) республиканский конкурс проектов фундаментальных и поисковых исследований «Наука-2014»;
- 2) конкурсе на соискание грантов для молодых ученых «Наука М-2014»;
- 3) совместный тематический конкурс с Министерством образования Республики Беларусь «БРФФИ–Минобразования М-2014»;
- 4) конкурсе на соискание грантов развития «Ученый-2014»;

- 5) конкурс выполняемых в контакте с зарубежными учеными проектов фундаментальных исследований «Наука МС-2014»;
- 6) конкурс совместных научных проектов с Российским фондом фундаментальных исследований «БРФФИ–РФФИ-2014»;
- 7) конкурс совместных научных проектов с Российским гуманитарным научным фондом «БРФФИ–РГНФ-2014»;
- 8) совместный конкурс с Российским гуманитарным научным фондом на соискание грантов для молодых ученых «БРФФИ–РГНФ М-2014»;
- 9) совместный целевой конкурс с Российским гуманитарным научным фондом на выполнение проектов междисциплинарных (комплексных) исследований «К 70-летию Великой Победы (1945–2015)» «БРФФИ–РГНФ Ц-2014»;
- 10) 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»;
- 11) конкурс совместных научных проектов с Вьетнамской академией наук и технологий «БРФФИ–ВАНТ-2014»;
- 12) конкурс совместных научных проектов с Национальным центром научных исследований Франции «БРФФИ–НЦНИ (PICS)-2014»;
- 13) конкурс совместных проектов фундаментальных исследований с Государственным комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Армения «БРФФИ–ГКНАрм-2014»;
- 14) совместный тематический конкурс исследовательских проектов с Объединенным институтом ядерных исследований «БРФФИ–ОИЯИ-2014»;
- 15) конкурс совместных научных проектов с Национальным исследовательским фондом Кореи «БРФФИ–НИФК-2014»;
- 16) конкурс совместных научных проектов с Научно-технологическим фондом Монголии «БРФФИ–НТФМ-2014»;
- 17) конкурс совместных научных проектов с Румынской академией «БРФФИ–РА-2014».

По заданиям Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ) Фонд проводил конкурсную экспертизу научно-технических проектов, выполняемых в рамках международных договоров Республики Беларусь, по совместным конкурсам с Латвией, Украиной, Индией. В 2014 г. Фонд согласно приказу ГКНТ от 25.03.2014 № 103 начал финансирование 24 международных научно-технических проектов по результатам конкурсов «ГКНТ–Латвия», «ГКНТ–Казахстан», «ГКНТ–Сербия».

По итогам конкурсов исследовательских проектов, на которые были поданы 865 заявок, в том числе 178 заявок по трем конкурсам для молодых ученых, принято к финансированию соответственно 338 (39,1 %) и 108 (60,7 %) проектов (рис. 1).

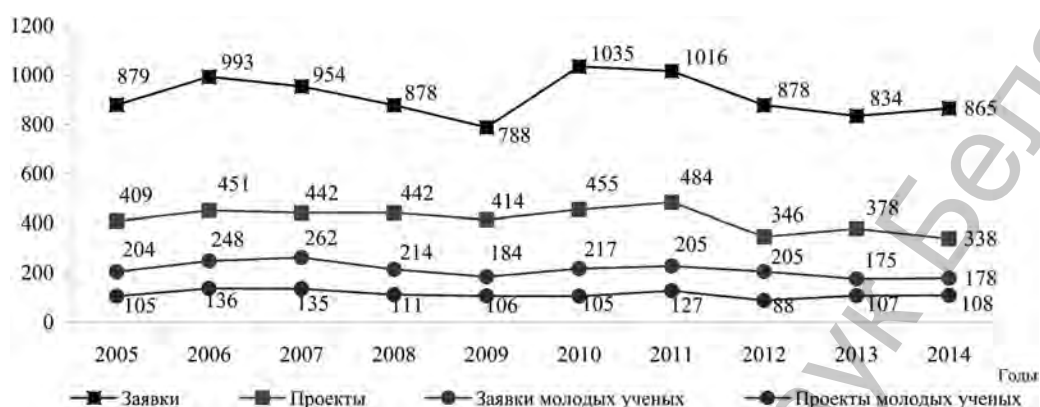


Рис. 1. Количество поданных заявок и принятых к финансированию проектов: 2005–2014 гг.

Из регионов Республики Беларусь финансируется 23,6 % проектов от их общего количества. Распределение всех принятых проектов по научным направлениям, в том числе проектов по конкурсам для молодых ученых «Наука М», «БРФФИ–РГНФ М» и «БРФФИ–Минобразования М», приведено на рис. 2 и 3, распределение по министерствам и ведомствам – на рис. 4.

Активно участвуют в выполнении проектов по грантам Фонда молодые ученые из организаций Министерства образования (рис. 4).

С учетом переходящих и принятых к финансированию в 2014 г. всего БРФФИ финансировалось 1050 проектов из 104 организаций Республики Беларусь (рис. 5), в том числе 300 проектов молодых ученых.

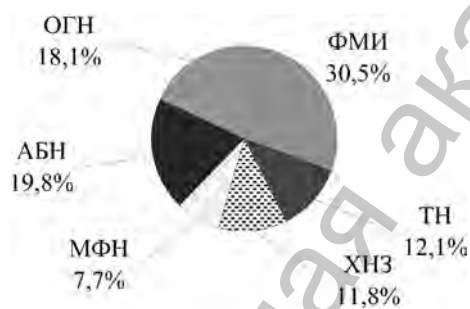


Рис. 2. Распределение принятых к финансированию в 2014 г. проектов по научным направлениям: ФМИ – физика, математика, информатика; ТН – технические науки; ХНЗ – химия и науки о Земле; МФН – медико-фармацевтические науки; АБН – аграрно-биологические науки; ОГН – общественные и гуманитарные науки



Рис. 3. Распределение принятых к финансированию в 2014 г. проектов молодых ученых по научным направлениям



Рис. 4. Распределение принятых к финансированию проектов по министерствам и ведомствам



Рис. 5. Количество финансируемых БРФФИ научных проектов: 2005–2014 гг.

Всего в выполнении проектов в 2014 г. участвовали 4396 научных сотрудников, в т. ч. 718 докторов наук, 1529 кандидатов наук. Из этого количества в выполнении молодежных проектов участвовали 867 человек, из них 188 имели ученую степень кандидата наук.

Распределение всех финансируемых в 2014 г. проектов по научным направлениям приведено на рис. 6, по министерствам и ведомствам – на рис. 7. Из регионов финансировалось 22,4 % проектов. Наибольшее количество проектов молодых ученых финансировалось из организаций Министерства образования – 57,0 %, НАН Беларуси – 23,7 %, Министерства здравоохранения – 13,3 %, других ведомств – 6,0 %.

Из 1050 финансируемых проектов 557, или 53,0 %, выполнялись совместно с учеными из зарубежных стран (рис. 5).

Наибольшее количество проектов с зарубежными учеными выполнялось по физике, математике и информатике – 36,2 %, а наименьшее – по медико-фармацевтическим наукам (рис. 8).

Распределение международных проектов по министерствам и ведомствам было следующим: НАН Беларуси – 65,4 %, Министерство образования – 31,6 %,

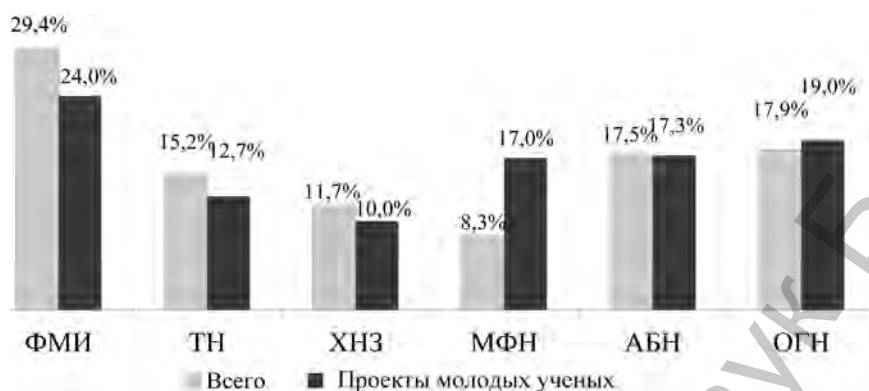


Рис. 6. Распределение финансируемых в 2014 г. проектов, в том числе молодых ученых, по научным направлениям

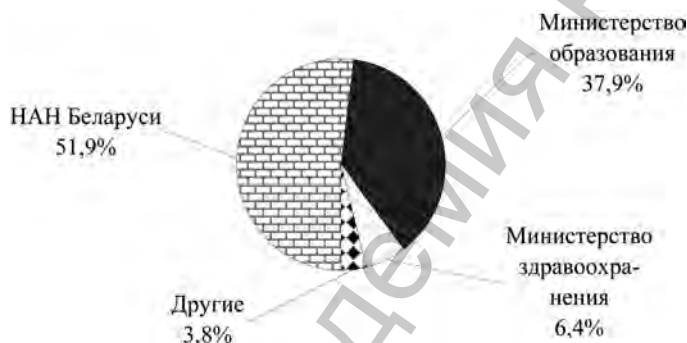


Рис. 7. Распределение финансируемых в 2014 г. проектов по министерствам и ведомствам

Министерство здравоохранения и Министерство сельского хозяйства и продовольствия – по 0,7 %, другие – 1,6 %. Всего в рамках проектов БРФФИ в 2014 г. белорусские ученые сотрудничали с зарубежными коллегами из 31 страны. Основное количество проектов выполнялось со странами СНГ – 73,2 %, среди них с Российской Федерацией – 52,1 % и Украиной – 12,7 %. Распределение проектов по странам в разрезе министерств и ведомств представлено в таблице.

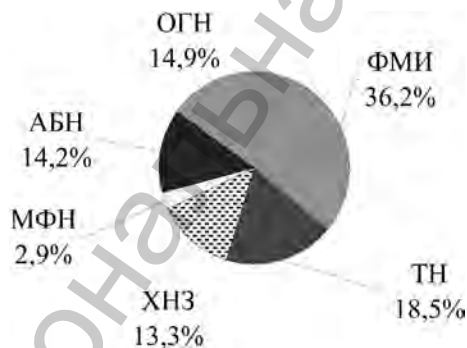


Рис. 8. Распределение финансируемых в 2014 г. международных проектов по научным направлениям

Распределение финансирувавшихся в 2014 г. международных научных проектов по странам в разрезе министерств и ведомств

Страна	Министерства, организации (кол-во организаций-исполнителей)									ИТОГО
	Минобразования (25)	НАН Беларуси (46)	Организации при Президенте (1)	Минздрав (3)	Минприроды (1)	Минсельхозпрод (2)	Минстройархитектуры (1)	МЧС (1)	Белкоопсоюз (1)	
Азербайджан	3	5								8
Армения	2	15								17
Болгария								1		1
Великобритания	2	3								5
Венгрия	1									1
Вьетнам	5	10					1			16
Германия	4	4				1				9
Грузия	1	1								2
Индия	1	2								3
Индонезия		3								3
Италия	1									1
Казахстан	5	4								9
Канада		1								1
Корея	3	8								11
Латвия	4	3								7
Литва	3	12		1	1				1	18
Молдавия	5	7		1						13
Монголия	1	9								10
Польша	3	7				1				11
Португалия	2	1								3
Румыния	4	15								19
РФ	96	187	2	2	2	1				290
Сербия	2	7								9
США		2								2
Турция		2								2
Украина	19	51	1							71
Финляндия	1	1								2
Франция	6	3				1				10
Чехия		1								1
Швейцария	1									1
Швеция	1									1
ИТОГО	176	364	3	4	3	4	1	1	1	557

Практическое использование результатов научных исследований. В 2014 г. завершено выполнение 363 проектов. По результатам их выполнения опубликовано 208 монографий, 2529 научных статей, в т. ч. 1043 в зарубежных изданиях, 1595 тезисов докладов, в т. ч. 1034 за рубежом, направлено в печать 750 научных трудов. Получено 33 патента на изобретения и подано 49 заявок. Издано также 157 других книжных изданий (научно-популярных, производственно-практических, справочных, учебных), препринтов, брошюр, методических разработок, ре-

комендаций, технических условий и др. Анализ количества публикаций показывает, что имеет место стабильность в масштабах публикационной активности, хотя в отдельные годы наблюдались незначительные колебания ее показателей (рис. 9).

Исполнительной дирекцией Фонда подведены итоги практической реализации завершенных проектов в виде экспериментальных и опытных образцов и партий, в заданиях государственных научно-технических программ и программ Союзного государства Беларуси и России, в сфере образования, в зарубежных контрактах и проектах, патентах и в материалах для государственных органов республики. Из 363 завершенных проектов практическую реализацию получили 253, или 69,7 %. По закончившимся проектам молодых ученых процент проектов с практической реализацией составил 84,6 %. Распределение проектов по областям практического использования приведено на рис. 10.

Основное количество реализованных проектов приходится на использование результатов исследований в сфере образования – в виде учебных пособий и лекционных и лабораторных материалов. Результаты каждого пятого завершеного проекта проверены в производственных и близких к ним условиях. В 2014 г. отмечен рост количества заключенных международных контрактов и проектов, но получено меньше патентов. Перечни проектов, имеющих инновационную направленность, разосланы 17 министерствам и ведомствам Республики Беларусь.

В качестве примеров практической реализации результатов завершенных в 2014 г. проектов фундаментальных исследований можно отметить следующие.

Разработаны теоретические основы расчета линейных и угловых размеров зон заражения для сильнодействующих ядовитых веществ, являющихся жидкостями, кипящими выше температуры окружающей среды, сжатыми и сжиженными газами в изменяющихся метеорологических условиях, а также методика их расчета. Предложен оригинальный способ расчета и визуализации зон заражения сильнодействующими ядовитыми веществами, созданы алгоритм и программное

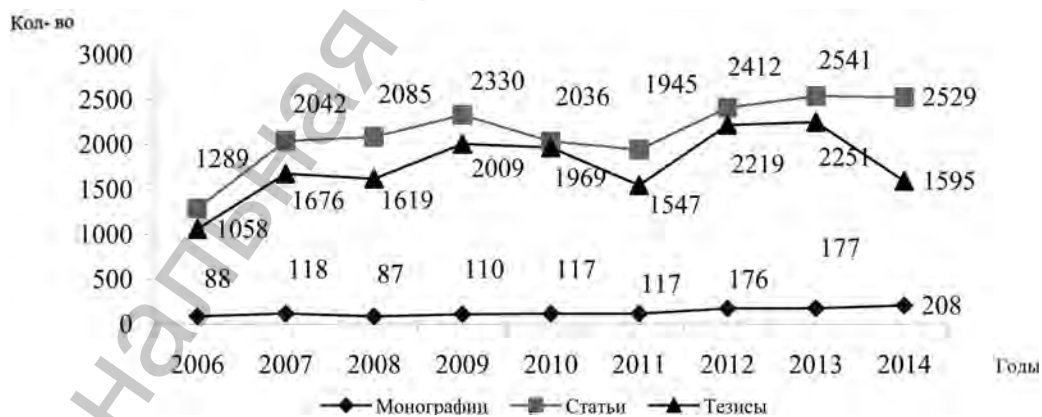


Рис. 9. Динамика публикаций по завершённым проектам БРФФИ: 2006–2014 гг.

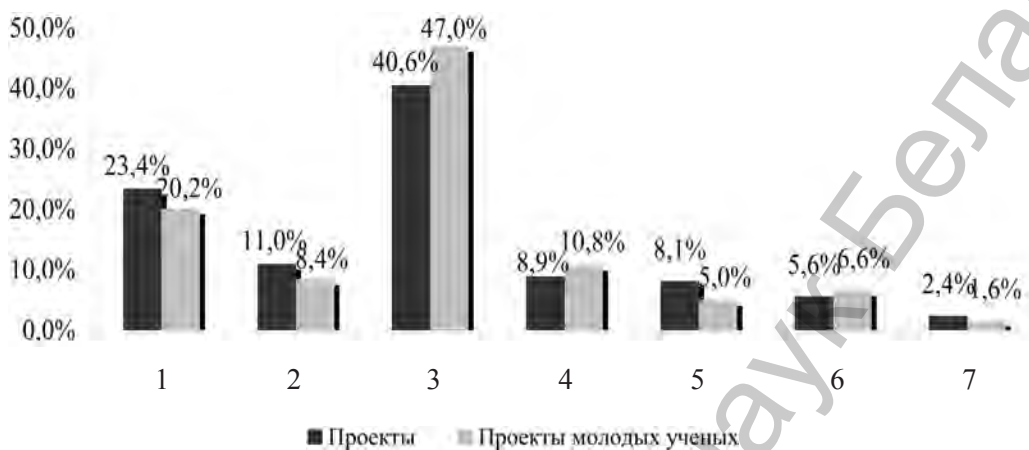


Рис. 10. Распределение завершенных проектов по областям практического использования полученных результатов: 1 – производство; 2 – ГНТП; 3 – образование; 4 – патенты; 5 – международные контракты и проекты; 6 – материалы для госорганов; 7 – базы данных, сайты

средство расчета их линейных и угловых параметров с визуализацией полученных результатов на электронных картах, позволяющие учесть изменение метеоусловий в ходе локализации и ликвидации чрезвычайной ситуации. Согласовано с Министерством по чрезвычайным ситуациям утверждение разработанного проекта технического нормативного правового акта по расчету зон заражения, результаты исследований использованы в лекционном курсе, подана заявка на получение патента на изобретение (Ф12М-009, рук. Д. С. Котов, БГУ).

Разработана программная модель принципиально новой системы мультиголосового синтеза речи по тексту, основанной на использовании синергетического эффекта от интеграции систем синтеза речи по тексту и конверсии голоса. Получены новые экспериментальные данные о вкладе различных фонетических элементов речи в индивидуальность звучания синтезированных голосов и о спектральных коррелятах индивидуальности звучания естественных голосов. Мультиголосовой синтезатор речи используется в ГУО «Молодечненская специальная общеобразовательная школа-интернат № 2 для детей с нарушениями зрения». Результаты также использованы в ГПНИ «Информатика и космос» и в учебном процессе (Ф12ОБ-053, рук. Б. М. Лобанов, ОИПИ НАН Беларуси).

Построена математическая модель, описывающая свободные и вынужденные колебания трехслойных стержней с учетом эффектов демпфирования в материалах слоев. Выведены дифференциальные уравнения движения с начальными и граничными условиями. Разработаны методики расчета динамических параметров (амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик, спектров собственных частот) и форм колебаний трехслойных стержней. Получены аналитические и числовые решения ряда начально-краевых задач о колебаниях трехслойных стержней при воздействии различных внешних нагрузок. Проведен анализ зави-

симости параметров колебаний от коэффициентов потерь энергии в материалах, геометрических и механических характеристик слоев, величины и формы нагрузки. В отличие от аналогичных исследований в данной области, при динамическом нагружении трехслойных стержней учтена диссипация энергии и локальный характер нагрузок. Методики динамического расчета трехслойных стержней использованы в ООО «МОКС» для расчета параметров колебаний слоистых стержневых конструкций при вибрационной нагрузке, что позволило рационально подобрать их форму и размеры, в ЧСУП «РаушенСтрой» для расчета прогибов и напряжений в трехслойных панелях, работающих в условиях динамического нагружения, что позволило оценить прочность и жесткость указанных панелей и дать практические рекомендации при их проектировании. Подана заявка на получение патента на изобретение (Ф12Р-051, рук. Э. И. Старовойтов, БГУТ совместно с НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Россия).

Разработан и введен в эксплуатацию мобильный лазерный спектрометр воздушного охлаждения с двухимпульсной лазерной абляцией исследуемого материала, предназначенный для проведения оперативного анализа накопления агрессивных веществ (соединения хлора, серы, углерода) и изменения химического состава строительных материалов и конструкций, оценки их прочностных характеристик. Разработаны специализированные методики экспрессного контроля химсостава бетонных материалов, смоделированы наиболее вероятные сценарии эволюции материала бетонных конструкций. Созданная аппаратура и методики апробированы для экспертизы строительных материалов в стационарных и полевых условиях. Проведена материаловедческая экспертиза конструктивных элементов Дворца национального олимпийского комитета (Ф12Р-193, рук. М. В. Бельков, Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси совместно с МГУ им. М. В. Ломоносова, Россия).

Разработаны методики и проведены натурные экспериментальные исследования динамической нагруженности кузова полувагона от сыпучего груза при соударении вагонов и действительных значений натяга напрессовок внутренних колец на шейки осей в условиях вагоноремонтных предприятий. Установлены экспериментальные зависимости динамического давления сыпучего груза на торцевую стену полувагона от скорости соударения вагонов, которые хорошо согласуются с теоретическими расчетами. Разработанная компьютерная модель вагона-цистерны использована для оценки прочности несущей конструкции в рамках обоснования продления срока службы вагонов при выполнении хоздоговора с Витебским вагонным депо на сумму 19860 тыс. руб., хоздоговора с «WESTGATE TRANSPORT OU» (Эстония) на сумму 5000 евро. Получено положительное решение на выдачу патента Республики Беларусь на полезную модель (Т12МВ-014, рук. А. В. Пулято, БГУТ).

Разработаны составы защитных керамических покрытий на шамотные, алюмосиликатные, магнезиальные, графитовые и другие огнеупоры (прочность сцепления покрытий с керамическим материалом составляет 2–3 МПа, термостой-

кость – не менее 20 циклов) для их защиты в конструкционных элементах теплотехнических установок с целью продления срока службы тепловых агрегатов, а также ремонта футеровок печей и др. Разработанные покрытия прошли промышленную апробацию в ОАО «Керамика» (г. Витебск), ОАО «Завод керамзитового гравия» (г. Новолукомль), ОАО «Минский моторный завод» для нанесения на огнеупоры различных теплотехнических агрегатов, которая показала увеличение срока службы футеровок в 1,5–2 раза. Планируется проведение масштабных промышленных испытаний на этих предприятиях с целью внедрения разработок в производство (Т12Р-007, рук. А. Т. Волочко, ФТИ НАН Беларуси совместно с Институтом структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, Россия).

Разработан новый метод формирования тонкопленочных слоев оксидов цинка и ванадия путем использования ионного ассистирования при магнетронном распылении, который позволяет получать наноструктурированные пленки без нагрева подложки. Разработанные пленки оксида цинка могут использоваться в качестве функциональных газочувствительных слоев газовых сенсоров, прозрачных проводящих слоев в микроэлектронике и солнечной энергетике, а пленки оксида ванадия – в качестве термо- и электрохромных слоев в электрохромных индикаторных панелях. Результаты исследований использованы при выполнении хоздоговора с ОАО «Интеграл» на сумму 270,0 млн руб. (Т12Р-191, рук. А. П. Достанко, БГУИР совместно с Технологическим институтом Южного федерального университета, Россия).

Разработаны новые высокопористые материалы с ячеистой макропористой структурой и композиционной микроструктурой на основе металлокерамических композиций, позволяющие по сравнению с материалами фирмы Novamet повысить параболическую константу окисления на порядок, предел текучести при сжатии на 30 % и наносить каталитически активные покрытия с адгезией, достаточной для работоспособности в условиях термоциклирования. Результаты исследований использованы при выполнении контрактов с фирмой ECN (Нидерланды), ИК СО РАН (Россия), при выполнении хоздоговоров с ОАО «Пеленг». Получен патент Республики Беларусь на способ получения высокопористого ячеистого материала (Т12СО-020, рук. А. Ф. Ильющенко, ИПМ НАН Беларуси совместно с Институтом катализа СО РАН, Россия).

Разработаны научные основы и технологические рекомендации по формированию биокерамических покрытий из порошков на основе гидроксипатита и оксидной керамики с модифицированием покрытий высокоэнергетическим воздействием, что позволяет по сравнению с известными аналогами формирования биокерамических покрытий создать биокерамическое покрытие с градиентным изменением процентного содержания аморфной фазы от подслоя к наружному слою (уменьшением с 35 до 18 %); за счет этого повысить прочность сцепления с основой в 1,25–1,5 раза (до 60 МПа); содержание гидроксипатита в покрытии довести до 90 %. Полученные экспериментальные образцы порошковых покры-

тий прошли лабораторные испытания с положительными результатами. Работки проекта защищены 3 патентами на изобретение, 3 патентами на полезную модель, подана 1 заявка на патент. Результаты исследований нашли дальнейшее развитие в программе Союзного государства Беларуси и России «Мониторинг-СГ» (X12МС-020, рук. Ф. И. Пантелеенко, БНТУ совместно с Варшавским техническим университетом, Польша).

Проведены исследования по определению рецептурного состава формовочных растворов на основе полисульфонов (ПСф, ПЭС) – диметилацетамид – порообразователь для получения композитных газоразделительных мембран для контакторов газ–жидкость. Установлена ранее неизвестная закономерность повышения проницаемости ПСф мембран после обработки органическими растворителями. Проведены исследования газопроницаемости полученных в ходе выполнения проекта композиционных мембран ПСф – поли[1-(триметилсилил)-1-пропин] (ПТМСП). Показано, что сплошной слой ПТМСП в композиционной мембране удается сформировать в результате трехкратного нанесения раствора полимера, при этом достигается идеальная селективность по разделению CO_2/N_2 . С учетом полученных корреляционных зависимостей проведена оптимизация процессов формования ультрафильтрационных мембран из ПСф путем введения в формовочный раствор вторичного (переосажденного) полимера, что позволило на 30 % повысить их гидравлическую проницаемость. Результаты использованы при выполнении хозяйственного договора с ООО «Мембраника» (Москва, РФ, 3,0 млн рос. руб.) (X12Р-056, рук. А. В. Бильдюкевич, ИФОХ НАН Беларуси совместно с Институтом нефтехимического синтеза РАН, Россия).

Охарактеризованы основные антропогенные факторы, оказывающие негативное влияние на ресурсы и качество пресных подземных вод Минской агломерации, выполнен анализ динамики изменения уровня и гидрогеохимического режимов подземных вод на разных этапах развития агломерации. Установлено, что наибольшему риску истощения ресурсов подземных вод подвержен верхнепротерозойский водоносный комплекс, обоснована оптимальная величина водоотбора из него. Максимальными рисками антропогенного загрязнения и негативного влияния на сток малых рек характеризуется днепровско-сожский водоносный комплекс, являющийся основным эксплуатационным горизонтом в пределах Минского региона. Показано, что наблюдаемые в настоящее время процессы загрязнения и истощения ресурсов не являются необратимыми. Предложены методы управления ресурсами и качеством подземных вод Минской городской агломерации. Результаты исследований реализованы в заключенном хозяйственном договоре с КУП «Молодечноводоканал», в материалах для государственных органов (X12Р-112, рук. А. В. Кудельский, Институт природопользования НАН Беларуси совместно с Институтом геоэкологии РАН, Россия).

Проведена реконструкция и топологический анализ глобальных, а также индивидуальных регуляторных сетей генов RUNX1 , RUNX1T1 и RUNX1/RUNX1T1 , функционирующих в нормальных клетках гемопоэтического происхождения,

а также клетках положительной по транслокации $t(8;21)(q22;q22)$ формы острого миелоидного лейкоза человека. Установлено, что гены *RUNX1* и *RUNX1/RUNX1T1* занимают ключевые позиции в сети генных регуляций в лейкозных клетках и могут быть классифицированы как гены-регуляторы высокого уровня или хабы. Проведенное исследование является первой системной работой такого рода по изучению положительной по транслокации $t(8;21)(q22;q22)$ формы острого миелоидного лейкоза человека. Разработан пакет компьютерных программ, позволяющий реконструировать, оптимизировать и проводить топологический анализ сетей генной регуляции. Результаты внедрены в научную практику РНПЦ детской онкологии, гематологии и иммунологии, в учебный процесс БГУ (M12-071, рук. В. В. Гринев, БГУ).

Разработан новый метод выявления свободного холестерина с помощью флуоресцентной микроскопии, позволяющий по сравнению с иммуногистохимическим методом снизить материальные затраты на окраску одного гистологического препарата на 53,76 %. Впервые установлено, что в общем покрове млекопитающих и человека существует единый комплекс тесно взаимосвязанных структур, которые активно синтезируют и накапливают липиды. Впервые получены морфометрические и гистохимические данные, раскрывающие особенности микроскопического строения, локализации, гистологических изменений липидсодержащих структур млекопитающих (крысы, свиньи) и человека в зависимости от топографии и половой принадлежности в норме и при патологии. Впервые с помощью флуоресцентной и конфокальной микроскопии выявлены локализация свободного холестерина, распределение нейтральных и полярных липидов в коже млекопитающих и человека в норме, а также в зоне псориазической бляшки у пациентов с псориазом в стадии обострения. Полученные данные используются для диагностики псориаза в клинической практике УЗ «Витебский областной кожно-венерологический диспансер», дерматологическом центре «Феофания» (Киев, Украина). Результаты исследования внедрены в образовательный процесс (M12M-070, рук. И. С. Соболевская, ВГМУ).

Впервые установлены фазы нарушения состояния плода (адаптация, компенсация и декомпенсация) при введении утеротонического средства, определены их временные границы и параметры кислотно-основного состояния плода, а также значения лактата околоплодных вод в норме и при дистрессе плода в родах. Впервые определены топографические признаки гиперстимуляции сократительной деятельности матки, разработана ее классификация, выявлены гистерографические различия спонтанных и индуцированных утеротоническим средством схваток. Предложен метод оценки состояния плода по содержанию лактата в амниотической жидкости, позволяющий повысить специфичность основного метода диагностики дистресса плода – кардиотокографии на 33,6 %. Впервые разработана схема предотвращения дистресса плода при использовании утеротонических средств во время родов. Метод диагностики дистресса плода по концентрации лактата околоплодных вод прошел клинические испытания на базе учрежде-

дений здравоохранения с положительным результатом. Результаты исследований использованы в учебном процессе (М12М-153, рук. Е. В. Шилкина, БелМАПО).

Впервые получены секреторно-эксcretорные и соматические антигены нематод диких копытных животных. Впервые на основании результатов изучения их биологических свойств для ранней иммунодиагностики нематодозов диких копытных предложены РИД, РНГА, ИФА. При этом диагностическая эффективность тест-системы в РНГА составила 85 %, методом флотации – 65 %. Специфичность РНГА и метода флотации составила 100 %. Тест-система для иммуноферментного анализа с использованием соматического антигена для выявления нематод обладает чувствительностью 89,5 % и специфичностью 100 %. Применение адекватных антигельминтных препаратов на основе результатов ранней иммунодиагностики гельминтозов позволит увеличить биомассу диких копытных животных на 10–20 %, повысить рождаемость молодняка на 5 %. На основании результатов исследований разработаны методические рекомендации по ранней диагностике гельминтозов животных, внедренные в Свислочском районе Гродненской области для использования в природоохранных и сельскохозяйственных мероприятиях. По результатам исследований подготовлена заявка на получение патента на изобретение (Б12-004, рук. С. В. Полоз, НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам).

Впервые в Республике Беларусь изучено влияние загрязненности тяжелыми металлами мест обитания клещей на их биологию и зараженность патогенными агентами. Показано, что в условиях потепления климата расширяется ареал иксодовых клещей. Описана новая для Беларуси нозоформа – гранулоцитарный анаплазмоз человека (ГАЧ). Впервые проведено исследование пастбищных клещей на зараженность новыми и малоизвестными для Беларуси возбудителями инфекций методом ПЦР, позволившим выявить в одном клеще всех возбудителей инфекций, которых получают клещи всех фаз развития в процессе кровососания на разных видах животных. Установлено, что в клещах *I. ricinus* белорусской популяции зарегистрированы генетические маркеры еще 7 патогенов (анаплазмы, эрлихии, риккетсии, бабезии, клещиеллы, бартонеллы, туляремийные микробы), которые раньше в стране не регистрировались. Данные о множественной зараженности клещей *I. ricinus*, широко распространенных по всей территории Беларуси, вирусами, боррелиями, риккетсиями и простейшими переданы в ЦГЭиОЗ МЗ Республики Беларусь. Результаты использованы для диагностики ГАЧ в инфекционной клинической больнице Минска (Б12-091, рук. Н. П. Мишаева, РНПЦ эпидемиологии и микробиологии МЗ Республики Беларусь).

Разработан новый нетравматичный метод раннего формирования высокопродуктивных маточных стад осетровых рыб в аквакультуре на основе ультразвуковых, гормональных и биохимических исследований. Впервые составлен атлас эхографических снимков развития гонад осетровых рыб, культивируемых в аквакультуре Беларуси. Атлас будет использоваться специалистами аквакультуры

в рыбоводных индустриальных комплексах Беларуси по выращиванию ценных видов рыб. Результаты исследований используются при выполнении хозяйственных работ по бонитировке ремонтно-маточных стад веслоноса с Институтом рыбного хозяйства НПЦ НАН Беларуси по животноводству. Практическая реализация результатов исследований осуществляется в рамках проекта международной технической помощи Европейского союза «Инновационные методы и технологии устойчивого развития аквакультуры в регионе Балтийского моря» (сумма финансирования – 120 тыс. евро). Результаты исследований нашли дальнейшее развитие в проекте, финансируемом за счет средств инновационного фонда Министерства сельского хозяйства и продовольствия (сумма финансирования – 330 млн руб.) (Б12М-148, рук. Н. В. Барулин, БГСХА).

Разработан метод оценки эмиссии углекислого газа на основе биохимического теста, позволяющий без использования дорогостоящих приборов определять ее интенсивность и нормировать антропогенную нагрузку при ведении сельскохозяйственного производства. Разработан алгоритм подбора основных субоптимальных агротехнологических приемов для эффективного использования торфяных почв различных стадий трансформации, позволяющий снять ограничения на способы и интенсивность сельскохозяйственного использования торфяных почв; получать уровень продуктивности до 8 т к.ед/га и выше; сохранять органическое вещество (более 1–2 т/га в год) при интенсификации растениеводства; снизить затраты на сельхозпроизводство на 25–30 %; увеличить межремонтные периоды мелиоративной сети при полноценном высокоэффективном использовании осушенных торфяных почв между ремонтами и реконструкциями, что позволяет дополнительно в течение 5–7 лет поддерживать в работоспособном состоянии 10–30 % площадей, что на этот срок идентично эффекту от их реконструкции с затратами 1,5 тыс. долл. США/га. Алгоритм подбора комплекса основных субоптимальных агробiotехнологических приемов апробирован в РУП «Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства» на площади 1 тыс. га. Результаты исследований лягут в основу разработки технологии создания плодородного агроторфяного слоя и эффективного его использования при сохранении плодородия в рамках ГП «Торф» на 2008–2010 гг. и на период до 2020 г. и систем земледелия на торфяных почвах в рамках ГНТП «Агропромкомплекс – устойчивое развитие». Потенциальная площадь внедрения около 1,0 млн га с экономическим эффектом около 30 долл. США/га. По результатам исследований подана заявка на получение патента на изобретение (Б12Р-167, рук. Л. Н. Лученок, РНДУП «Институт мелиорации» совместно с Институтом физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Россия).

Выявлен новый механизм протекторного действия полиаминов на растения в стрессовых условиях, заключающийся в поддержании кальциевого и свободно-радикального баланса. Создана новая концепция защитного влияния полиаминов, согласно которой полиамины обладают способностью устранять избыток гидроксильных радикалов в клетке, не блокируя при этом их сигнальную функ-

цию. Также установлено, что полиамины стимулируют экспрессию важнейших генов, ответственных за стрессоустойчивость у растений. Полученные результаты не имеют аналогов за рубежом и впервые в мире показывают механизм влияния полиаминов на ранние стрессовые реакции растительных клеток. Результаты позволяют начать направленный отбор линий сельскохозяйственных растений с увеличенной экспрессией генов, кодирующих системы биосинтеза полиаминов. Такие линии будут обладать повышенной устойчивостью к целому комплексу стресс-факторов (патогенам, пониженным температурам, засолению и др.), что позволит значительно увеличить урожайность и сохранность плодов. Результаты исследования использованы в проекте, финансируемом Евросоюзом (сумма финансирования – 45600 евро), при выполнении работ по заданию ГПНИ «Конвергенция» (Б12У-001, рук. В. В. Демидчик, БГУ).

Впервые в Республике Беларусь разработана комплексная компьютерная программа по коррекции устной речи учащихся с нарушением слуха, позволяющая проводить коррекционно-развивающую работу с детьми с нарушением слуха по двум тесно взаимосвязанным направлениям: развитие слухового восприятия и развитие устной речи; осуществлять наглядное речевое моделирование; определять последовательность заданий, их выбор и повтор с учетом индивидуальных особенностей каждого ученика; сделать процесс обучения интерактивным; сформировать мотивацию и осознанное отношение к коррекционным занятиям; повысить эффективность восприятия и воспроизведения устной речи детьми с нарушением слуха младшего школьного возраста. Разработанная программа успешно апробирована и внедрена в учебный процесс ГУО «Средняя общеобразовательная школа № 91 г. Минска имени Хосе Марти», ГУО «Средняя школа № 3 г. Несвижа». Результаты исследования использованы в процессе лекционных, практических и лабораторных занятий в БГПУ (Г12М-095, рук. Н. Е. Павлович, БГПУ).

В рамках совершенствования системы мер стимулирования инвестиционной деятельности разработаны предложения по конкретизации условий возмещения юридическим лицам части процентов за пользование банковскими кредитами. Предложен механизм реинвестирования средств, полученных государством от реализации хозяйственных обществ (пакетов акций), в развитие приватизируемых предприятий. Внесены предложения по внедрению дифференцированного подхода к оказанию финансовой поддержки инвестиционной деятельности субъектов малого и среднего бизнеса в зависимости от уровня технологичности производств и наукоемкости услуг. Рекомендованы новые формы кредитования инвестиционных проектов в рамках модернизации отечественных предприятий на основе проектного финансирования. Разработана методика эффективности государственного заказа, позволяющая определить результативность его функционирования на этапе формирования, размещения, выполнения. Построена статистическая модель, отражающая зависимость валового внутреннего продукта Республики Беларусь от величины государственных инвестиций, собственных средств

организаций, кредитов банков и прочих источников финансирования. Результаты исследования использованы при подготовке комплексных рекомендаций по стимулированию роста валового регионального продукта г. Минска в 2013–2015 гг. (Г12М-104, рук. Е. В. Преснякова, Институт экономики НАН Беларуси).

Адаптирована к белорусским условиям концепция контроллинга, новизна которой состоит в рассмотрении контроллинга как сервисной подсистемы, направленной на обеспечение информационно-методической, организационной и аналитической поддержки менеджмента предприятия; обосновании места контроллинга в отечественной системе управления предприятием. Разработана методика оценки эффективности управленческих решений, принимаемых в режиме контроллинга, основанной на анализе финансового состояния и рыночного положения предприятия в виде матрицы эффективности функционирования предприятия, характеризующей результативность принятых управленческих решений. Разработан механизм контроллинга на предприятиях, который в отличие от существующих включает: а) систему квалиметрических показателей (рентабельность собственного капитала, рентабельность продукции, зона безопасности, эффект финансового рычага и интегрированный индикатор рыночной деятельности предприятия; б) методическую и инструментальную базу контроллинга (инструменты анализа и объекты анализа); в) алгоритм принятия управленческих решений и оценку чувствительности ключевых контролируемых параметров деятельности предприятия к управленческим воздействиям. Предлагаемый механизм отличается его встроенностью в общую систему управления белорусских предприятий, сбалансированностью структурных элементов, возможностью выбора сценариев управленческого поведения в зависимости от рыночного положения предприятия и высокой адаптивностью к имеющемуся ресурсному потенциалу предприятия. Это позволяет обеспечить вариативность возможных моделей механизма контроллинга и уменьшить издержки по достижению сбалансированности управленческих решений в системе управления предприятием. Результаты исследования нашли практическое применение в учебном процессе БГЭУ, в СООО «Инструменткомплект», ООО «Большая типография», УП «АвтопривозТрейдинг», Ельском районном исполнительном комитете (Г12М-116, рук. О. А. Балабанович, БГЭУ).

Изучены и классифицированы основные мотивы и причины агрессивного поведения подростков. Выделены типы подростков по признаку уровня и динамики проявления агрессивных форм поведения, разработаны коррекционно-развивающие упражнения для каждой группы подростков. Разработана модель социально-педагогической поддержки гуманистических установок подростков как условия преодоления агрессивного поведения, создана модель готовности студента к работе с подростками, склонными к агрессивному поведению, базирующаяся на внедрении и использовании различных игровых форм и методов социально-педагогической поддержки. Полученные результаты внедрены в учебно-воспитательный и образовательный процессы СШ № 13 г. Гродно, в воспита-

тельный процесс гимназии № 1 г. Скиделя, средних школ № 1 и № 2 г. Скиделя, а также нашли отражение в практической работе сотрудников центра творчества детей и молодежи в ходе организации обучающих семинаров для педагогов, психологов и социальных педагогов школ (Г12М-143, рук. А. И. Экстерович, ГрГУ).

Впервые в отечественной науке разработана искусствоведческая концепция общественного пространства как объекта архитектуры, ориентированная на возрождение традиционных для исторических городов социально-коммуникативных функций и новейшие идеи урбанистического развития. Материалы, результаты и выводы исследования могут быть использованы в архитектурной практике при разработке градостроительных проектов развития городов, совершенствовании системы коммуникаций, модернизации исторических центров и районов массовой индустриальной застройки, ревитализации заброшенных промышленных объектов и территорий, создании и реконструкции рекреационных зон, проектировании новых жилых районов и объектов общественной архитектуры, а также в системе образования, в научно-практическом обеспечении туризма. Ряд результатов исследования были использованы сотрудниками ЧУП «Эльба-Строй» в 2013–2014 гг. при разработке проектных решений объектов на территории России; рекомендации по формированию общественных зон, разработанные в ходе исследований, учтены ОДО «Бетастройпроект» при разработке проектов зданий в г. Минске (Г12ОБ-009, рук. А. С. Шамрук, ЦИБКЯЛ НАН Беларуси).

В рамках совершенствования системы мер макроэкономического регулирования предпринимательства разработаны рекомендации по стимулированию предпринимательской активности и деловой инициативы. Разработаны меры денежно-кредитной, бюджетно-налоговой, инвестиционной и инновационной политик, которые позволят увеличить долю частного сектора в ВВП и будут способствовать формированию конкурентной среды в экономической системе Беларуси. Предложено создание банка развития для малого и среднего предпринимательства, разработан механизм функционирования инвестиционного фонда на принципах софинансирования государственного и частного капиталов. Обоснована необходимость создания специализированного фонда предоставления кредитных гарантий для малого и среднего бизнеса. С целью развития инвестиционного банкинга и расширения вариантов партнерского сотрудничества банков и предпринимательских структур предложено внедрить в практику схему прямого участия банков в капитале компаний. Сделаны предложения по инвестиционному взаимодействию предпринимательских структур России, Беларуси и Казахстана в рамках Единого экономического пространства и разработаны предложения по улучшению делового и инвестиционного климата Республики Беларусь. Предложено внедрить процесс краудсорсинга в практику государственного регулирования предпринимательской деятельности как эффективную форму содействия реализации проектов и принятия нормативно-правовых актов со стороны делового общества посредством современных технологий. Результаты исследования использованы при подготовке комплексных рекомендаций по стимулированию

роста валового регионального продукта г. Минска (в рамках выполнения хозяйственного договора), подготовке комплексных рекомендаций по налоговому стимулированию предпринимательства для органов государственного управления ОО «Белорусский союз налогоплательщиков», а также подготовке аналитических материалов и практических рекомендаций по стимулированию предпринимательства для органов государственного управления (Г12ОБ-059, рук. А. Н. Тур, Институт экономики НАН Беларуси).

Разработана философско-педагогическая концепция совершенствования содержания образования в Республике Беларусь в контексте становления информационных технологий как основного образовательного ресурса. В концепции нашли свое выражение философско-методологические основания адаптации существующих образовательных стандартов и программ в условиях конвергенции традиционного и электронного образования, выработка принципов компактификации объема знаний и повышения уровня медиакомпетентности учащихся. Результаты исследования нашли применение в подготовке научно-аналитического доклада «Человек в пространстве электронных сетевых коммуникаций: проблемы адаптации, риски, принципы общественно-государственного управления», который направлен в Администрацию Президента Республики Беларусь, Совет Министров Республики Беларусь, Министерство связи и информатизации, Министерство образования, Министерство культуры. Материалы и выводы НИР использованы в лекционных курсах, подготовлено электронное учебное пособие для студентов и магистрантов. Получен патент на изобретение (Г12ОБ-068, рук. В. П. Старжинский, Институт философии НАН Беларуси).

С использованием результатов завершенных проектов Фонда с предприятиями и организациями республики заключено хозяйственных договоров на 4368,7 млн руб. Выполнялось или выполняется международных проектов и контрактов на 291,1 тыс. евро, 328,2 тыс. долл. США и 3840 тыс. российских рублей. По объему привлеченных средств (заключенные контракты и международные проекты) лидируют проекты в области физики, математики и информатики, аграрно-биологических наук, технических наук. Далее следуют проекты в области химии и наук о Земле, общественных и гуманитарных наук и медико-фармацевтических наук. Помимо практической реализации, результаты 202 (55,6 %) завершенных проектов нашли дальнейшее развитие в государственных программах научных исследований.

По итогам конкурса издательских проектов в 2014 г. бюро Научного совета БРФФИ выделило 2 гранта на издание монографий, а также на издание 4 номеров журнала «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и сборника «Основные результаты фундаментальных исследований и предложения по перспективам их использования» на русском и английском языках. Оказана финансовая поддержка в проведении 9 международных научных конференций.

Международное и региональное сотрудничество. В отчетный период Фонд продолжал развивать международное научное сотрудничество, реализуя ранее

подписанные соглашения, инициируя заключение новых договоров, расширяя географию выполняемых международных научных проектов (см. таблицу).

В январе 2014 г. в ходе празднования 80-летия НАН Беларуси состоялись встречи и переговоры с представителями ряда партнерских организаций: Сибирского отделения РАН, Российского фонда фундаментальных исследований, АО «Фонд науки» Республики Казахстан, НАН Азербайджанской Республики. Были обсуждены состояние и перспективы сотрудничества в области конкурсной поддержки научных исследований, достигнуты определенные договоренности.

Так, по итогам переговоров с делегацией Сибирского отделения РАН стороны предварительно договорились о проведении во второй половине года очередного совместного конкурса «НАНБ–СО РАН» при участии БРФФИ.

С представителями РФФИ подписан Дополнительный договор № 2 к Соглашению о сотрудничестве, регламентирующий порядок организации конкурсов научных проектов белорусских и российских молодых ученых. Прорабатывался вопрос о возможности подготовки и подписания Дополнительного договора № 3 о финансовой поддержке междисциплинарных (комплексных) исследований белорусских и российских ученых.

На переговорах с представителем АО «Фонд науки» Республики Казахстан в целях подготовки совместного конкурса казахстанской стороне переданы проекты соответствующих нормативных документов, подготовленные Исполнительной дирекцией БРФФИ.

В ходе визита в Кишинев (март 2014 г.) председатель Научного совета БРФФИ принял участие в рабочем совещании по рамочной программе «Горизонт-2020». Состоялась встреча с президентом АН Молдовы Г. Г. Дукой, во время которой обсуждены ход выполнения белорусско-молдавских проектов в рамках совместного конкурса БРФФИ и АН Молдовы, а также перспективы проведения очередного конкурса в октябре 2014 г. В ходе этого же визита с представителем Фонда Шота Руставели (Грузия) обсужден вопрос о возможности налаживания сотрудничества и проведения совместных конкурсов.

В составе делегации ГКНТ председателем Научного совета БРФФИ осуществлены визиты в Вильнюс и Ригу (апрель 2014 г.). Состоялись переговоры с вице-министром Министерства образования и науки Литовской Республики, президентом Литовской академии наук, а также с президентом Латвийской академии наук и председателем Латвийского совета по науке. Подписано Соглашение о научном сотрудничестве между БРФФИ и Латвийским советом по науке, обсуждены перспективы поддержки исследований белорусских и латвийских ученых.

В ходе визита председателя Научного совета БРФФИ в Ханой (август 2014 г.) проведены переговоры с руководителями научных организаций Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ) на предмет расширения сотрудничества с белорусскими учеными, в том числе и по линии реализации заключенного Со-

глашения о научном сотрудничестве между БРФФИ и ВАНТ в рамках ежегодных совместных конкурсов.

В октябре 2014 г. в Баку состоялось заседание Совместной комиссии по конкурсам с участием представителей Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики (ФРНА) и БРФФИ. Было обсуждено состояние сотрудничества в рамках действующего Соглашения и выполнение финансирующихся совместных проектов. Достигнута договоренность об объявлении очередного конкурса научных проектов БРФФИ и ФРНА. Принято решение охватить по конкурсу весь спектр научных направлений и установить окончательный срок представления заявок – 27 декабря 2014 г. По итогам заседания Совместной комиссии подписан протокол. Полученные результаты исследований ученых обеих стран были доложены на 1-й азербайджано-белорусской научной конференции, организованной ФРНА и БРФФИ (21–22 октября 2014 г., Баку). С белорусской стороны в работе конференции приняли участие 10 ученых, из них 8 исполнителей совместных проектов.

В соответствии с Договором о научном сотрудничестве между НАН Беларуси и Сибирским отделением РАН и во исполнение Протокола об объявлении очередного конкурса интеграционных проектов на 2015–2017 гг. (подписанного 22 октября 2014 г. в Новосибирске) в ходе визита в Минск председателя Сибирского отделения РАН А. Л. Асеева (ноябрь 2014 г.) обсуждены вопросы приоритетных научных направлений, сроков и объемов финансирования проектов по очередному совместному конкурсу. Все организационные мероприятия по проведению конкурса и реализации отобранных проектов будут осуществляться через БРФФИ.

Фондом выделено 9 грантов для участия исполнителей проектов в международных научных мероприятиях, проводимых в Великобритании, Венгрии, Турции, Болгарии, Чехии, Португалии, Польше, Корее.

Проводилась дальнейшая работа по расширению регионального сотрудничества Фонда с областями республики, с приграничными областями Беларуси и России по проблемам общественно-гуманитарного и экономического профиля, сотрудничества Беларуси, России и Украины по актуальным межрегиональным научным проблемам природопользования и экологии. Продолжилось сотрудничество с Витебским и Брестским областными исполнительными комитетами по решению актуальных региональных проблем. Уделялось внимание укреплению сотрудничества с Министерством образования Республики Беларусь, расширению возможности участия научной молодежи в проектах БРФФИ.

Конкурсы БРФФИ на 2015 год. В 2014 г. БРФФИ были объявлены следующие конкурсы проектов фундаментальных исследований: тематический конкурс «Наука-2015», конкурс на соискание грантов для молодых ученых «Наука М-2015», конкурс на соискание грантов развития «Ученый-2015», конкурс проектов, выполняемых в контакте с зарубежными учеными «Наука МС-2015», совместный конкурс с Российским гуманитарным научным фондом «БРФФИ–

РГНФ-2015», совместный конкурс с РГНФ на соискание грантов для молодых ученых «БРФФИ–РГНФ М-2015», совместный двусторонний межрегиональный конкурс в приграничных Витебской, Могилевской, Псковской и Смоленской областях по приоритетным для Российской Федерации и Республики Беларусь научным проблемам общественно-гуманитарного и экономического профиля «БРФФИ–РГНФ(ПР)-2015», совместный конкурс с Российским фондом фундаментальных исследований для молодых ученых «БРФФИ–РФФИ М-2015», совместный тематический конкурс с Объединенным институтом ядерных исследований «БРФФИ–ОИЯИ-2015», конкурс совместных проектов с Академией наук Молдовы «БРФФИ–АНМ-2015», совместный конкурс с Вьетнамской академией наук и технологий «БРФФИ–ВАНТ-2015», совместный конкурс с Национальным исследовательским фондом Кореи «БРФФИ–НИФК-2015», совместный конкурс с Научно-технологическим фондом Монголии «БРФФИ–НТФМ-2015», совместные конкурсы с Национальным центром научных исследований Франции «БРФФИ–НЦНИ-2015» и «БРФФИ–НЦНИ (PICS)-2015», конкурс совместных научных проектов с Фондом развития науки при Президенте Азербайджанской Республики «БРФФИ–ФРНА-2015», совместный тематический конкурс проектов фундаментальных и прикладных научных исследований с Витебским областным исполнительным комитетом «БРФФИ–Витебск-2015». По заданиям ГКНТ Фондом проведена также экспертиза 34 заявок по международным конкурсам «ГКНТ–Литва», «ГКНТ–Вьетнам».

Всего на конкурсы БРФФИ и ГКНТ подана 671 заявка, в том числе 242 заявки по 3 конкурсам для молодых ученых. Из организаций НАН Беларуси подано 42,1 % от общего количества заявок, Министерства образования – 44,2 %, Министерства здравоохранения – 7,4 %, других министерств и ведомств – 6,3 %. Из регионов Республики Беларусь подано 30,2 % заявок.

Заключение. В целом в 2014 году БРФФИ работал стабильно. Возросло число принятых к финансированию проектов по секции физики, математики и информатики (30,4 %). Стабильно высоко число принятых к финансированию проектов по секциям аграрно-биологических и медико-фармацевтических наук, в общем числе новых проектов их доля составляет 27,5 %. В результате создаются условия для обеспечения этих принципиально важных для национальной безопасности страны направлений. Возрастает количество заявок и принятых проектов по секции общественных и гуманитарных наук, отражающих важность развития научных подходов в воспитании мировоззрения, обеспечении идеологической составляющей общественного развития, исследованиях исторического наследия как основы патриотического воспитания граждан, дальнейшем развитии в области экономики, права, политологии и социологии. До 84,6 % возросло число завершенных проектов с практической реализацией полученных результатов у молодых ученых. Число научных публикаций в расчете на один проект (с учетом монографий, опубликованных статей, тезисов докладов, посланных в печать статей, патентов) составило 14,1, а по научным статьям 7,0.

В отчетном году проведена частичная модернизация материально-технической базы исполнительной дирекции Фонда, от Президиума НАН Беларуси получены 6 новых компьютеров. Начата модернизация автоматизированной информационной системы Фонда, которая, в частности, позволит реализовать электронный способ подачи заявок и их регистрации с автоматическим контролем правильности заполнения документов, а также даст возможность грантодержателям пользоваться личным интернет-кабинетом для доступа к информации по проекту.

ИТОГИ КОНКУРСОВ

ПЕРЕЧЕНЬ НАУЧНЫХ ТРУДОВ, ИЗДАНЫХ ПРИ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКЕ БРФФИ В 2014 г.

1. Дудчик Н. В., Шевляков В. В. Антимикробные свойства биологически активных веществ растений и методы их оценки. – Минск: РИВШ, 2014. – 165 с.

2. Голубев А. П. Самооплодотворение у пресноводных легочных моллюсков. Количественная оценка и адаптивное значение. – Минск: Право и экономика, 2014. – 221 с.

КОНФЕРЕНЦИИ И СЕМИНАРЫ, ПОДДЕРЖАННЫЕ БРФФИ В 2014 г.

1. Международная научно-практическая конференция «Конституция – Основной Закон белорусского государства и общества (к 20-летию принятия)» (Минск, 11–12 марта), Белорусский государственный университет.

2. X Международная научно-практическая конференция «Государственное регулирование экономики и повышение эффективности деятельности субъектов хозяйствования» (Минск, 10–11 апреля), Академия управления при Президенте Республики Беларусь.

3. XVI Международная научная конференция по дифференциальным уравнениям «Еругинские чтения–2014» (Новополоцк, 19–24 мая), Полоцкий государственный университет.

4. Международная научная конференция «Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем» (Минск, 17–20 июня), Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси.

5. XV Международная научная конференция «Взаимодействие литератур в мировом литературном процессе. Проблемы теоретической и исторической поэтики» (Гродно, 18–20 сентября), Гродненский государственный университет им. Я. Купалы.

6. II Международная научная конференция «Оптика кристаллов» (Мозырь, 23–26 сентября), Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина.

7. IV Международная научная конференция «Наноструктурные материалы–2014: Беларусь–Россия–Украина» (Минск, 7–10 октября), Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению.

8. VI Международная научная конференция «Материалы и структуры современной электроники» (Минск, 8–9 октября), Белорусский государственный университет.

9. Международная научно-практическая конференция «Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве» (Минск, 23–24 октября), Белорусский государственный аграрный технический университет.

КОНКУРСЫ БРФФИ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА

УТВЕРЖДЕНО

Постановление Бюро Президиума

Национальной академии наук Беларуси

26.01.2015 № 22

УСЛОВИЯ

**совместного конкурса проектов фундаментальных исследований
Национальной академии наук Беларуси и Сибирского отделения
Российской академии наук «НАНБ (БРФФИ)–СО РАН-2015»**

Общие положения

1. Национальная академия наук Беларуси (далее – НАН Беларуси) и Сибирское отделение Российской академии наук (далее – СО РАН) в соответствии с Договором о научном сотрудничестве между Национальной академией наук Беларуси и Сибирским отделением Российской академии наук от 22 января 2009 г. и во исполнение Протокола по итогам визита делегации Сибирского отделения Российской академии наук в г. Минск от 23 января 2014 г. объявляют совместный конкурс проектов фундаментальных исследований «НАНБ (БРФФИ)–СО РАН-2015» с целью консолидации усилий академий наук для финансирования научных исследований, выполняемых совместно учеными Республики Беларусь и Российской Федерации по актуальным для обеих сторон научным направлениям, в частности, для белорусской стороны – соответствующим перечню, утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585.

2. Конкурс проводится в следующих тематических областях:

биотехнологии и технологии для медицины;

новые материалы и перспективные области их применения;

химия и химические технологии;

лазерные технологии и диагностика;

информационные технологии;

проблемы устойчивого энергоснабжения и энергосбережение.

3. Заявки на конкурс подаются одновременно в обе организации в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – БРФФИ), российскими – в СО РАН.

В БРФФИ принимаются заявки ученых, работающих в организациях НАН Беларуси. Заявки представляются на русском или белорусском языке.

Наименование проекта, ключевые слова, основные формулировки, организации-исполнители и научные руководители в обоих вариантах заявки должны быть идентичными, а программа исследований – взаимно согласованной по срокам и содержанию. В программе исследований должно быть четко отражено, какие задачи выполняет белорусская сторона, какие – российская, а какие – совместно.

4. Конкурсный отбор проектов осуществляется в установленном порядке, исходя из эффективности применения ожидаемых результатов на практике в целях развития экономик Республики Беларусь и Российской Федерации. Окончательное решение о выделении грантов принимает Комиссия по конкурсному отбору отдельных проектов фундаментальных и прикладных научных исследований, выполняемых организациями НАН Беларуси, утвержденная постановлением Президиума НАН Беларуси от 17.02.2011 № 15, по согласованию с СО РАН.

По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обеих организациях, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ белорусских ученых осуществляется на основе договоров между БРФФИ и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета.

Договор определяет стоимость научно-исследовательских работ (далее – 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 тематическим направлениям конкурса.

Условия финансирования российских исполнителей проектов определяются правилами СО РАН.

5. Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке НАН Беларуси, БРФФИ и СО РАН. Публикации без таких ссылок 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 российской 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 научной 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 при 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 не должен превышать трех 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 «НАНБ (БРФФИ)–СО РАН-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 П1СО);
- аннотацию (форма П2СО);
- обоснование проекта (форма П3СО), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены российским партнером белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – российской стороне, также приводится план работы партнера;

- научную биографию руководителя проекта с белорусской стороны. 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 (г. Минск, ул. Сурганова, 15, отдел электронных ресурсов, тел. для справок: (+37517) 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) (форма П4СО);

– калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П15СО) с расшифровкой статей затрат. Командировки планируются в пределах СНГ, затраты по соответствующей статье не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Приобретение оборудования не финансируется. Если в процессе выполнения проекта возникнет острая необходимость в приобретении научного оборудования, решение по данному вопросу принимается бюро Научного совета БРФФИ по ходатайству организации-исполнителя с подробным обоснованием такой необходимости. При этом расходы на эти цели не должны превышать 10 % от плановой стоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей с белорусской стороны представляется также лист согласования расходов;

– 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 П6СО).

При оформлении конкурсных материалов не допускаются изменения и дополнения в формах П1СО–П6СО. 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 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 и/или в смежных областях (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

Сроки и условия участия в конкурсе

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются в объявленный срок. 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, публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на веб-сайтах НАН Беларуси и БРФФИ.

Апелляции на решения Комиссии по конкурсному отбору отдельных проектов фундаментальных и прикладных научных исследований, выполняемых организациями НАН Беларуси, и решения рабочих органов БРФФИ не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая содержание рецензий на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы белорусских ученых на конкурс направляются в Исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу: 220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101. Телефоны 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 (отдел зарубежных связей и информационного обеспечения, аграрно-биологические науки), 294-93-35 (бухгалтерия). Факс 284-08-97.

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

УТВЕРЖДЕНО
Постановление Бюро Президиума
Национальной академии наук Беларуси
02.02.2015 № 36

УСЛОВИЯ
совместного конкурса проектов фундаментальных исследований
Национальной академии наук Беларуси и Совета по научно-технологическим
исследованиям Турции «НАНБ (БРФФИ)–ТЮБИТАК-2015»

Общие положения

1. Национальная академия наук Беларуси (далее – НАН Беларуси) и Совет по научно-технологическим исследованиям Турции (далее – ТЮБИТАК) в соответствии с Соглашением о научно-техническом сотрудничестве между Национальной академией наук Беларуси и Советом по научно-технологическим исследованиям Турции от 19 июля 2002 г. и во исполнение Протокола 4-го заседания Совместного комитета Национальной академии наук Беларуси и Совета по научно-технологическим исследованиям Турции от 16 декабря 2014 г. объявляют совместный конкурс проектов фундаментальных исследований «НАНБ (БРФФИ)–ТЮБИТАК-2015» с целью консолидации усилий для финансирования научных исследований, выполняемых совместно учеными Республики Беларусь и Турецкой Республики по актуальным для обеих сторон научным направлениям, в частности, для белорусской стороны – соответствующим перечню, утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585.

2. Конкурс проводится в следующих научных областях:

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. Заявки на конкурс подаются одновременно в обе организации в соответствии с установленными в них формами, при этом белорусскими учеными – в Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – БРФФИ), турецкими – в ТЮБИТАК.

В БРФФИ принимаются заявки ученых, работающих в организациях НАН Беларуси. Заявки представляются на русском или белорусском языке.

Наименование проекта, ключевые слова, основные формулировки, организации-исполнители и научные руководители 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 – турецкая, а какие – совместно.

4. Конкурсный отбор проектов осуществляется БРФФИ в установленном порядке, исходя из эффективности применения ожидаемых результатов на практике в целях развития экономик Республики Беларусь и Турецкой Республики. Окончательное решение о выделении грантов белорусским исполнителям проектов принимает Комиссия по конкурсному отбору отдельных проектов фундаментальных и прикладных научных исследований, выполняемых организациями НАН Беларуси, утвержденная постановлением Президиума НАН Беларуси от 17 февраля 2011 г. № 15, по согласованию с ТЮБИТАК.

По результатам конкурса осуществляется целевое финансирование проектов, прошедших отбор в обеих организациях, при этом каждая сторона финансирует свою часть проекта. Финансирование работ белорусских ученых осуществляется на основе договоров между БРФФИ и организациями – исполнителями проектов за счет средств республиканского бюджета.

Договор определяет стоимость научно-исследовательских работ (далее – 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 совместных исследований.

Условия финансирования турецких исполнителей проектов определяются правилами ТЮБИТАК.

5. Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в научных изданиях с указанием о поддержке НАН Беларуси, БРФФИ и ТЮБИТАК. Публикации без таких ссылок 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 турецкой 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 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:

8.1. актуальность тематики;

8.2. соответствие целей, задач и тематики проектов приоритетным направлениям фундаментальных научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585, а также мировым тенденциям развития науки;

8.3. наличие четко сформулированной и обоснованной научной идеи (гипотезы) проекта, степень ее оригинальности;

8.4. 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;

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 при выполнении международных проектов;

в использовании результатов НИР в материалах государственных органов Республики Беларусь;

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

8.6. научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;

8.7. наличие необходимой материально-технической базы;

8.8. 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 (2012–2015 годы).

9. Срок выполнения проекта 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 «НАНБ (БРФФИ)–ТЮБИТАК-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:

титольный лист заявки (форма П1Т);

аннотацию (форма П2Т);

обоснование проекта (форма П3Т), в котором обязательно приводится аргументация целесообразности проведения совместных исследований с указанием возможностей, которые могут быть предоставлены турецким партнером белорусской стороне (использование оборудования, реактивов, материалов, научной литературы, освоение методик и др.), а белорусским партнером – турецкой 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 государственным учреждением «Центральная научная библиотека имени Якуба Коласа Национальной академии наук Беларуси» (г. Минск, ул. Сурганова, 15, отдел электронных ресурсов, тел. для справок: (+37517) 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) (форма П4Т);

калькуляцию сметной стоимости проекта с белорусской стороны (форма П5Т) с расшифровкой статей затрат. 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 стоимости проекта. При наличии организаций-соисполнителей с белорусской стороны представляется также лист согласования расходов;

перечень научных трудов руководителя проекта по научному направлению проекта и/или в смежных областях (до 10 наименований), опубликованных в течение последних трех лет (2012–2015 гг.) (форма П6Т).

При оформлении конкурсных материалов не допускаются изменения и дополнения в формах П1Т–П6Т. 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 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 и/или в смежных областях (до 5 наименований), которые скрепляются со 2-м и 3-м экземплярами заявки.

Сроки и условия участия в конкурсе

11. Заявки на конкурс в БРФФИ представляются в объявленный срок. 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, публикуя списки поддержанных проектов в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на веб-сайтах НАН Беларуси и БРФФИ.

Апелляции на решения Комиссии по конкурсному отбору отдельных проектов фундаментальных и прикладных научных исследований, выполняемых организациями НАН Беларуси, и решения рабочих органов БРФФИ не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая содержание рецензий на них, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы белорусских ученых на конкурс направляются в Исполнительную дирекцию Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по адресу: 220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101. Телефоны 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 (отдел зарубежных связей и информационного обеспечения, аграрно-биологические науки), 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».

УТВЕРЖДЕНО
Протокол заседания
бюро Научного совета БРФФИ
3 декабря 2014 № 12

УСЛОВИЯ
совместного тематического конкурса проектов
фундаментальных и прикладных научных исследований Белорусского
республиканского фонда фундаментальных исследований и Витебского
областного исполнительного комитета «БРФФИ–Витебск-2015»

Общие положения

1. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (далее – БРФФИ) и Витебский областной исполнительный комитет (далее – облисполком), в соответствии с заключенным между ними соглашением, объявляют совместный тематический конкурс проектов фундаментальных и прикладных научных исследований «БРФФИ–Витебск-2015» с целью финансовой поддержки научных коллективов, занимающихся решением актуальных для Витебской области проблем по приоритетным направлениям научных исследований в соответствии с перечнем, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585, а также с учетом Концепции социально-экономического развития Витебской области.

2. Конкурс «БРФФИ–Витебск-2015» проводится по следующей тематике:
новые материалы для промышленности, медицины и строительства, наукоемкие технологии их производства.

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

Одно и то же лицо может одновременно входить в состав исполнителей не более трех исследовательских проектов по грантам БРФФИ, включая как выполняемые проекты, так и заявляемые на конкурсы 2015 г. (на стадии подачи конкурсных материалов в БРФФИ). Не учитываются проекты, которые заканчиваются в 1 квартале 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», «БРФФИ–

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

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

5. Финансирование работ по проектам осуществляется за счет средств БРФФИ (50 % от общего объема финансирования – на фундаментальные исследования) и облисполкома (50 % от общего объема финансирования – на прикладные исследования) следующим образом: БРФФИ и облисполком заключают договор с головной организацией — исполнителем научно-организационного сопровождения конкурса (Институтом технической акустики НАН Беларуси, далее – ИТА НАН Беларуси), утвержденной решением облисполкома, а головная организация заключает с организациями – исполнителями проектов, которые получили гранты, договоры на их выполнение. 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 и прикладных исследований по тематике конкурса.

Необходимым условием предоставления грантов является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием с опубликованием их в отечественных и международных научных изданиях со ссылкой на участие в данном конкурсе. Публикации без таких ссылок не будут учитываться при приемке отчетов и оценке результатов исследований по проектам.

По окончании этапов выполнения работ, а также в конце каждого года и по окончании проекта руководитель проекта представляет отчет о проделанной работе в головную организацию-исполнитель, которая передает отчеты на рассмотрение региональному экспертному совету. Научные и финансовые отчеты по про-

ектам по принятым в БРФФИ формам с заключением регионального экспертного совета головная организация-исполнитель представляет в БРФФИ и облисполком в установленные сроки. Результаты экспертизы отчетов утверждаются Научным советом или бюро Научного совета БРФФИ.

6. Все научно-исследовательские работы, выполняемые в рамках конкурса «БРФФИ–Витебск-2015», подлежат государственной регистрации в установленном порядке.

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

Требования к проектам, представляемым на конкурс

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

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

8. При рассмотрении проектов оцениваются:

актуальность тематики;

оригинальность научной идеи (гипотезы);

научная и практическая значимость ожидаемых результатов;

научная квалификация руководителя проекта и всего научного коллектива;

обеспеченность необходимой материально-технической базой.

Предпочтение отдается:

междисциплинарным проектам, предлагаемым совместно учеными разных областей знаний;

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

проектам с участием зарубежных ученых;

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

Руководитель проекта должен иметь не менее трех статей в авторитетных научных журналах и/или патентов на изобретения или монографию по научному направлению проекта и/или в смежных областях, опубликованных в течение последних 3 лет (2012–2014 гг.).

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

Проекты, участвовавшие в предыдущих конкурсах БРФФИ, а также получившие финансовую поддержку других организаций, к участию в конкурсе «БРФФИ–Витебск-2015» не допускаются.

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

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

Материалы заявки должны включать:

- титульный лист заявки (форма П1Вт);
- аннотацию (форма П2Вт);
- обоснование проекта (форма П3Вт);

– научную биографию руководителя проекта. 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 (г. Минск, ул. Сурганова, 15, отдел электронных ресурсов, тел. для справок: (+37517) 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) (форма П4Вт);

– калькуляцию сметной стоимости проекта (форма П5Вт) с обоснованием статей затрат. Командировки планируются в пределах СНГ, затраты по соответствующей статье не должны превышать 20 % от плановой стоимости проекта. Приобретение оборудования не финансируется. При наличии организаций-соисполнителей представляется лист согласования расходов;

– 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 П6Вт).

При оформлении конкурсных материалов не допускаются изменения и дополнения в формах П1Вт–П6Вт. 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.

Организаторы конкурса воздерживаются от рекомендаций по изменению или дополнению формулировок в материалах заявок, представленных на конкурс, по существу их содержания. По принятым к финансированию проектам секции Научного совета БРФФИ 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 с 3-м и 4-м экземплярами заявки.

Сроки и условия участия в конкурсе

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

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

12. Заявителям сообщаются только окончательные результаты конкурса, руководители проектов, получивших гранты, информируются в течение месяца после его завершения. Списки поддержанных проектов публикуются в журнале «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и на веб-сайте БРФФИ.

Апелляции на решения Научного совета БРФФИ, облисполкома и рабочих органов конкурса не принимаются и не рассматриваются. Информация о ходе рассмотрения заявок, включая содержание рецензий на проекты, является конфиденциальной.

Представленные на конкурс материалы не возвращаются.

13. Материалы направляются в адрес ИТА НАН Беларуси: 210023, г. Витебск, ул. Людникова, 13.

Консультации по конкурсу можно получить по тел. (8-0212) 55-63-89, 56-11-82, а также в Исполнительной дирекции БРФФИ: 220072, г. Минск, пр. Независимости, 66, к. 101, по тел.: 294-92-16 (физика, математика и информатика), 284-27-22 (технические науки), 294-93-36 (химия и науки о Земле, медико-фармацевтические науки), 294-92-17 (аграрно-биологические науки), 294-93-35 (бухгалтерия). Факс 284-08-97.

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

В. Х. НАСИБОВ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
АЗЕРБАЙДЖАНА ДЛЯ СРЕДНЕСРОЧНЫХ ПЕРИОДОВ
НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА**

*Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский
институт энергетики, г. Баку*

(Поступила в редакцию 02.02.2015)

В статье представлен метод оценки электроэнергетической безопасности Азербайджана. С применением теории нечетких множеств к задачам электроэнергетической безопасности определены значения безопасности для 5 подсистем, составляющих электроэнергетику, и определен результирующий уровень электроэнергетической безопасности для среднесрочных периодов.

Энергетическая безопасность является одной из основных составляющих экономической и национальной безопасности. Энергетическая безопасность касается многих аспектов, а именно ограничения уязвимости как от краткосрочных, так и долгосрочных перерывов в поставках энергоносителей; необходимость своевременного обновления основных производственных фондов ТЭК, эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и т. д. Исследование угроз энергетической безопасности, оценка возможности их реализаций представляет собой важную первичную информацию по определению уровня энергетической безопасности [1].

Для решения задач энергетической безопасности нами обоснован подход к исследованию энергетической безопасности на уровне отдельных систем энергетики – нефтяная отрасль, газовая промышленность и электроэнергетика. Это обусловливается всевозрастающей сложностью систем энергетики [2].

Безопасность таких систем энергетики, как нефтяная и газовая промышленность для Азербайджанской Республики в значительной степени обеспечена, так как Азербайджан является экспортером нефти и природного газа на мировые рынки и поэтому при исследовании энергетической безопасности основное внимание уделяется электроэнергетической безопасности.

В [2] разработан метод для исследования электроэнергетической безопасности Азербайджанской Республики. Для краткосрочных задач безопасности система

представляется совокупностью 4 блоков: блок обеспечения топливом, блок производства электроэнергии, блок передачи и распределения электроэнергии, блок связей с соседними энергосистемами и импорта электроэнергии. Для каждого блока оцениваются соответствующие риски и устойчивость, а также степень уязвимости по квалификации Международного энергетического агентства (МЭА). Все это в целом позволяет оценить результирующий уровень краткосрочной безопасности исследуемой системы – электроэнергетики Азербайджана.

В [3] развит метод, применяемый для исследования краткосрочной безопасности Азербайджанской энергосистемы. Для среднесрочных задач безопасности система представляется совокупностью пяти блоков, к четырем блокам добавляется блок потребления электроэнергии.

В [4] обоснован метод для применения теории нечетких множеств к задачам электроэнергетической безопасности для краткосрочных периодов. Здесь, как и в [2], электроэнергетика для краткосрочных задач безопасности представляется совокупностью 4 подсистем. Для оценки безопасности каждой подсистемы определены лингвистические переменные, правила и функции принадлежности. На основе безопасности каждой подсистемы по разработанной таблице перехода определяется количественное значение краткосрочной безопасности электроэнергетики Азербайджанской Республики.

В развитие данного метода разработан метод оценки электроэнергетической безопасности для среднесрочных периодов. Здесь, как и в [4], для задачи электроэнергетической безопасности используются буквенные обозначения от *A* до *E*, как показано на рис. 1. При применении лингвистических переменных к классификации безопасности можно получить следующие соответствия: *A* – «отлично», *B* – «нормально», *C* – «неплохо», *D* – «плохо» и *E* – «очень плохо». При исследовании электроэнергетической безопасности для среднесрочных периодов электроэнергетика представляется совокупностью не 4 подсистем, как при исследовании краткосрочных периодов, а 5 следующих подсистем: топливообеспечение электроэнергетики, производство электроэнергии, передача и распределение, связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии, потребление электроэнергии. Для каждой подсистемы выбираются наиболее ответственные индикаторы, которые принимают одно из трех значений – низкое, среднее и высокое.

Как было показано в [4], при оценке безопасности подсистем электроэнергетики по рис. 1 в основном получается качественная оценка, нежели количественная. Например, состояние безопасности *C* – «неплохо» с одной стороны граничит с состоянием *B* – «нормально», с другой стороны *D* – «плохо». Нередко возникает ситуация, когда оценка безопасности оказывается в области, ограниченной штрих-линиями, в силу того, что индикаторы зачастую принимают диапазон значений с пересекающимися границами, а иногда вовсе отдалены друг от друга, что вносит неоднозначность при определении безопасности по ним. Для получения количественной оценки, как и в [4], применяется теория нечеткого логического вывода на основе нечетких множеств.

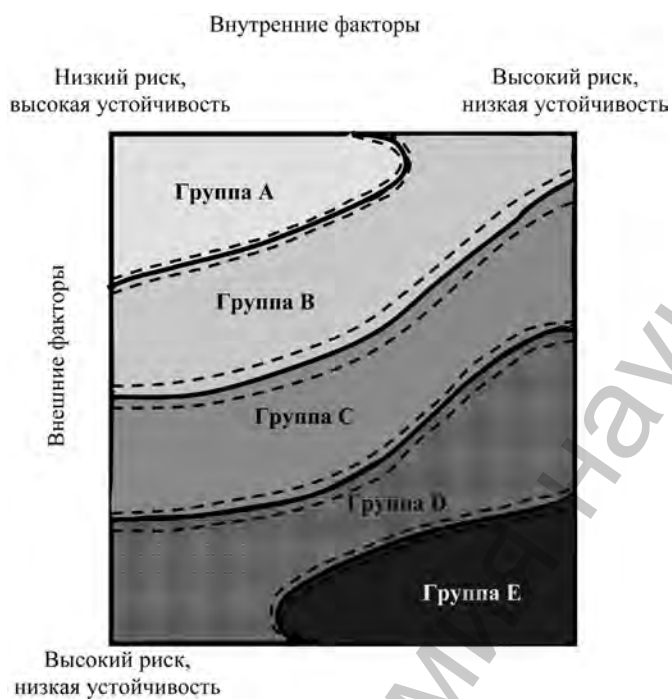


Рис. 1. Схема исследования энергетической безопасности

Здесь, как и в [4], нечеткий логический вывод осуществляется на основе нечеткой базы знаний, выраженной лингвистическими высказываниями типа «если–то» и операцией над нечеткими множествами, как показано на рис. 2 [5].



Рис. 2. Схема нечеткого логического вывода

Для задач электроэнергетической безопасности для среднесрочных периодов нечеткая модель типа Мамдани является предпочтительной, она реализована в пакете Fuzzy Logic Toolbox программы Matlab.

В модели типа Мамдани нечеткое множество \tilde{y} , соответствующее входному вектору X^* , определяется следующим образом:

$$\tilde{y} = \text{agg} \left(\int_{j=1, m}^{\bar{y}} \text{imp}(\mu_{d_j}(X^*), \mu_{d_j}(y)) / y \right),$$

где imp – импликация, обычно реализуемая как операция нахождения минимума; agg – агрегирование нечетких множеств, которое наиболее часто реализуется операцией нахождения максимума.

Четкое значение выхода y , соответствующее входному вектору X^* , определяется в результате дефаззификации нечеткого множества \tilde{y} . Здесь применяется модель дефаззификации по методу центра тяжести, наиболее часто применяемому в модели типа Мамдани:

$$y = \frac{\int_{\bar{y}}^y \mu_{\tilde{y}}(y) dy}{\int_{\bar{y}}^y \mu_{\tilde{y}}(y) dy}.$$

Используя вышеизложенное, построена модель нечеткого вывода для оценки безопасности каждой подсистемы электроэнергетики в отдельности. Чтобы оценить уровень топливообеспеченности электроэнергетики нужно оценить топливообеспечение страны, нечеткий выход которого является одним из входов подсистемы топливообеспечения электроэнергетики.

В Азербайджанской Республике на электростанциях в основном сжигается природный газ. В целом для оценки безопасности обеспечения страны природным газом рассматриваются нижеследующие риски и устойчивости (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Индикаторы для оценки безопасности обеспечения природным газом

Риски		Устойчивости
Внешние	Зависимость от импорта Политическая стабильность поставщиков	Количество портов ввода сжиженного природного газа Количество трубопроводов Разнообразие поставщиков
Внутренние	Морская добыча	Объем подачи газа из хранилищ Интенсивность потребления газа

Наиболее важным показателем с точки зрения безопасности газоснабжения является зависимость от импорта. По этому показателю страны делятся на три

категории: низкая зависимость от импорта (<10 %) и страны экспортеры, умеренная зависимость от импорта (30–40 %) и высокая зависимость (>70 %).

На рис. 3 показана схема исследования безопасности обеспечения страны газом, предложенная МЭА, выход этой подсистемы является одним из входов для подсистемы топливообеспечения электроэнергетики.

Для этой подсистемы в табл. 2 приведены входные параметры и их диапазоны изменения.

Т а б л и ц а 2. **Входные параметры подсистемы обеспечения природным газом**

Входной параметр	Значение термов		
	L – низкий	M – средний	H – высокий
<i>DI</i> – зависимость от импорта	<10 %	30–40 %	>70 %
<i>II</i> – инфраструктура импорта	>60 %	30–60 %	<30 %
<i>RP</i> – разнообразие поставщиков	>60 %	30–60 %	<30 %
<i>PQ</i> – мощность поставки из газохранилищ	<50 %	50–100 %	>100 %

Функции принадлежности входных параметров и нечеткая база знаний подсистемы обеспечения природным газом соответствуют функциям принадлежности и нечеткой базе знаний этого блока для исследования краткосрочных периодов, как показано в [4].

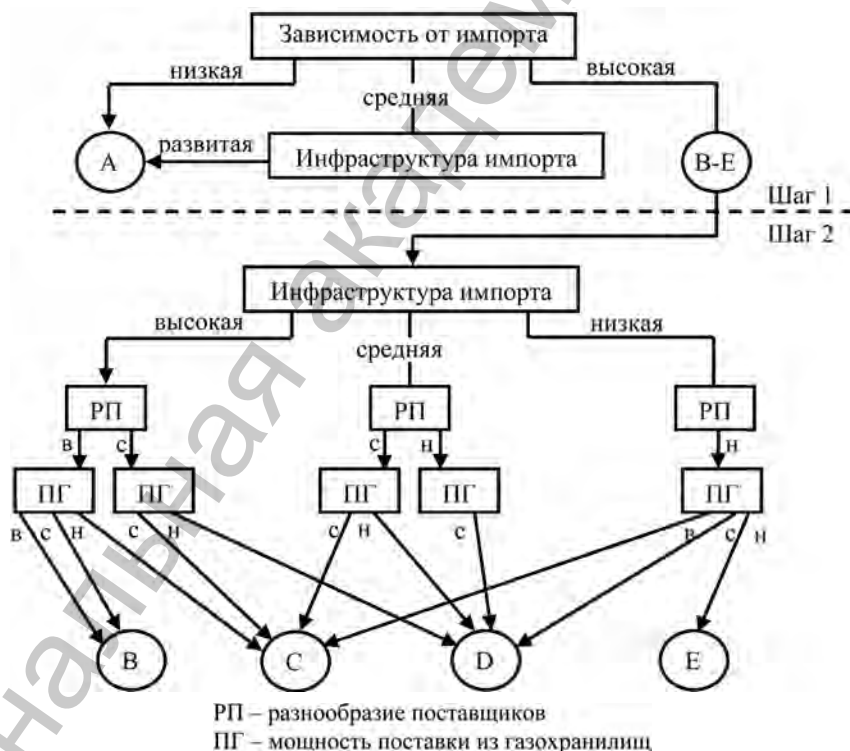


Рис. 3. Безопасность обеспечения природным газом

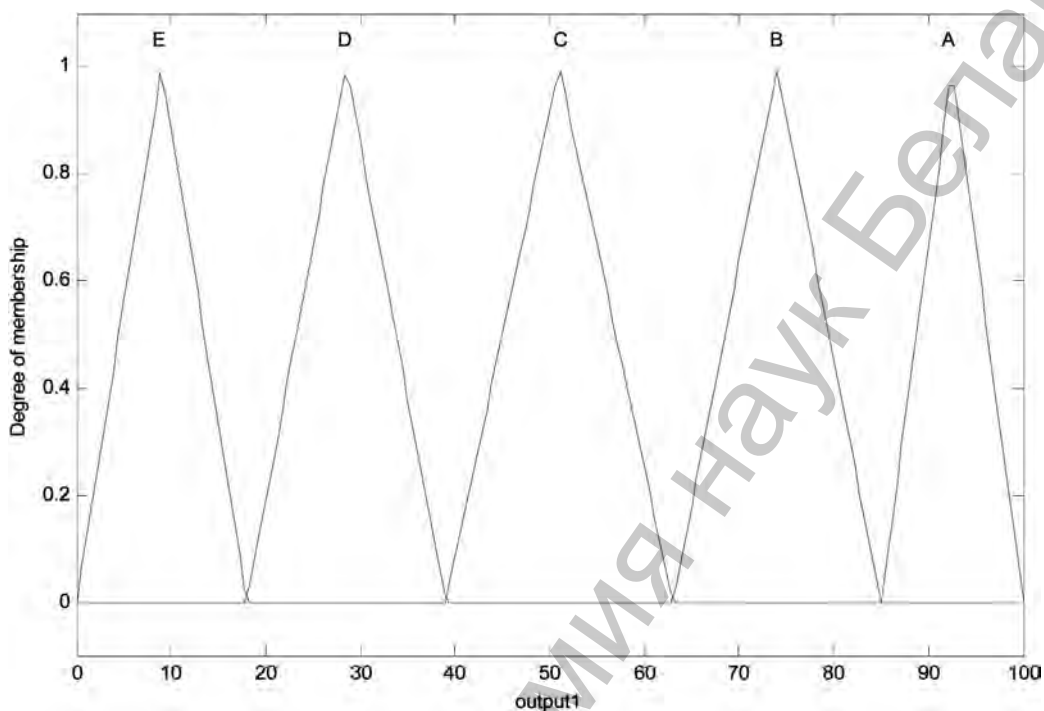


Рис. 4. Функция принадлежности выходного параметра для подсистемы обеспечения природным газом

Безопасность всех подсистем оценивается по следующей шкале, где показаны соответствия значения выхода в процентах к буквенным обозначениям:

A – 85–100;

B – 63–85;

C – 39–63;

D – 18–39;

E – 0–18.

На рис. 4 показана функция принадлежности выходного параметра для подсистемы «Обеспечение природным газом страны».

Нужно заметить, что для всех подсистем функция принадлежности выходного параметра является одинаковой.

Безопасность подсистемы «Обеспечение природным газом страны» для Азербайджана после дефаззификации выходной величины для среднесрочных периодов получается равной 92,5 %, что четко соответствует уровню *A*.

В табл. 3 представлены входные параметры и их диапазоны изменения подсистем электроэнергетики.

Ниже рассматривается безопасность подсистем электроэнергетики.

Топливообеспечение электроэнергетики. Одной из входных величин подсистемы «Топливообеспечение электроэнергетики» – *PFE* является выход под-

Т а б л и ц а 3. **Входные параметры подсистем электроэнергетики**

Входной параметр	Значение термов		
	L – низкий	M – средний	H – высокий
Топливообеспечение электроэнергетики – PFE			
<i>SNGS</i> – выход подсистемы «Обеспечение природным газом страны»	60–100 %	40–60 %	0–40 %
<i>VF</i> – разнообразие видов топлива	>64 %	33–64 %	<33 %
<i>SOP</i> – доля морской добычи	<30 %	40–60 %	>80 %
<i>DPD</i> – диверсификация путей доставки	>64 %	33–64 %	<33 %
Производство электроэнергии – EP			
<i>G</i> – выработка электроэнергии собственными источниками	<80 %	80–90 %	>90 %
<i>R</i> – уровень резерва	<15 %	20–25 %	>30 %
<i>CI</i> – степень изношенности основного оборудования	<15 %	15–30 %	>40 %
Передача и распределение электроэнергии – TDE			
<i>WS</i> – уровень износа подстанций	<25 %	30–50 %	>60 %
<i>WT</i> – износ трансформаторов	<25 %	30–50 %	>60 %
<i>WL</i> – износ воздушных линий	<25 %	30–50 %	>60 %
<i>SBR</i> – степень сбалансированности регионов	<40 %	40–70 %	>70 %
Связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии – CEI			
<i>LI</i> – уровень импорта	<10 %	10–30 %	>50 %
<i>II</i> – инфраструктура импорта	>64 %	33–64 %	<33 %
<i>RMC</i> – резерв по пропускной способности межсистемных связей	<20 %	20–40 %	>50 %
Потребление электроэнергии – EC			
<i>DOO</i> – продолжительность отключений	<24 ч	40–80 ч	>100 ч
<i>PAI</i> – доля среднедушевого дохода, затрачиваемого на оплату электроэнергии	<1,5 %	2–4 %	>6 %
<i>RDE</i> – относительное уменьшение электроэнергии	<1 %	2–4 %	>6 %

системы «Обеспечение природным газом страны» – *SNGS*. Другими входами являются «Разнообразие видов топлива», «Доля морской добычи» и «Диверсификация путей доставки», как показано в табл. 3.

На рис. 5 показаны функции принадлежности входных параметров для подсистемы топливообеспечения электроэнергетики.

В табл. 4 приведен фрагмент нечеткой базы знаний для оценки безопасности подсистемы «Топливообеспечение электроэнергетики». Нужно заметить, что при составлении базы знаний используются центральные значения индикаторов.

Если использовать среднесрочные значения входных параметров подсистемы «Топливообеспечение электроэнергетики» Азербайджана (*SNGS*–92,5, *VF*–0,58, *SOP*–80, *DPD*–0,48) и базу знаний, то безопасность этой подсистемы составит 53,6 %, что соответствует уровню безопасности *C* – «неплохо».

Производство электроэнергии. Для оценки безопасности подсистемы производства электроэнергии для среднесрочного периода наиболее важные индикаторы и их диапазоны значений представлены в табл. 3.

На рис. 6 показаны функции принадлежности входных параметров подсистемы «Производство электроэнергии».

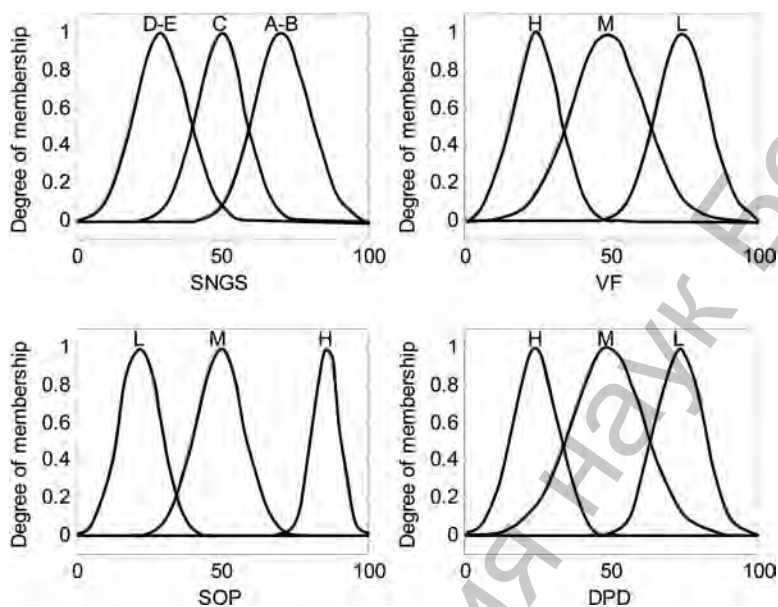


Рис. 5. Функции принадлежности входных параметров для подсистемы топливообеспечения электроэнергетики

Т а б л и ц а 4. Фрагмент нечеткой базы знаний подсистемы топливообеспечения электроэнергетики

SNGS	VF	SOP	DPD	O
L-A-B-60-100 %	H < 0,33	H > 80 %	H < 0,33	
M-C-40-60 %	M 0,33-0,64	M 40-60 %	M 0,33-0,64	
H-D-E-0-40 %	L > 0,64	L < 30 %	L > 0,64	
H	H	H	H	C
H	H	H	M	D
H	H	H	L	D
H	H	M	H	C
H	H	M	M	C
H	H	M	L	D
H	H	L	H	C
H	H	L	M	C
M	L	L	L	D
L	H	H	H	B
L	H	H	M	B
L	H	H	L	C
L	H	M	H	A
L	H	M	M	B
L	H	M	L	C

Табл. 5 показывает фрагмент нечеткой базы знаний для оценки безопасности подсистемы «Производство электроэнергии».

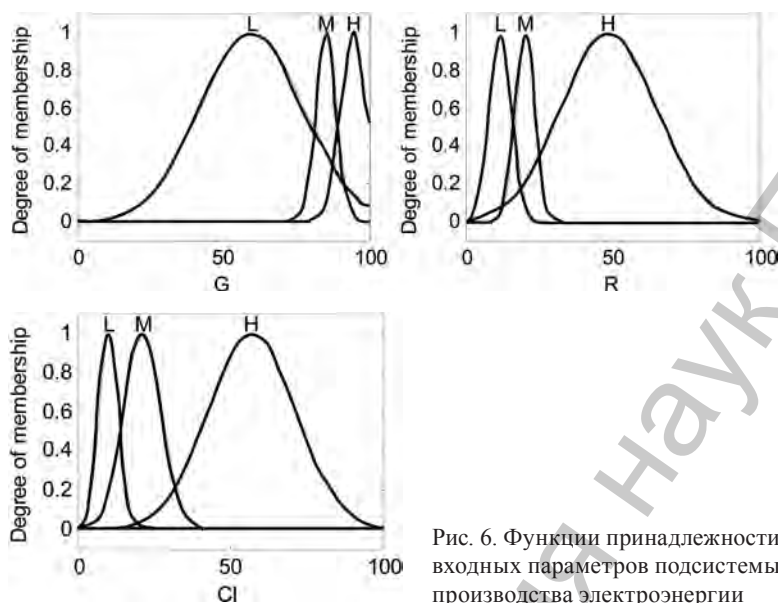


Рис. 6. Функции принадлежности входных параметров подсистемы производства электроэнергии

Т а б л и ц а 5. Фрагмент нечеткой базы знаний подсистемы производства электроэнергии

G	R	CI	O
H > 90 % M 80-90 % L < 80 %	H > 30 % M 20-25 % L < 15 %	H > 40 % M 15-30 % L < 15 %	
H	H	H	B
H	H	M	B
H	H	L	A
H	M	H	C
H	M	M	B
H	M	L	B
H	L	H	C
H	L	M	C
H	L	L	B
M	H	H	C
M	H	M	C
M	H	L	B
M	M	H	D
M	M	M	C
M	M	L	B

Выходной параметр подсистемы «Производство электроэнергии» так же как и выходы всех подсистем оценивается в соответствии со шкалой, приведенной выше. После дефазификации выходного параметра безопасность этой подсистемы для среднесрочного периода в Азербайджане при принятии входных параметров G – 100 %, R – 25 %, CI – 21 % окажется равной 63,8 %, что соответствует уровню «нормально».

Передача и распределение электроэнергии. Безопасность этой подсистемы – *TDE* определяется по 4 входным параметрам (уровень износа подстанций, износ трансформаторов, износ воздушных линий, степень сбалансированности регионов) как показано в табл. 3.

На рис. 7 показаны функции принадлежности входных параметров подсистемы «Передача и распределение электроэнергии».

В табл. 6 показан фрагмент нечеткой базы знаний для оценки безопасности подсистемы «Передача и распределение электроэнергии».

Т а б л и ц а 6. Фрагмент нечеткой базы знаний подсистемы передачи и распределения электроэнергии

WS	WT	WL	SBR	O
L < 25 % M 30–50 % H > 60 %	H < 25 % M 30–50 % L > 60 %	H < 25 % M 30–50 % L > 60 %	H > 70 % M 40–70 % L < 40 %	
H	H	H	H	D
H	H	H	M	D
H	H	H	L	E
H	H	M	H	D
H	H	M	M	D
H	H	M	L	E
H	M	H	H	D
L	M	L	M	B
L	M	L	L	B
L	L	H	H	B
L	L	H	M	C
L	L	H	L	C
L	L	M	H	A
L	L	M	M	B
L	L	M	L	B

Рассчитав безопасность подсистемы «Передача и распределение электроэнергии» при значениях входных параметров WS – 47 %, WT – 45 %, WL – 45 %, SBR – 69 %, получим 69,3 %, что также соответствует уровню безопасности *B* – «нормально».

Связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии. На рис. 8 показаны функции принадлежности входных параметров подсистемы «Связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии». Безопасность этой подсистемы – *CEI* определяется по 3 входным параметрам (уровень импорта, резерв по пропускной способности межсистемных связей, инфраструктура импорта).

В табл. 7 приведен фрагмент нечеткой базы знаний для оценки безопасности подсистемы «Связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии».

Безопасность подсистемы «Связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии» при значении входного параметра LI – 2 %, II – 10 %, RMC – 85 % получается 90,1 %, что соответствует уровню безопасности *A* – «отлично».

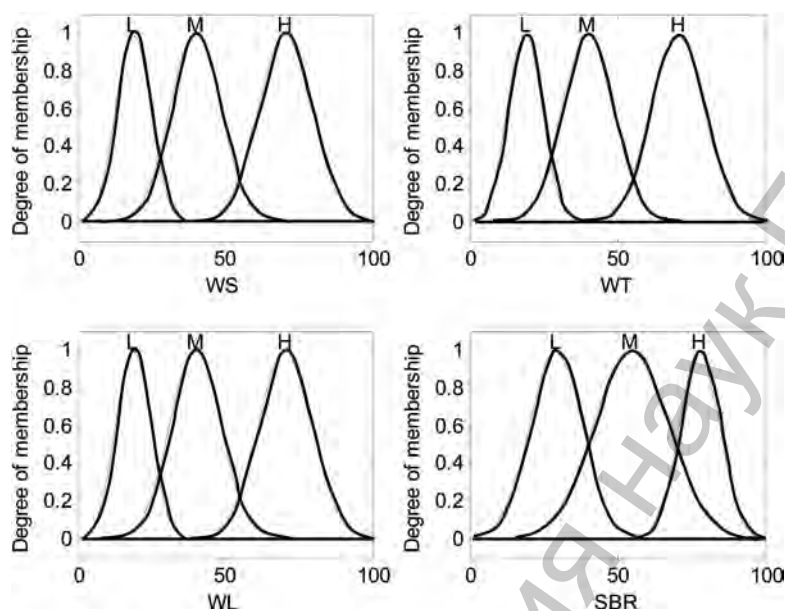


Рис. 7. Функции принадлежности входных параметров подсистемы передачи и распределения электроэнергии

Потребление электроэнергии. Входные параметры для оценки этой подсистемы – PE , как и других подсистем, показаны в табл. 3.

Рис. 9 показывает функции принадлежности входных параметров подсистемы «Потребление электроэнергии».

В табл. 8 приведен фрагмент нечеткой базы знаний для оценки безопасности подсистемы «Потребление электроэнергии».

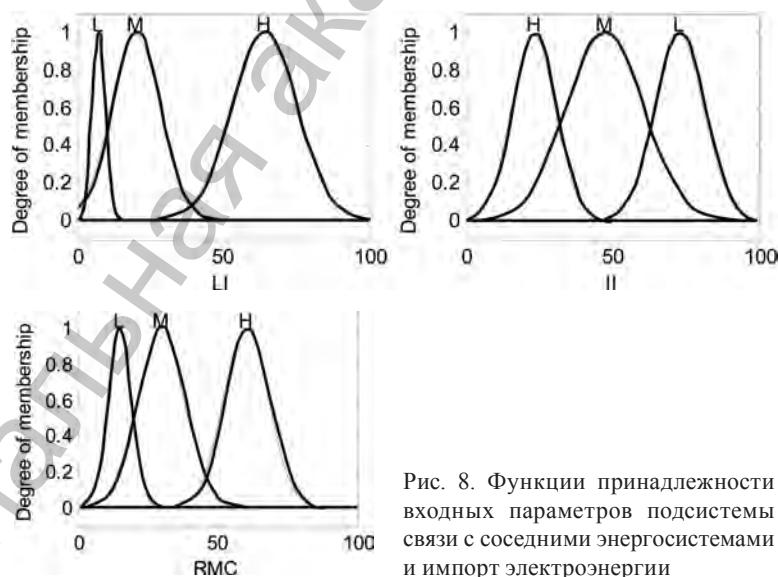


Рис. 8. Функции принадлежности входных параметров подсистемы связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии

Т а б л и ц а 7. Фрагмент нечеткой базы знаний подсистемы связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии

LI	II	RMC	O
H > 50 % M 10–30 % L < 10 %	H < 33 % M 33–64 % L < 15 %	H > 50 % M 20–40 % L < 20 %	
H	H	H	C
H	H	M	C
H	H	L	D
H	M	H	C
H	M	M	D
H	M	L	D
H	L	H	D
H	L	M	D
H	L	L	E
M	H	H	B
M	H	M	B
M	H	L	C
M	M	H	B
M	M	M	C
M	M	L	C

Безопасность подсистемы «Потребление электроэнергии» при значении входных параметров DOO – 20 ч, PAI – 1,6 %, RDE – 2 % получается 75,6 %, что соответствует уровню безопасности *B* – «нормально».

Т а б л и ц а 8. Фрагмент нечеткой базы знаний подсистемы потребление электроэнергии

DOO	PAI	RCE	O
H > 100 ч M 40–80 ч L < 24 ч	H > 6 % M 2–4 % L < 1,5 %	H > 6 % M 2–4 % L < 1 %	
H	H	H	E
H	H	M	E
H	H	L	E
H	M	H	E
H	L	H	E
H	L	M	E
M	H	H	D
M	H	M	D
M	H	L	D
M	M	H	C
M	M	M	C
M	M	L	D
L	M	H	A
L	M	M	B
L	M	L	B

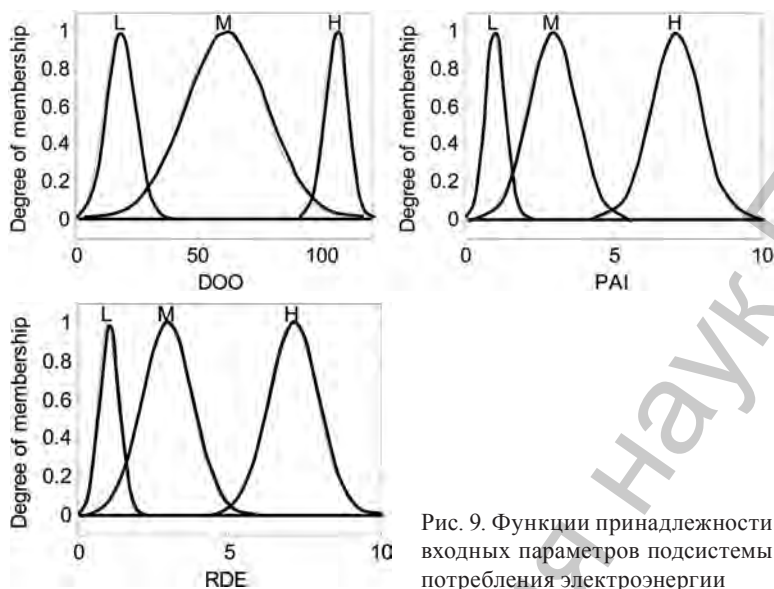


Рис. 9. Функции принадлежности входных параметров подсистемы потребления электроэнергии

Электроэнергетическая безопасность страны. Электроэнергетическая безопасность страны оценивается с помощью нечетких значений безопасности подсистем, составляющих электроэнергетику, как показано на рис. 10.

Входные величины системы оценки электроэнергетической безопасности и их значения показаны в табл. 9.

Т а б л и ц а 9. Входные параметры электроэнергетической безопасности

Входной параметр	Значение термов		
	L – низкий	M – средний	H – высокий
<i>PFE</i> – Топливообеспечение электроэнергетики	0–39 %	39–63 %	63–100 %
<i>EP</i> – Производство электроэнергии	0–39 %	39–63 %	63–100 %
<i>TDE</i> – Передача и распределение электроэнергии	0–39 %	39–63 %	63–100 %
<i>CEI</i> – Связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии	0–39 %	39–63 %	63–100 %
<i>EC</i> – Потребление электроэнергии	0–39 %	39–63 %	63–100 %

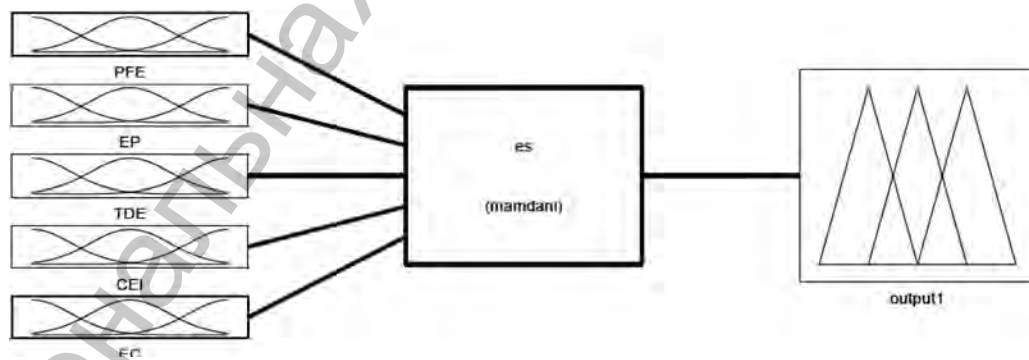


Рис. 10. Вывод электроэнергетической безопасности

На рис. 11 показаны функции принадлежности входов и выхода для оценки электроэнергетической безопасности.

Табл. 10 отражает фрагмент нечеткой базы знаний для оценки электроэнергетической безопасности.

Т а б л и ц а 10. Фрагмент нечеткой базы знаний электроэнергетической безопасности

Топливообеспечение электроэнергетики	Производство электроэнергии	Передача и распределение электроэнергии	Импорт электроэнергии	Потребление	Результат
A-B	A-B	A-B	A-B	A-B	A
A-B	A-B	A-B	A-B	C	B
A-B	A-B	A-B	A-B	D-E	B
A-B	A-B	A-B	C	A-B	B
A-B	A-B	A-B	C	C	B
A-B	A-B	A-B	C	D-E	B
A-B	A-B	A-B	D-E	A-B	B
A-B	A-B	A-B	D-E	C	B
A-B	A-B	A-B	D-E	D-E	C
A-B	A-B	C	A-B	A-B	B
A-B	D-E	C	C	A-B	C
A-B	D-E	C	C	C	C
A-B	D-E	C	C	D-E	C
A-B	D-E	C	D-E	A-B	D
A-B	D-E	C	D-E	C	D

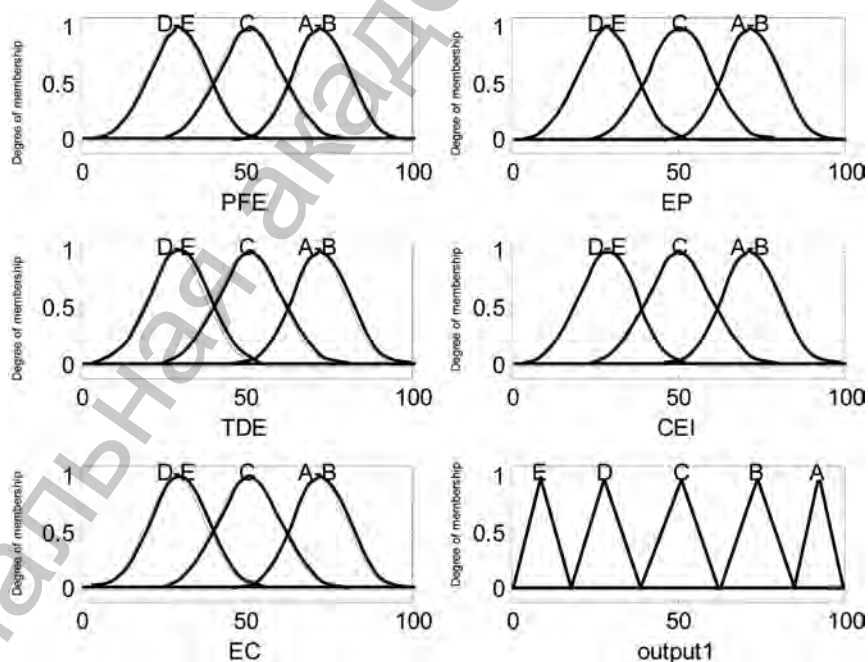


Рис. 11. Функции принадлежности входов и выхода для оценки электроэнергетической безопасности

При полученных расчетных значениях безопасности подсистем электроэнергетики: топливообеспечение электроэнергетики – 53,6 %, производство электроэнергии – 63,8 %, передача и распределение электроэнергии – 69,3 %, связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии – 90,1 %, потребление электроэнергии – 75,6 % электроэнергетическая безопасность Азербайджана составит 69,2 %, что соответствует значению «нормально», как показано на рис. 12.

При таком методе определения энергетической безопасности субъективная оценка эксперта переносится на самое начало при определении соответствия значения индикаторов к лингвистическим переменным типа «высокий», «средний» и «низкий», все остальные этапы определяются строго в соответствии с теорией нечеткого вывода на основе нечеткого множества. Соответствие значений индикаторов указанным лингвистическим переменным можно уточнять по многим источникам и свести субъективность оценки к минимуму.

Выводы.

Основой для исследования энергетической безопасности является метод индикативного анализа. Применяемые методы индикативного анализа основаны на сравнении текущих значений индикаторов с их пороговыми значениями. При этом взаимовлияния и взаимозависимость индикаторов систем энергетики слабо учитываются.

С развитием экономики и жизненного уровня требования к энергетической безопасности ужесточаются, при этом могут изменяться как состав индикаторов, так и их пороговые значения.

При переходе от энергетической безопасности к электроэнергетической безопасности нечеткость и неполнота значений индикаторов, а также динамика их изменения вносят неопределенность при определении электроэнергетической безопасности.

Электроэнергетическая безопасность для среднесрочных периодов может быть исследована с использованием пяти взаимосвязанных подсистем.

Электроэнергетическая безопасность может определяться безопасностью составляющих подсистем с применением теории нечетких множеств и нечеткой логики.

Для электроэнергетической безопасности и составляющих подсистем Азербайджана для среднесрочных периодов, применяя теорию нечетких множеств, получены следующие значения: топливообеспечение электроэнергетики – 53,6 %, что соответствует уровню безопасности *C*; производство электроэнергии – 63,8 %, уровень безопасности *B*; передача и распределение электроэнергии – 69,3 %, уровень безопасности *B*; связи с соседними энергосистемами и импорт электроэнергии – 90,1 %, уровень безопасности *A*, потребление электроэнергии – 75,6 %, уровень безопасности *B*; электроэнергетическая безопасность Азербайджана составит 69,2 %, что соответствует значению «нормально» – *B*.

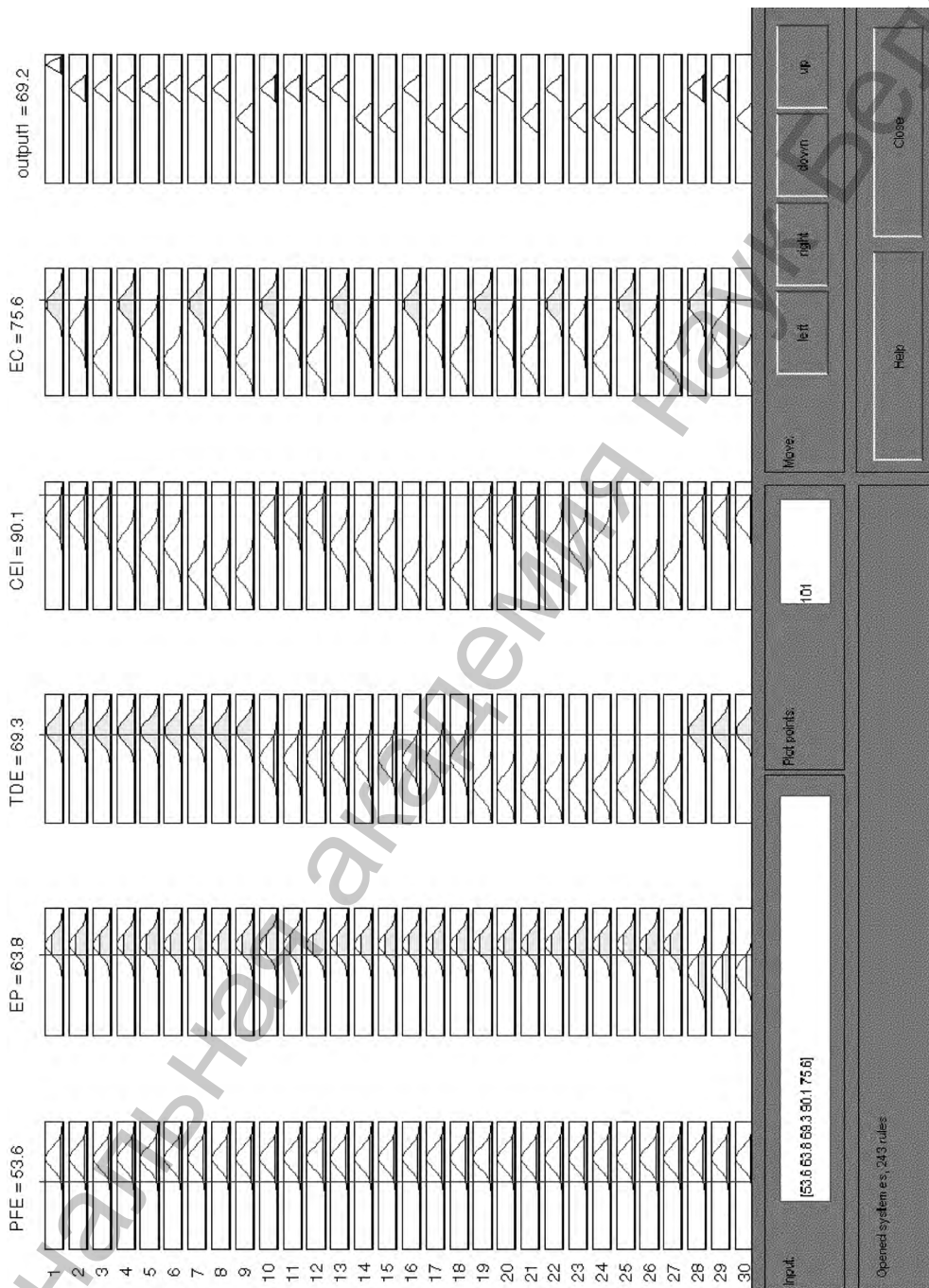


Рис. 12. Значения безопасности подсистем электроэнергетики и электроэнергетической безопасности

Разработанный метод позволяет оценить безопасность количественно и поэтому дает возможность отслеживать изменения уровня энергетической безопасности электроэнергетики во времени и оценивать эффективность проводимой политики в электроэнергетике с точки зрения энергетической безопасности.

Данная работа выполнена в рамках проекта T13Az-016 при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики (грант № EIF-BGM-2-BRFTF-1-2012/2013-07/05/1).

Литература

1. Михалевич А. А., Быкова Е. В. и др. Методические подходы к решению проблемы энергетической безопасности Молдовы и Беларуси. Кишинев, 2010. – 100 с.
2. Юсифбейли Н. А., Насибов В. Х. // Энергетическая политика. 2013. № 3. С. 50–59.
3. Nasibov V. Kh. // Electronic J. «Reliability: Theory & Application». 2014. Vol. 9, N 4(35). P. 37–50.
4. Штовба С. Д. // Экспонента Pro: Математика в приложениях. 2003. № 2. С. 9–15.
5. Насибов В. Х. // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2014. № 1. С. 90–99.

V. Kh. NASIBOV

DETERMINATION OF ELECTROENERGETICS SECURITY OF AZERBAIJAN FOR MEDIUM-TERM PERIOD BASED ON FUZZY INFERENCE

Summary

The paper developed a method for assessing the electroenergetics security of Azerbaijan. With the application of fuzzy set theory to the problems of electroenergetics security, the values of security for five subsystems, components of power energy, and to determine the resultant level of electroenergetics security for medium-term periods.

УДК 54.022: 577.175.1

В. М. АНДРИАНОВ¹, И. В. АНИЩЕНКО²

ВЫЯВЛЕНИЕ СВЯЗИ «СТРУКТУРА–БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ» В БРАССИНОСТЕРОИДАХ МЕТОДАМИ КВАНТОВОЙ ХИМИИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

¹Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси,

²Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 19.02.2015)

Методами молекулярной механики, квантовой химии в приближении теории функционала плотности и молекулярной динамики проведен конформационный анализ одного из наиболее биологически активных соединений класса brassinosteroidов – природного brassinolidа и менее активного – природного 24-эпибрассинолида с последующим сопоставлением структур их боковых цепей. Установлено, что конфигурация 22R,23R,24S двух гидроксильных и метильной группы brassinolidа обеспечивает структуру боковой цепи, в которых ее диольная система образует внутримолекулярную водородную связь $O6...H(O5)$. При этом гидроксил $O6H$ свободен и может участвовать в формировании межмолекулярных водородных связей с рецептором. Показано, что важным фактором высокой биоактивности brassinosteroidов также является изогнутость их боковой цепи по направлению к β -стороне остова стероида.

Введение. Brassinosteroidы (БС) – класс фитогормонов, проявляющих высокую биологическую активность, важнейшими представителями которого являются brassinolidы и кастастероны. В настоящее время отмечается значительный рост интереса к этим соединениям, поскольку наряду с ростостимулирующей активностью они способствуют повышению качества растительной продукции, снижая накопление в ней нитратов, тяжелых металлов, радионуклидов. В последнее время они привлекают внимание и как фармакологические средства со значительным противоопухолевым потенциалом [1]. Однако антиканцерогенная и цитотоксическая активность БС недостаточно изучена на молекулярном уровне. Известно, что для высокой биоактивности БС важными являются следующие структурные особенности:

- а) присутствие 6-кето- или 7-окса-6-кето-структурного фрагмента в кольце В;
- б) наличие 2 α ,3 α -диольной группировки в кольце А;

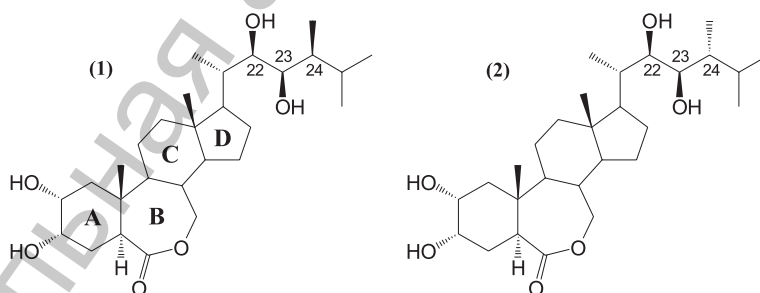
- в) существование диольной системы в положениях 22 и 23 с конфигурацией R,R^1 и наличие метильной или этильной группы в положении 24 (боковая цепь);
г) транс-сочленение циклов А/В [2] (см. структурные формулы).

Для выявления механизмов проявления высокой биологической активности и объяснения ее связи со структурными особенностями БС использовались методы исследования количественной связи между структурой соединений и их активностью (QSAR) [3; 4], а также методы молекулярного моделирования – молекулярной механики (ММ) [1] и квантово-химические AM1 [5] и PM3 [6]. В этих работах показана важная роль функциональных групп с участием атомов кислорода в проявлении высокой биологической активности БС. QSAR-исследования, в частности, показали, что вклады гидроксильных колец А и боковой цепи составляют соответственно 25 и 35 % от полной брассинолидной активности [3].

Известно, что только БС, имеющие 22R,23R-диольную структуру в боковой цепи, обнаруживают высокую активность, тогда как синтетические стереоизомеры с 22S,23S-гидроксилами менее активны [7]. Кроме того, в природной 22R,23R-конфигурации БС соединения с 24S-метил или этил группой имеют большую биоактивность, чем 24R-аналоги [8; 9], что отражает значимость стереохимии также и у этого асимметрического центра.

Цель работы – установление влияния стереохимической конфигурации заместителя у атома С24 в природных БС, имеющих 22R,23R-диольную структуру в боковой цепи, на конформацию боковой цепи БС и связи биоактивности со структурой боковой цепи.

Согласно различным биотестам, самым биологически активным БС является природное соединение брассинолид [2], боковая цепь которого содержит 22R,23R-гидроксильные группы и 24S-метил группу. В связи с этим представляется целесообразным проведение сопоставительного конформационного анализа природных молекул брассинолида (1) и менее активного 24-эпibrассинолида (2), боковая цепь которого содержит 24R-метил группу:



¹ Заместителям при асимметрическом атоме С боковой цепи присваивается разное старшинство (старшинство атома определяется порядковым номером в таблице Менделеева); рассматривается направление старшинства заместителей при определенной ориентации молекулы относительно наблюдателя. Если падение старшинства происходит по часовой стрелке – R-конфигурация (от латинского Rectus – правый), если против – S-конфигурация (Sinister – левый).

В дальнейшем, для удобства, мы будем обозначать молекулы (1) и (2) как RRS и RRR в соответствии с различиями конфигураций их боковых цепей на участке 22–24. Соответственно, возможные конформеры этих молекул можно обозначить RRS_i , RRR_i , где i – порядковый номер, присваиваемый конформерам в последовательности увеличения их энергии.

Методы исследования. Предварительное определение полного семейства устойчивых конформеров в исследуемых молекулах методом ММ [10] позволило определить 62 (1) и 57 (2) локальных минимумов, которые были использованы в качестве стартовых структур для проведения неэмпирических расчетов. При этом использовались структурные данные, полученные методом рентгеноструктурного анализа [11; 12].

Неэмпирические расчеты конформации и электронного строения исследуемых молекулярных систем в газовой фазе проводились с использованием компьютерного кластера «СКИФ-ОИПИ» Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси в программном продукте Gaussian 09 Rev B.01 [13] в несколько этапов. На первом шаге моделирования молекулы подвергались предварительной процедуре оптимизации геометрии с помощью метода самосогласованного поля Хартри–Фока (HF). Второй шаг квантово-химических расчетов состоял в уточнении геометрии полученных на первом этапе конформаций, что достигалось за счет применения метода теории функционала плотности (DFT) с B3LYP гибридным функционалом [14]. Оптимизация геометрии исследуемых молекул методами HF и DFT осуществлялась с использованием базисного набора 6-31G(d). На заключительном этапе моделирования проводились расчеты электронного строения молекул для фиксированных конформаций, полученных на предыдущем шаге расчетов, с использованием метода DFT с B3LYP-функционалом и расширенным базисным набором 6-311+G(d,p). В результате для каждой молекулы был получен ряд конформаций и проведены оценки энергии каждой из них. Населенности локальных энергетических минимумов рассчитывали из полных энергий конформеров, используя распределение Больцмана при комнатной температуре (293 K).

Для изучения динамических характеристик brassinosterоидов использовали метод молекулярной динамики (МД), представленный в программном комплексе Amber 10 [15]. При этом применяли схему проведения расчетов, предусматривающую явное задание свойств растворителя (воды). При явном задании свойств растворителя стартовые структуры brassinosterоидов помещали в ячейку с формой усеченного октаэдра таким образом, чтобы наименьшее расстояние между ее гранями и атомами исследуемой молекулы превосходило 12 Å. Модель воды TIP3P [16] использовали для явного задания свойств растворителя. На систему, состоящую из brassinosterоида и молекул воды, накладывали периодические граничные условия. Перед проведением МД-расчетов исходную молекулярную систему подвергали двухстадийной процедуре минимизации энергии, заключавшейся в последовательном применении 500 шагов метода градиентного

спуска и 500 шагов метода сопряженных градиентов, а затем в интервале 1 нс осуществляли ее нагрев от 0 до 300 К при постоянном объеме ячейки. На следующем шаге в течение 2 нс уравнивали давление в системе посредством динамического изменения размеров ячейки согласно схеме Берендсена [17]. На этапах нагрева и уравнивания давления накладывали дополнительные ограничения на положения атомов брассиностероида с помощью потенциала параболической формы с силовой постоянной, равной 1,0 ккал/моль (нагрев) и 0,5 ккал/моль (первая 1 нс этапа уравнивания давления, после чего ограничения снимались). Далее осуществляли МД-расчеты в изобарно-изотермических условиях во временном интервале 100 нс. Для контроля температуры задействовали слабую схему сопряжения с термостатом (термостат Ланжевена) с характерной частотой $2,0 \text{ пс}^{-1}$ (нагрев и уравнивание давления) и $5,0 \text{ пс}^{-1}$ (собственно МД-расчеты). Каждые 10 пс МД-расчетов текущую конфигурацию системы записывали в файл траектории, что в итоге позволило получить 10000 динамических структур молекулы.

В качестве стартовой структуры брассиностероида использовали наиболее вероятную конформацию молекулы, полученную на основании квантово-химических расчетов.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных квантово-химических расчетов получены 42 и 50 локальных минимумов соответственно для молекул (1) и (2); разность между минимальной и максимальной энергиями конформеров в молекуле (1) составляет около 18 ккал/моль, а в молекуле (2) – около 14 ккал/моль. Статистический больцмановский анализ относительного содержания индивидуальных конформеров в равновесной смеси показал, что в пределах семейств конформеров природных молекул (1) и (2) примерно одинаковое количество низкоэнергетических конформеров (RRS_1 – RRS_6 и RRR_1 – RRR_7) обеспечивают 94 % заселенности (таблица). Из данных таблицы следует, что в случае самых низкоэнергетических конформеров RRS_1 и RRR_1 природных молекул (1) и (2) наблюдаются незначительные изменения структуры боковой цепи по сравнению с кристаллическим состоянием. Основные структурные изменения в семействе низкоэнергетических конформеров RRS_i молекулы (1) происходят в концевой части боковой цепи (ориентация заместителей относительно связи C24–C25).

Структура остальной части боковой цепи стабилизируется гош-ориентацией двух гидроксильных групп (двугранный угол O5–C22–C23–O6 находится в узких пределах: от $-54,6^\circ$ до $-57,3^\circ$) и формированием в большинстве конформеров (~80 %) внутримолекулярной водородной связи O6...H(O5). В семействе низкоэнергетических конформеров RRR_i молекулы (2) наряду со структурными изменениями в концевой части боковой цепи имеет место значительный разброс значений двугранного угла O5–C22–C23–O6 (таблица).

Различия в ориентации двух гидроксильных групп (O5H и O6H) в семействе низкоэнергетических конформеров молекулы (2) приводят к увеличению доли конформеров (~50 %) с внутримолекулярной водородной связью O5...H(O6).

Двугранные углы CCCC и OCCO (град), относительные электронные энергии ΔE (ккал/моль), расстояния O...H(O) (Å) в пределах диольной системы боковой цепи низкоэнергетических конформеров RRS_i, RRR_i, исследуемых молекул БС по данным квантово-химических расчетов

Конформер	ΔE	C16C17– C20C22	C17C20– C22C23	C20C22– C23C24	C22C23– C24C25	C23C24– C25C26	C23C24– C25C27	O5C22– C23O6	O5... H(O6)	O6... H(O5)	% (*)
<i>Брассинолид (1)</i>											
Кристалл [11]	–	52,6	–176,5	52,3	–170,8	–169,9	70,2	–63,7	3,68	2,41	–
RRS ₁	0,0	55,4	–178,1	58,6	–179,1	47,7	170,9	–57,3	3,41	2,11	43,2
RRS ₂	0,583	55,5	–176,8	61,2	–161,2	–56,7	70,5	–54,6	3,40	2,06	15,9
RRS ₃ ^a	0,666	55,7	–177,1	58,8	–167,9	156,6	–77,4	–56,0	2,08	3,35	13,8
RRS ₄ ^a	0,760	55,8	–177,3	58,9	–173,1	150,0	–85,0	–55,6	3,34	2,09	11,7
RRS ₅	1,073	55,2	–177,4	58,9	–169,6	–89,6	58,1	–56,5	2,09	3,36	6,8
RRS ₆	1,626	57,5	–171,2	139,6	–173,4	52,5	176,5	31,5	2,79	2,07	2,6
<i>24-эпибрассинолид (2)</i>											
Кристалл [12]	–	56,9	–162,5	96,2	68,5	–147,8	86,6	–18,9	2,24	2,62	–
RRR ₁ ^a	0,0	55,5	–177,2	57,0	51,3	71,5	–162,5	–56,4	3,43	2,10	36,7
RRR ₂ ^a	0,583	56,4	–173,5	57,2	52,9	73,9	–160,2	–52,2	2,09	3,08	13,9
RRR ₃ ^a	0,585	55,3	–176,8	56,9	53,3	73,4	–160,7	–56,6	2,10	3,37	13,8
RRR ₄ ^b	0,605	55,8	–172,0	152,1	160,3	64,1	–169,4	37,9	1,98	3,04	13,4
RRR ₅ ^b	0,950	55,2	–170,9	153,8	160,1	63,7	–169,8	43,2	2,00	3,51	7,4
RRR ₆ ^c	1,264	56,9	–172,3	149,7	–67,9	–174,4	–51,0	38,7	3,46	1,99	4,3
RRR ₇ ^b	1,286	56,1	–171,1	142,3	161,9	63,6	–169,8	34,2	2,20	2,51	4,2

Примечания: * – населенности энергетических минимумов (квантово-химический расчет); a, b, c, d – обозначения ротамеров гидроксильных групп.

Статистический больцмановский анализ показывает, что в природных молекулах (1) и (2) в равновесной смеси доминирует один конформер (RRS₁, RRR₁ соответственно).

Среди низкоэнергетических конформеров молекулы (1) два из них (RRS₃ и RRS₄) имеют практически идентичную структуру углеродного остова боковой цепи, различаясь лишь ориентациями гидроксильных групп O5H и O6H (ротамеры гидроксильных групп), образуя разные внутримолекулярные водородные связи – O6...H(O5) (RRS₃) и O5...H(O6) (RRS₄). В молекуле (2) идентичную структуру углеродного остова боковой цепи имеют две тройки низкоэнергетических конформеров: RRR₁, RRR₂, RRR₃ и RRR₄, RRR₅, RRR₆, причем в последних трех конформерах образуется только внутримолекулярная водородная связь O5...H(O6) (таблица, рис. 1 и рис. 2). Таким образом, проведенные расчеты показали, что в пределах каждого семейства низкоэнергетических конформеров RRR_i, RRS_i исследуемых молекул существует соответственно три и пять вариантов структуры углеродного остова боковой цепи.

Из рис. 1 и рис. 2 следует, что в молекуле (1) практически все, а в молекуле (2) RRR₁–RRR₃ низкоэнергетические конформеры обладают изогнутостью боковой цепи по направлению к β -стороне остова стероида (RRR₄–RRR₇ – конформеры

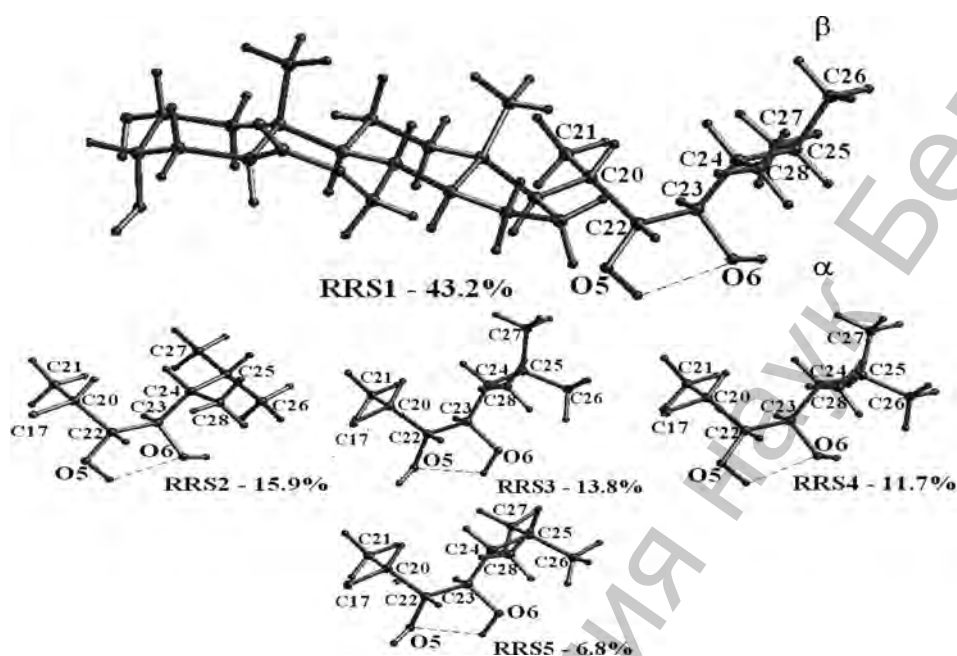


Рис. 1. Низкоэнергетические конформеры брассинолида (молекула (1) с указанием их относительного содержания в равновесной смеси (квантово-химический расчет). Буквами α и β обозначены стороны от стероидальной плоскости. Для конформеров RRS_2 – RRS_5 показана структура боковой цепи

с прямыми боковыми цепями)². В результате во всех конформерах наиболее биологически активной молекулы (1) обе гидроксильные группы боковой цепи направлены к стерически свободной α -границе стероидальной плоскости, а в менее активной молекуле (2) – только в низкоэнергетических конформерах RRR_1 – RRR_3 . Этот результат согласуется с экспериментальными данными, полученными методом спектроскопии ЯМР [8; 18]. Можно предположить, что низкоэнергетические конформации, которые принимает боковая цепь молекулы (1), являются биологически значимыми, поскольку делают возможным беспрепятственное участие α -ориентированных $O5H$ и $O6H$ гидроксильных групп в биохимических процессах в растениях. Это хорошо видно на примере самого низкоэнергетического конформера брассинолида RRS_1 (рис. 1), структура боковой цепи которого стабилизируется внутримолекулярной водородной связью $O6...H(O5)$, а гидроксил $O6H$ способен образовывать межмолекулярную водородную связь в комплексе БС–рецептор. Известно, что влияние брассиностероидов на рост растений и улучшение стрессовой толерантности имеет место благодаря их взаимодействиям со специфическим трансмембранным рецептором киназы $BRI1$. Согласно данным работы [19], он включает спиралевидную соленоидную структуру, которая

² Согласно конвенции Физера–Плэттнера [2] в молекуле (1) гидроксилы в положении 22 и 23, метил в положении 24 ориентированы к α -стороне стероидальной плоскости, а в молекуле (3) – к β -стороне.

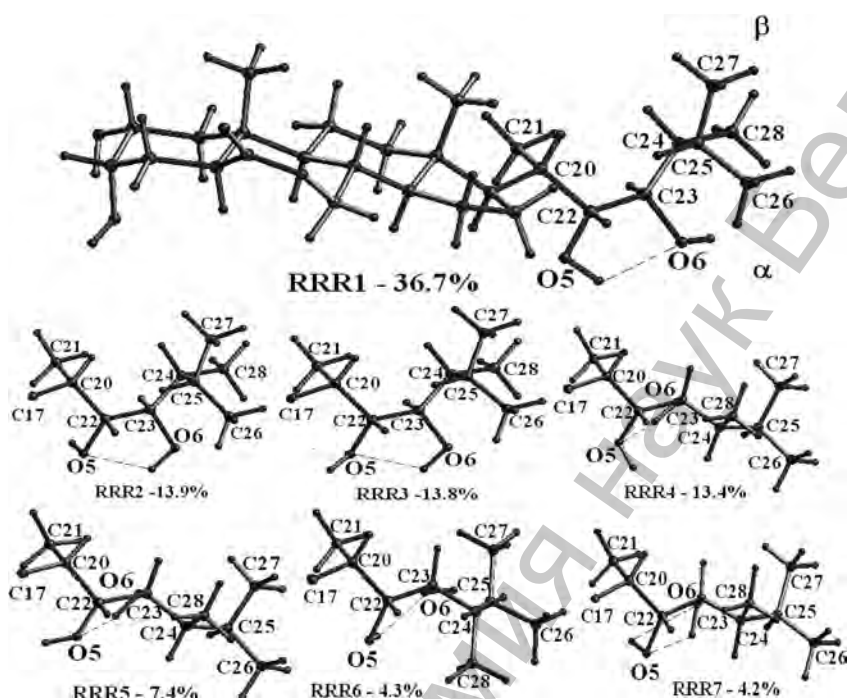


Рис. 2. Низкоэнергетические конформеры 24-эпибрасинолида (молекула (2)).
Для конформеров RRR₂–RRR₇ показана структура боковой цепи

вмещает особую область места прикрепления на своей вогнутой поверхности. Молекула брасинолида связывается с определенным гидрофобным углублением между областью места связывания и вогнутой стороной соленоида. При этом периферические атомы углерода C24–C28 боковой цепи полностью погружаются в гидрофобный карман, а дополнительное усиление взаимодействий около этой области контакта осуществляется за счет установления межмолекулярной водородной связи между гидроксильной группой у C23 (OH) и азотом остова. Отсюда следует, что форма боковой цепи (изогнутость по направлению к β-стороне остова стероида) и наличие свободной от внутримолекулярной водородной связи гидроксильной группы OH являются важными факторами высокой биоактивности брасинолида. В молекуле (2), биоактивность которой несколько ниже, чем молекулы (1), низкоэнергетические конформеры RRR₁–RRR₃ также обладают изогнутостью боковой цепи по направлению к β-стороне остова стероида (RRR₄–RRR₇ – конформеры с прямыми боковыми цепями). Однако только в конформере RRR₁ в наличии есть свободная от внутримолекулярной водородной связи гидроксильная группа OH, а в остальных конформерах – OH (рис. 2).

Таким образом, квантово-химические расчеты позволили определить семейства низкоэнергетических конформеров и доминирующую конформацию в вакууме для каждой исследуемой молекулы. Однако весьма важным является изучение

структуры молекул в естественной среде их взаимодействия с белками, т. е. учет растворителя. Такую возможность предоставляет метод молекулярной динамики (МД) с явным заданием свойств растворителя (воды).

Для изучения динамических характеристик брассинолида и 24-эпибрассинолида в растворе методом молекулярной динамики в качестве стартовой структуры брассиностероида использовали наиболее вероятную конформацию молекулы, полученную на основании квантово-химических расчетов. Результаты расчетов методом молекулярной динамики и квантово-химических расчетов представлены на рис. 3, из которого видно, что квантово-химические (B3LYP) и молекулярно-динамические (в воде) расчеты приводят к наличию одних и тех же низкоэнергетических конформеров в равновесной смеси в пределах каждой молекулы, однако наблюдается перераспределение населенностей конформеров этих молекул при использовании двух методов. Статистический больцмановский анализ при использовании квантово-химических расчетов показывает, что в природных молекулах брассинолида и 24-эпибрассинолида в равновесной смеси доминирует один конформер (RRS_1 и RRR_1 соответственно). Молекулярно-динамические (в воде) расчеты приводят к несколько иным результатам. Так, в молекуле брассинолида основное перераспределение населенностей имеет место в пределах двух самых низкоэнергетических конформеров RRS_1 (43,2 % \rightarrow 25,1 %) и RRS_2 (15,9 % \rightarrow 40,0 %). В молекуле 24-эпибрассинолида происходит более заметное перераспределение населенностей, касающееся практически всех низкоэнергетических конформеров. В результате шесть из девяти низкоэнергетических конформеров становятся практически равновероятными в равновесной смеси, а населенность самого низкоэнергетического и биоактивного конформера RRR_1 (имеющего свободный от внутримолекулярной водородной связи гидроксил ОН и обладающего изогнутостью боковой цепи по направлению к β -стороне остова стероида) уменьшается с 36,7 до 17,6 %. Это указывает, во-первых, на увеличение подвижности (гибкости) этой молекулы в воде по сравнению с вакуумом и,

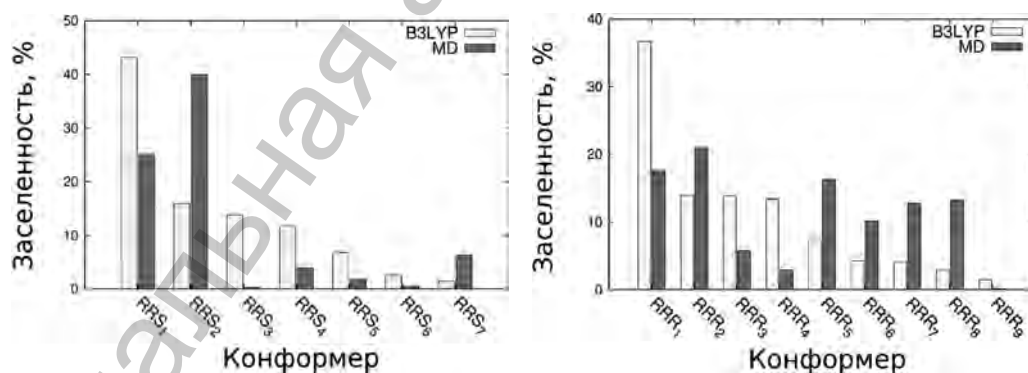


Рис. 3. Населенности конформеров RRS_i молекулы брассинолида и RRR_i молекулы 24-эпибрассинолида по данным кванто-химических (B3LYP) и молекулярно-динамических (в воде) (MD) расчетов

во-вторых, на уменьшение доли в равновесной смеси биологически значимых низкоэнергетических конформеров, способных образовывать межмолекулярную водородную связь в комплексе БС–рецептор.

Таким образом, применение метода молекулярной динамики с явным заданием свойств растворителя (воды) показало, что для молекулы брассинолида в равновесной смеси доля биологически значимых низкоэнергетических конформеров значительно выше, чем для молекулы 24-эпibrассинолида, что и объясняет ее более высокую биоактивность.

Заключение. Выполненный в данной работе сопоставительный конформационный анализ в приближении квантово-химического метода теории функционала плотности и метода молекулярной динамики, используя явное задание свойств растворителя (воды), двух природных стереоизомеров БС с различной биологической активностью позволил найти связь между стереохимической конфигурацией заместителя у атома С24 углеродного остова боковой цепи и брассинолидной активностью. Показано, что кванто-химические и молекулярно-динамические (в воде) расчеты приводят к наличию одних и тех же низкоэнергетических конформеров в равновесной смеси в пределах каждой молекулы, однако наблюдается перераспределение населенностей конформеров этих молекул при использовании двух методов. Молекулярно-динамические (в воде) расчеты показали, что в равновесной смеси наиболее биоактивной молекулы брассинолида доминируют два конформера, в которых в пределах диольной системы боковой цепи образуется внутримолекулярная водородная связь $Ob...H(O5)$, а гидроксил ObH свободен для образования межмолекулярной водородной связи в комплексе БС–рецептор. В менее биоактивной молекуле 24-эпibrассинолида в равновесной смеси присутствуют шесть практически равновероятных конформеров, из которых только в одном образуется внутримолекулярная водородная связь $Ob...H(O5)$ и свободный для образования межмолекулярной водородной связи гидроксил ObH . Отсюда следует, что конфигурация 22R,23R,24S двух гидроксильных и метильной группы боковой цепи брассинолида, обладающего наивысшей биологической активностью среди брассиностероидов, приводит к таким структурам боковой цепи, в которых гидроксильные группы могут беспрепятственно участвовать в биохимических процессах в растениях. Показано, что важным фактором высокой биоактивности брассиностероидов также является форма их боковой цепи (изогнутость по направлению к β -стороне остова стероида).

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Ф14-032).

Литература

1. Misharin A. Yu., Mehtiev A. R., Zhabinskii V. N. et al. // Steroids. 2010. Vol. 75, N 3. P. 287–294.
2. Zullo M. A. T., Adam G. // Brazilian J. Plant Physiology. 2002. Vol. 14, N 3. P. 143–181.
3. Brosa C., Capdevila J. M., Zamora I. // Tetrahedron. 1996. Vol. 52, N 7. P. 2435–2448.

4. *Alvarez-Ginarte Y. M., Crespo-Otero R., Marrero-Ponce Y. et al.* // QSAR Comb. Sci. 2006. Vol. 25, N 10. P. 881–894.
5. *Morera-Boado C., Alonso-Becerra E., Montero-Cabrera L.A., Gonzalez-Jonte R.* // J. Mol. Struct.: THEOCHEM. 2007. Vol. 819, N 1–3. P. 109–120.
6. *Андрюанов В. М.* // Журн. структ. химии. 2011. Т. 52, № 4. С. 792–797.
7. *Uesusuki S., Watanabe B., Yamamoto S. et al.* // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2004. Vol. 68, N 5. P. 1097–1105.
8. *Drosihn S., Porzel A., Brandt W.* // J. Mol. Model. 2001. Vol. 7, N 4. P. 34–42.
9. *Stoldt M., Porzel A., Adam G., Brandt W.* // Magn. Res. Chem. 1997. Vol. 35, N 9. P. 629–636.
10. *Wiberg K. B., Boyd R. H.* // J. Am. Chem. Soc. 1972. Vol. 94, N 24. P. 8426–8430.
11. *Voigt B., Porzel A., Wagner C., Merzweiler K.* Private Communication to the Cambridge Structural Database, deposition number CCDC 116995. 2001.
12. *Voigt B., Porzel A., Wagner C., Merzweiler K.* Private Communication to the Cambridge Structural Database, deposition number CCDC 119112. 2001.
13. *Stephens P. J., Devlin F. J., Chabalowski C. F., Frisch M. J.* // J. Phys. Chem. 1994. Vol. 98, N 45. P. 11623–11627.
14. Gaussian 09, Revision B.01, M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel et al. Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2010.
15. *Case D. A., Cheatham T. E., Darden T. et al.* // J. Comput. Chem. 2005. Vol. 26, N 16. P. 1668–1688.
16. *Jorgensen W. L., Chandrasekhar J., Madura J. D. et al.* // J. Chem. Phys. 1983. Vol. 79, N 2. P. 926–935.
17. *Berendsen H. J. C., Postma J. P. M., van Gunsteren W. F. et al.* // J. Chem. Phys. 1984. Vol. 81, N 8. P. 3684–3690.
18. *Khripach V. A., Zhabinskii V. N., Ivanova G. V. et al.* // J. Mol. Struct. 2010. Vol. 975, N 1–3. P. 242–246.
19. *She J., Han Zh., Kim T.-W. et al.* // Nature. 2011. Vol. 474. P. 472–476.

V. M. ANDRIANOV, I. V. ANISHCHENKO

**DISCLOSING THE RELATIONSHIP "STRUCTURE–BIOLOGICAL ACTIVITY"
IN BRASSINOSTEROIDS BY QUANTUM CHEMICAL
AND MOLECULAR DYNAMICS METHODS**

Summary

Conformational analysis of one of the most biologically active brassinosteroids, natural brassinolide, as well as of less active natural 24-epibrassinolide was carried out by molecular mechanics, DFT quantum chemical and molecular dynamics methods followed by spatial comparison of their side chain structures. The 22R,23R,24S configuration of the two hydroxyls and the methyl group of the brassinolide side chain was shown to support the structures in which its diol system makes the intramolecular O6...H(O5) hydrogen bond. At the same time, the O6H hydroxyl group is free and may form an intermolecular hydrogen bond with the receptor. It was also shown that side chain bending towards the β -side of steroid's backbone is an important factor of high brassinosteroids' bioactivity.

УДК 666.3-127

А. И. ИВАНЕЦ¹, Т. А. АЗАРОВА¹, С. В. ШЕМЧЕНОК¹, Д. БАТСУРЭН,
Ж. ТУНСАГ², Ж. ОЮУНЦЭЦЭГ², В. А. ТАРАСЕВИЧ³, В. Е. АГАБЕКОВ³

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ МОНГОЛИИ

¹Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси,

²Институт химии и химической технологии Монгольской Академии Наук,

³Институт химии новых материалов НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 17.02.2015)

Изучены физико-химические свойства (фазовый состав, распределение частиц по размерам, морфология) природных кварцевых песков Монголии. Установлено влияние содержания порообразующей (пшеничная мука) и связующей (алюмосиликат натрия) добавок в составе формуемой смеси на пористость и механическую прочность керамики. Полученные образцы характеризуются размером пор 50–100 мкм, пористостью 28 % и механической прочностью на сжатие 30 МПа и могут использоваться в качестве подложки микрофильтрационных керамических мембран.

Введение. Пористые керамические материалы находят широкое применение в процессах мембранной очистки и сепарации жидких и газовых сред, используются в качестве носителей катализаторов и др. [1–3]. Основным преимуществом данных материалов являются их термическая и химическая устойчивость, что позволяет использовать их при повышенных температурах и в химически агрессивных средах. Высокие температуры (>1200 °С) и продолжительность (48–72 ч) процесса спекания керамических мембран существенно ограничивают их практическое применение [4].

Ранее [5–9] была показана возможность получения керамических мембранных материалов при относительно низких температурах спекания (850 °С) с использованием природного кварцевого песка Беларуси. Однако следует учитывать, что кварцевый песок в зависимости от его месторождения характеризуется различным химическим составом, размерами и морфологией частиц [10]. При этом наличие в нем примесей оксидов металлов и алюмосиликатных минералов существенным образом влияет на механическую прочность керамики, а фракционный состав на параметры ее пористой структуры [11].

Цель работы – изучить физико-химические свойства природных кварцевых песков Монголии и создать на их основе пористую керамику фильтрационного назначения.

Экспериментальная часть. В качестве исходных материалов исследовались образцы двух осадочных пород Монголии на основе кварцевого песка: местность Хустайн нуруу, Лун сумон, Тав аймаг (песок 1) и местность Гун-галуутай, район Багануур, окрестность Улаанбаатара (песок 2). Сравнительные исследования проводили с ранее изученным кварцевым песком Беларуси Лоевского месторождения.

При подготовке формовочных смесей из кварцевых песков использовали алюмосиликатную связку на основе силиката натрия и алюмината натрия (далее – АСС), пластификатор (легкоплавкое глинистое сырье), органическую выгорающую добавку (пшеничная мука) – порообразователь и неионогенный ПАВ (ОС-20). Выбор АСС в качестве связующего при получении пористой керамики на основе кварцевого песка обусловлен тем, что высокая адгезия его к кварцу обеспечивает необходимую механическую прочность и водостойкость изделия. Кроме того, его быстрое твердение способствует сохранению формы прессовок на протяжении всего технологического цикла изготовления пористой керамики. Дополнительное введение в шихту неионогенного ПАВ увеличивает смачиваемость частиц кварца и снижает вязкость алюмосиликатного связующего [12].

Формование образцов в форме таблеток (диаметр 19,0 мм, высота 9,0–13,0 мм) проводили методом одноосного прессования на гидравлическом лабораторном прессе ДП-36 («Карлцейсс», Германия). Спекали образцы в лабораторной печи СНОЛ (марка 7,2/1300) в воздушной среде при 850 °С в течение 3 ч, скорость нагрева образцов составляла 5 °С/мин.

Рентгенофазовый анализ (РФА) кварцевых песков проводили с использованием дифрактометра ДРОН-3 в Cu-K_α -монохроматизированном излучении в углах отражения 2θ от 10 до 80 град. Структуры поверхности и элементный состав кварцевых песков изучали при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201 JEOL (Япония).

Пористость керамик определяли методом гидростатического взвешивания по увеличению их массы и рассчитывали по формуле [13]

$$P = (1 - \rho_{\text{каж}} / \rho_{\text{ист}})100,$$

где P – общая пористость, %. Истинную плотность ($\rho_{\text{ист}}$) образцов определяли пикнометрически путем погружения в бензол, кажущуюся плотность ($\rho_{\text{каж}}$) – по объему бензола, вытесненного пропитанным водой образцом.

Оценку прочности керамических материалов на сжатие осуществляли по величине давления, разрушающего целостность образца-таблетки в процессе испытания. Размер пор образцов оценивали методом «пузырька» в воде и рассчитывали по формуле [14]

$$D = 4\gamma\cos\theta / P,$$

где D – размер пор, м; γ – поверхностное натяжение жидкости (для воды 72 Н/м); θ – краевой угол смачивания материала (для воды, как правило, принимается равным нулю, поскольку вода идеально смачивает силикатную керамику);

P – давление (Па), при котором наблюдается равномерный ток пузырьков со всей поверхности образца.

Результаты и их обсуждение. Песок 1 отличается узким фракционным составом: основная масса частиц (99,0 %) имеет размер 200–400 мкм (табл. 1).

Таблица 1. Гранулометрический состав кварцевых песков Монголии и Беларуси

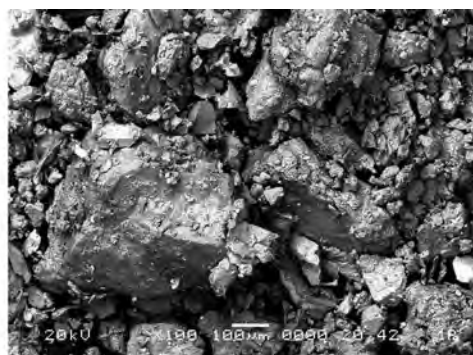
Наименование образца	Гранулометрический состав, масс. %					
	>1000 мкм	630–1000 мкм	400–630 мкм	200–400 мкм	80–200 мкм	<80 мкм
Песок 1	0	0	0	70,3	28,7	1,0
Песок 2	31,4	14,7	39,6	8,8	2,5	3,0
Песок Беларуси	0	0,3	2,9	80,2	16,7	<0,1

Образец кварцевого песка 2 также, как и песок 1, имеет красно-коричневую окраску, что свидетельствует о наличии примесей в его составе, однако по сравнению с песком 1 характеризуется более широким распределением частиц по размерам (табл. 1), при этом содержание крупных частиц размером >630 мкм составляет около 46 масс. %. На рис. 1, б можно отметить, что реальное содержание фракции <80 мкм намного выше представленного в табл. 1 (3 масс. %), так как значительное количество мелких частиц чешуйчатой формы когезионными силами удерживается на поверхности более крупных. Форма частиц песка 2 и его гранулометрический состав характерны для материала, подвергавшегося механическому измельчению.

По данным РФА (рис. 2, а) в песке 1 на долю кварца приходится ≈ 72 масс. % и ≈ 22 масс. % минерала альбит, относящегося к полевым шпатам, также в незначительных количествах (по 3 масс. %) присутствуют микроклин и флогопит. Песок 2 содержит относительно низкое количество кварца – 7 масс. %, альбита – 28 масс. %, микроклина – 12 масс. %, флогопита – 2 масс. % и каолинита – 1 масс. % (рис. 2, б).



а



б

Рис. 1. Электронно-микроскопические изображения кварцевых песков Монголии (а – песок 1; б – песок 2)

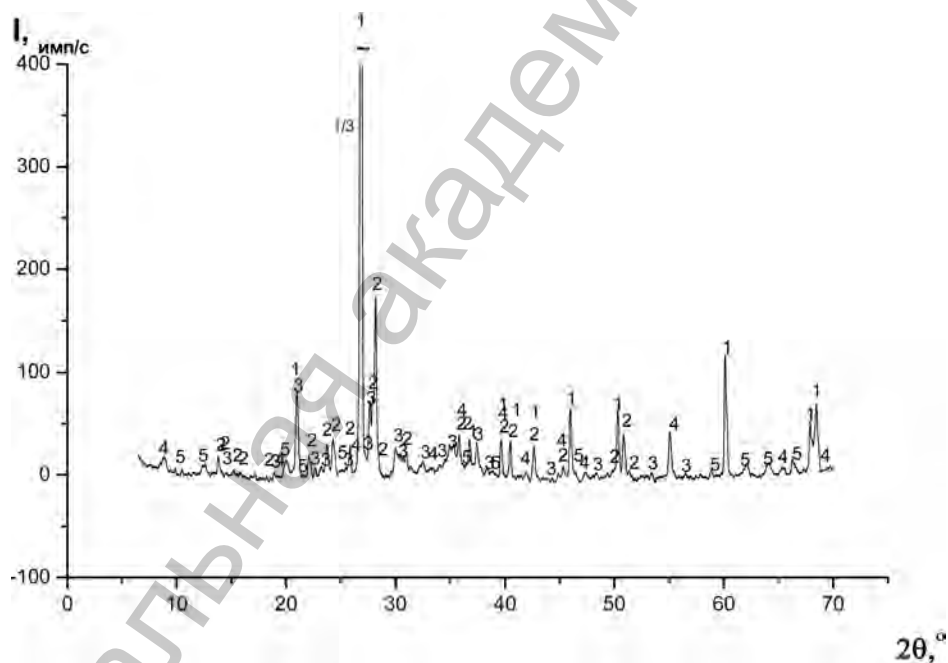
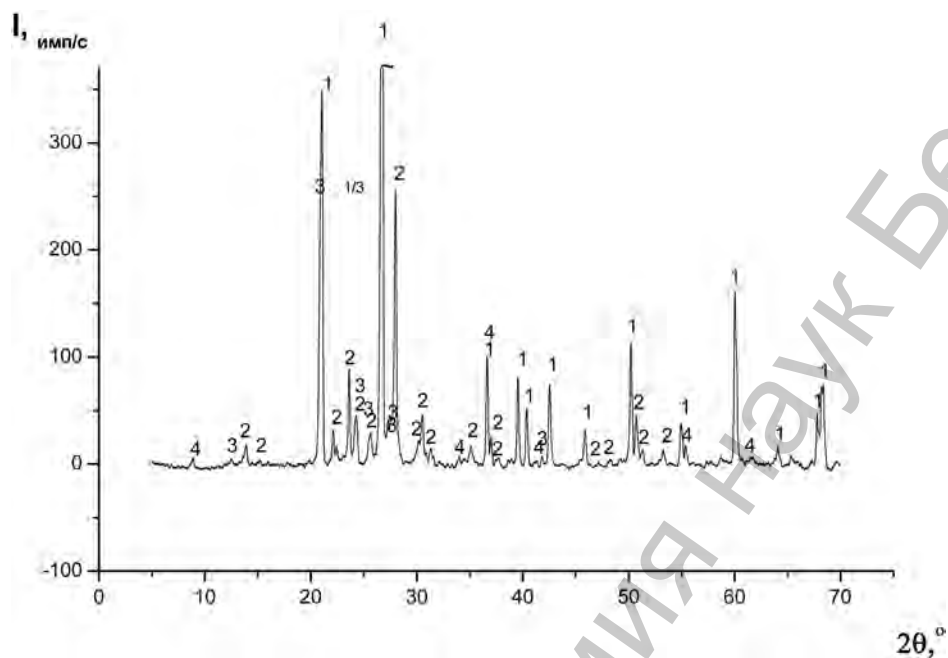


Рис. 2. Рентгенограммы кварцевых песков Монголии (а – песок 1: 1 – SiO_2 (кварц); 2 – $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (альбит); 3 – KAlSi_3O_8 (микроклин); 4 – $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ (флогопит); б – песок 2: 1 – SiO_2 (кварц); 2 – $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (альбит); 3 – KAlSi_3O_8 (микроклин); 4 – $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ (флогопит); 5 – $\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$ (каолинит))

Меньшее содержание кварца в песке 2 в сравнении с песком 1 подтверждается данными рентгенофлуоресцентного анализа (табл. 2). Данные РФА кварцевого песка 1 полностью согласуются с результатами рентгенофлуоресцентного анализа (табл. 2). Присутствие примесей в кварцевых частицах обуславливает наблюдаемое многообразие цветовых оттенков и степень прозрачности кварцевых зерен, образующих песок 1.

Таблица 2. Данные рентгенофлуоресцентного анализа кварцевых песков Монголии

Наименование образца	Содержание оксидов, масс. %							
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	CaO	TiO ₂
Песок 1	12,2	77,5	4,2	2,2	0,5	1,5	0,3	1,1
Песок 2	17,6	71,9	5,0	0,9	1,5	0,8	1,3	0,6

Гранулометрический состав песка является основным фактором, определяющим размер пор фильтрующего материала, который в случае подложки микрофильтрационных мембран не должен превышать 50–100 мкм. При формировании пористой структуры материала из частиц квазисферической формы размер пор, как правило, в 4–5 раз меньше размера каркасообразующих частиц [1]. Таким образом, по фракционному и химическому составу изученных песков Монголии только песок 1 является пригодным для получения пористой керамики фильтрационного назначения, поэтому дальнейшие исследования по получению керамических образцов проводились с его использованием.

Высокая хрупкость и крайне низкая пластичность частиц кварца не позволяют получать прессованием материалы на его основе без использования связующего, которое обеспечивает такие важные характеристики образцов, как механическую прочность и гидrolитическую устойчивость, и выгорающих добавок, которые одновременно выполняют роль пластификаторов и участвуют в формировании пористости образцов, предотвращая образование закрытых пор в процессе формирования керамики.

Учитывая высокое содержание оксида железа в песке 1, для сравнения получена серия образцов из песка 1, предварительного отмытого в растворе соляной кислоты до полного исчезновения красно-коричневой окраски. Соотношение компонентов в формируемой смеси для всех образцов одинаковое и соответствует базовому составу для кварцевого песка Беларуси [5]. Образцы, полученные из песка 1 (табл. 3), характеризуются высокой открытой пористостью (33–35 %) и превосходят по данному показателю изделия, полученные из песка Беларуси. Керамика на основе песка 1 Монголии более чем в 3 раза уступает по прочности образцам, полученным из песка Беларуси. Предварительная отмывка песка 1 в соляной кислоте приводит к падению прочности образцов. Обе серии керамик на основе песка 1, полученных из смеси с соотношением компонентов для базового состава песка Беларуси, не могут быть использованы для получения фильтрационных материалов вследствие низкой механической прочности. Данные

результаты можно объяснить тем, что в отличие от песка Беларуси (практически беспримесный кварцевый песок) содержание кварца в песке 1 не превышает 72 масс. % (рис. 2, а). Значительное количество альбита, микроклина и флагопита в монгольском сырье, вступающих во взаимодействие с алюмосиликатным связующим, приводит к получению спеченных образцов пониженной прочности.

Т а б л и ц а 3. Сравнительные свойства образцов, полученных из песков Монголии и Беларуси

Наименование образца	Состояние	Открытая пористость, %	Прочность на сжатие, МПа
Песок Беларуси	исходное	27,5 (27,1–27,9)	41,4 (28,2–60,5)
Песок 1	исходное	33,2 (30,7–33,4)	13,6 (12,1–14,8)
	после отмывки в 25 %-ном растворе HCl	34,8 (34,1–35,7)	9,4 (8,1–10,8)

С целью оптимизации компонентного состава формируемой керамической смеси получены серии образцов на основе песка 1 с варьируемым содержанием алюмосиликатного связующего и порообразователя (пшеничной муки) при постоянном содержании кварцевого песка 34,5 г, пластификатора 3,0 г и ПАВ 0,35 г. Каждая из серий содержала не менее пяти образцов. Из данных табл. 4 видно, что увеличение содержания выгорающей добавки от 4,0 до 8,5 г приводит к повышению пористости и понижению прочности образцов при спекании, вплоть до нарушения их целостности (серии 7 и 8). При этом пористость прямо, а механическая прочность обратно пропорциональны содержанию порообразователя в формируемой смеси. Повышение пористости образцов, наблюдаемое при увеличении содержания пшеничной муки, обусловлено ростом количества пустот, образующихся при выгорании органической добавки в процессе спекания. Если порообразователь полностью выгорает на ранней стадии процесса спекания (до 600–700 °С), не взаимодействуя с остальными компонентами шихты, то алюмосиликатное связующее активно взаимодействует с частицами кварцевого песка и глинистыми

Т а б л и ц а 4. Механическая прочность и пористость керамических образцов на основе песка 1 Монголии

Серия	Содержание компонентов в формируемой смеси, г		Свойства	
	Связующее	Порообразователь	Пористость, %	Прочность на сжатие, МПа
1*	4,5	6,0	30,9	9,4
2*	5,5	6,0	32,2	9,4
3	6,5	6,0	30,0 (28,6–31,3)	15,6 (12,1–18,8)
4	7,5	6,0	30,9 (29,8–31,9)	21,1 (14,8–18,8)
5	6,0	4,0	28,5 (26,7–30,2)	30,5 (25,6–33,6)
6	6,0	5,5	29,8 (29,3–30,8)	16,1
7	6,0	7,0	—**	—**
8	6,0	8,5	—**	—**

Примечания: * – данные по одному образцу, так как остальные потеряли целостность при спекании; ** – образцы потеряли целостность при спекании.

добавками. Увеличение содержания связующего приводит к повышению прочности образцов (табл. 4, серии 1–4). В образцах серий 1 и 2 содержание алюмосиликата натрия недостаточно для обеспечения целостности образцов, что приводит к локальному нарушению гомогенности состава шихты по объему прессовок и разрушению образцов после спекания.

Как видно из данных табл. 4, наиболее высокими значениями пористости при требуемой механической прочности характеризуются образцы серии 5, полученные на основе песка 1 Монголии. Оценочный тест по определению размера пор показал, что большая часть пор керамических образцов вне зависимости от состава формуемой смеси находится в диапазоне 50–100 мкм, что является ожидаемым результатом, так как размер пор преимущественно обусловлен размером каркасообразующих частиц, которые были одинаковы для всех образцов.

Заключение. Изучены физико-химические свойства кварцевых песков Монголии, разработан компонентный состав формуемой смеси на основе песка месторождения Хустайн нуруу, Лун сумон, Тав аймаг, позволивший получить керамические материалы с размером пор 50–100 мкм, открытой пористостью 28 % и механической прочностью на сжатие 30 МПа, для использования в качестве подложки микрофильтрационных керамических мембран.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № X14МН-005).

Литература

1. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. М., 1999. – 513 с.
2. Yoshino Y., Suzuki T., Nair B. et al. // J. Membr. Sci. 2005. N 267. P. 8–17.
3. Trong D., Desplandier-Giscard D., Danumah C. et al. // Appl. Catal. 2001. Vol. 222, N 1–2. P. 299–357.
4. Agoubjil N., Benmouhoub N., Larbot A. // Desalination. 2005. Vol. 184. P. 65–69.
5. Азарова Т. А., Азаров С. М., Ратько А. И. и др. // Материаловедение. 2008. № 8. С. 36–41.
6. Азаров С. М., Петюшик Е. Е., Азарова Т. А. и др. Пористая алюмосиликатная керамика. Минск, 2009. – 258 с.
7. Иванец А. И., Ратько А. И., Азаров С. М. // Критические технологии. Мембраны. 2009. № 2. С. 9–14.
8. Иванец А. И., Ратько А. И., Азаров С. М. // Неорганические материалы. 2009. Т. 45, № 12. С. 1481–1485.
9. Азаров С. М., Азарова Т. А., Петюшик Е. Е. и др. Композиционные материалы на основе силикатов и алюмосиликатов. Минск, 2014. – 175 с.
10. Ратько А. И., Азарова Т. А., Азаров С. М. и др. // Порошковая металлургия. Минск, 2012. Вып. 35. С. 136–143.
11. Ivanets A. I., Rat'ko A. I., Azarova T. A. et al. // Ceramics International. 2014. Vol. 40, N 8. P. 12343–12351.
12. Ратько А. И., Иванец А. И., Степанова Е. А. и др. // Физико-химия поверхности и защита материалов. 2009. Т. 45, № 2. С. 222–227.
13. Галенко Н. П., Леванюк Т. А., Веселов В. В. и др. // Катализ и катализаторы. 1972. № 9. С. 92–99.
14. Брок Т. Мембранная фильтрация. М., 1987. – 463 с.

*A. I. IVANETS, T. A. AZAROVA, S. V. SHEMCHENOK, D. BATSUREN,
J. TUNSAG, J. OYUNTSETSEG, V. A. TARASEVICH, V. E. AGABEKOV*

**SYNTHESIS AND PROPERTIES OF POROUS CERAMIC
BASED ON QUARTZ SANDS OF MONGOLIA**

Summary

Physico-chemical properties (phase composition, the particle size distribution, morphology) of natural quartz sand of Mongolia have been studied. The influence of the content of a pore-forming (wheat flour) and a binder (sodium aluminosilicate) additives in the composition of the ceramic mixture on the porosity and mechanical strength of ceramics has been established. The obtained samples are characterized by a pore size of 50–100 μm , a porosity of 28 % and the mechanical compressive strength of 30 MPa and it can be used as the substrate of ceramic microfiltration membranes.

УДК 616.858-06:616.894]-07

Е. В. МАЗУРЕНКО¹, В. В. ПОНОМАРЕВ¹, Р. А. САКОВИЧ²

ВОЗМОЖНОСТИ НОВЫХ МЕТОДОВ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НИГРОСТРИАРНОЙ СИСТЕМЫ У ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ ПАРКИНСОНА

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования

²2-я клиническая больница г. Минска

(Поступила в редакцию 23.02.2015)

Проведен обзор современных методов нейровизуализации, которые могут использоваться как дополнительные инструментальные методики, позволяющие подтвердить диагноз болезни Паркинсона (БП) и оценить функциональное состояние nigrostriarной системы. Обследовано 40 пациентов с БП и 28 здоровых людей группы контроля, у которых оценивались выраженность двигательных, когнитивных нарушений и нейровизуализационные данные (транскраниальная сонография (ТКС) и диффузионно-тензорная МРТ (ДТ-МРТ)). Сопоставление результатов двух новых методов нейровизуализации и клинических данных позволило выявить патогенетическую природу феномена гиперэхогенности черной субстанции при ТКС, отражающего, по данным нашего исследования, гибель клеток любой природы – как нейродегенеративной, так и связанной с возрастом. Установлено, что при возрастных изменениях утрата клеток происходит преимущественно в каудальных отделах черной субстанции, а при БП – в проксимальных ее отделах. Выявлено, что проведение ДТ-МРТ с измерением фракционной анизотропии и измеряемого коэффициента диффузии может использоваться как дополнительный нейровизуализационный маркер, подтверждающий диагноз БП.

Введение. Болезнь Паркинсона (БП) – хроническое прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, обусловленное прогрессирующей гибелью nigrostriarных дофаминпродуцирующих нейронов с формированием в них телец Леви. Подтверждением диагноза БП является обнаружение телец Леви в черной субстанции при патоморфологическом исследовании, что невозможно при жизни больного [1]. Прижизненная диагностика БП базируется на выявлении клинических признаков заболевания и дифференциальной диагностике с другими заболеваниями, сопровождающимися синдромом паркинсонизма. На протяжении почти двух столетий, прошедших с момента описания болезни в 1817 г., и до по-

следнего десятилетия диагноз БП во всем мире ставился исключительно на основании клинических данных и не имел лабораторного или инструментального подтверждения. Прогресс в нейрорадиологии и внедрение новых методов нейровизуализации позволили не только подтверждать диагноз БП инструментально, но и исследовать состояние nigrostriарной системы *in vivo*. Такие возможности выявлены у нескольких современных методик нейровизуализации: позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ), МРТ с использованием режима диффузионного тензора и транскраниальной сонографии (ТКС) [2].

Методы радиоизотопной компьютерной нейровизуализации – ПЭТ и ОФЭКТ в настоящее время обладают наибольшими диагностическими возможностями, так как позволяют с высокой точностью оценить состояние пресинаптических (нигроstriарных окончаний) и постсинаптических структур (стриарных нейронов) и инструментально подтвердить диагноз БП [3; 4]. Как было показано в проведенных исследованиях, ПЭТ и ОФЭКТ выявляют специфические для БП изменения дофаминового обмена в базальных ганглиях за 3–6 лет до развития клинической картины БП [3]. Таким образом, ПЭТ и ОФЭКТ позволяют диагностировать БП на субклинической стадии, выявить лиц из группы риска развития субкортикальной дегенерации, а также являются биомаркерами степени прогрессирования заболевания [2; 5]. Они позволяют прижизненно изучать метаболическую и функциональную активность головного мозга путем анализа накопления радиофармпрепарата в различных областях мозга. Для оценки состояния nigrostriарных путей используются:

- 1) ПЭТ с F18-флюородопой (оценка метаболизма дофамина),
- 2) ПЭТ с 11C- или 18-F-дигидротетрабенезином (маркер переносчиков везикулярного моноамина),
- 3) ПЭТ и ОФЭКТ с препаратами на основе тропана C-RTI-32, F-CFT для ПЭТ и I-beta-CIT, I-FP-CIT, I-altropan, Tc-TRODAT для ОФЭКТ (маркеры переносчика дофамина в синаптической щели),
- 4) ПЭТ или ОФЭКТ с раклопридом (лигандом постсинаптических дофаминовых рецепторов),
- 5) ОФЭКТ с иодобензамидом, которая также позволяет оценить сохранность постсинаптических D2-рецепторов [2; 5].

При БП происходит уменьшение захвата F18-флюородопы нейронами скорлупы на стороне, противоположной моторным симптомам [5]. Критерием БП является снижение захвата F18-флюородопы в скорлупе на 30 % и более [6]. Существенным недостатком ПЭТ и ОФЭКТ является высокая стоимость обследования, ограничивающая их использование в рутинной клинической практике во всех экономически развитых странах мира. В Беларуси ПЭТ пока отсутствует. В связи с этим актуальным является исследование диагностических возможностей других новейших методик нейровизуализации, к которым, в частности, относится такой безопасный, неинвазивный и значительно более экономичный метод УЗИ-диагностики, как ТКС.

ТКС – метод ультразвуковой диагностики вещества головного мозга в В-режиме. В-режим (от английского brightness – яркость) дает информацию в виде двухмерных серошкальных томографических изображений анатомических структур в масштабе реального времени, что позволяет оценивать их морфологическое состояние. Применение ТКС началось с конца 1980-х годов для нейровизуализации гематом, опухолей, т. е. крупных паренхиматозных поражений головного мозга. За последние 10 лет возможности ТКС существенно расширились в связи с появлением нового поколения ультразвуковых аппаратов со значительно более высокими разрешающими способностями, что позволило идентифицировать нейроанатомические структуры небольших размеров, патология которых лежит в основе нейродегенеративных заболеваний. В 1995 г. Георг Беккер впервые описал характерное усиление эхосигнала в зоне топического расположения черной субстанции – «гиперэхогенность» черной субстанции при проведении ТКС у пациентов с БП [7]. Затем эти результаты были подтверждены другими исследователями [8–15]. По данным проведенных исследований, гиперэхогенность черной субстанции (ГЧС) выявляется у 68–99 % пациентов с БП [9; 13; 14; 16–20].

Однако у 9–10 % здоровых людей также выявляется ГЧС [8; 16; 17; 21; 22]. Исследования показали снижение накопления внутривенно введенной [¹⁸F]-DOPA в базальных ганглиях в группе клинически здоровых пациентов с ГЧС [8; 23]. Лонгитудинальное (на протяжении 3 лет) мультицентровое ТКС исследование 1847 пожилых людей без клинических проявлений БП выявило развитие БП у части здоровых людей с ГЧС [21]. Таким образом, рассчитанный риск развития БП у клинически здоровых лиц с ГЧС оказался в 17 раз выше, чем у лиц с нормальной эхогенностью черной субстанции [21]. Проведенные исследования позволили рассматривать ГЧС как потенциальный биомаркер премоторной стадии БП [16; 17; 21]. Однако остается спорным один из важных вопросов, является ли ГЧС маркером прогрессирования заболевания или только маркером риска БП?

Еще в [7] отмечалось наличие корреляции между степенью ГЧС и выраженностью моторных симптомов БП, а также дозой противопаркинсонических препаратов. Однако затем была выявлена неизменность площади ГЧС в течение 5 лет наблюдения за пациентами с БП [24]. В этом исследовании размер ГЧС не коррелировал с выраженностью моторных симптомов и оставался стабильным в течение 5 лет наблюдения несмотря на прогрессирование симптомов БП [24]. В связи с этим рядом исследователей было высказано предположение о том, что ГЧС является биомаркером функциональной несостоятельности черной субстанции и отражает скорее накопление железосвязанных белков, а не гибель дофамин-продуцирующих нейронов [24]. С другой стороны ряд авторов доказывают расширение площади ГЧС по мере увеличения длительности заболевания. Так, в [15] было показано динамическое увеличение площади ГЧС по мере течения заболевания у лиц с ранним паркинсонизмом и неизменность площади ГЧС у пациентов с БП с началом в позднем возрасте. В [19] отмечена меньшая площадь ГЧС у пациентов с гемипаркинсонизмом, что характерно для ранних стадий

заболевания, по сравнению с большей площадью ГЧС у пациентов, имеющих симметричные проявления БП на поздних стадиях болезни. Зависимость ГЧС от длительности БП выявлена также в [10]. Зависимость ГЧС от выраженности клинических проявлений БП и длительности заболевания отмечена в [12]. В [25] проведено ТКС и ОФЭКТ исследование 50 пациентам с БП, которое показало наличие обратной корреляционной зависимости между ГЧС и степенью дофаминергического дефицита, измеренного с помощью beta-CIT (маркера переносчика дофамина в синаптической щели). Выявлено увеличение размеров эхогенности черной субстанции с возрастом практически в линейной прогрессии, у детей ее размеры составили $0,06 \pm 0,05 \text{ см}^2$, у взрослых $0,13 \pm 0,08 \text{ см}^2$ [26]. Таким образом, требуются дальнейшие исследования для выявления корреляций феномена ГЧС с клиническими параметрами, что позволит выявить патогенетическую природу феномена ГЧС. Актуальным также является сопоставление результатов ТКС с другими методиками нейровизуализации, позволяющими оценить изменения, происходящие в черной субстанции.

Выявить изменения черной субстанции, специфичные для БП, позволяет, согласно последним исследованиям, новая методика МРТ – диффузионная тензорная МРТ (ДТ-МРТ). ДТ-МРТ позволяет оценить структурные нарушения на клеточном уровне [27]. Метод основан на измерении величины и направленности диффузии молекул воды в каждом объемном элементе (вокселе) изображения [28; 29].

ДТ-МРТ является единственным неинвазивным методом, позволяющим прижизненно изучать микроструктуру белого вещества, а также визуализировать пучки нервных волокон, соединяющих различные зоны мозга, т. е. проводить трехмерную трактографию. В отличие от стандартных импульсных последовательностей МРТ, являющихся методиками качественного анализа, ДТ-МРТ дает возможность количественно оценивать полученные изображения. Основными показателями, вычисляемыми из значений диффузионного тензора, являются измеряемый коэффициент диффузии (ИКД) и фракционная анизотропия (ФА). ИКД представляет собой рассчитанное значение коэффициента диффузии в каждом пикселе, при этом, чем больше «сила» диффузии, тем ярче пиксель и больше ИКД [27]. Очевидно, что диффузия воды в ликворе будет выше, чем в паренхиме мозга, где ее ограничивают естественные биологические барьеры – органеллы, крупные белки и мембраны [27]. ФА – это относительная величина, которая характеризует степень анизотропии – неодинаковости свойств среды по различным направлениям внутри этой среды, т. е. характеризует степень направленности структур и их целостность [30]. ФА равна нулю, когда диффузия однородна во всех направлениях, при направленной диффузии (например, в высокоорганизованных структурах белого вещества – трактах) значение ФА приближается к единице, в менее организованных структурах серого вещества ФА оказывается существенно ниже [27].

Гибель клеток вследствие нейродегенерации удаляет диффузионные барьеры, что приводит к увеличению коэффициента диффузии и снижению анизотропии,

что было продемонстрировано при ДТ-МРТ исследованиях нейродегенеративных заболеваний [31; 32]. При анализе ДТ-МРТ имеют место 2 подхода. Первый из них – определение показателей диффузионного тензора в областях интереса (regions of interests – ROI). Этот подход предполагает построение карт ФА и ручное выделение отдельных значимых структур головного мозга с определением в этих областях интереса скалярных индексов – коэффициента ФА и ИКД. Вторым подходом анализа ДТ-МРТ основан на использовании специальных программных приложений для постпроцессинговой обработки данных и проведения группового статистического анализа, наиболее часто используются Statistical Parametric Mapping (SPM) и Functional MRI software library (FSL).

При исследовании пациентов с БП с использованием ROI-подхода удалось выявить важный нейровизуализационный признак, а именно, снижение ФА в каудальных отделах черной субстанции [33]. В этом исследовании, проведенном на МР-томографе 3 Тесла, выделены 3 зоны интереса в области черной субстанции у группы пациентов с БП и группы контроля. Значимое снижение ФА в каудальных отделах черной субстанции у пациентов с БП позволило со 100 % специфичностью дифференцировать их от группы контроля. Этот нейровизуализационный биомаркер был предложен как дополнительный диагностический критерий, подтверждающий БП [33]. Подобные результаты были продемонстрированы и рядом других исследователей [34–36].

Однако в других работах не было получено значимой редукции ФА у пациентов с БП по сравнению с группой контроля [32; 37–39]. В ряде работ выявлено статистически значимое повышение ИКД или средней диффузионной способности (СДС) в черной субстанции у пациентов с БП [31; 32]. Обзор работ, исследующих изменения черной субстанции у пациентов с БП, показал высокую диагностическую ценность выявленного признака снижения ФА в черной субстанции [40]. Однако недавний мета-анализ, включивший самые последние работы, не подтвердил значимости этого признака [32].

Исследования в данной области продолжаются, поскольку крайне важным является выявление надежного, безопасного и доступного биомаркера БП с помощью новейших методов нейровизуализации. В Беларуси подобных исследований ранее не проводилось.

Цель работы – провести анализ ДТ-МРТ и ТКС пациентов с БП и здоровых людей группы контроля и на основе полученных результатов оценить изменения в черной субстанции, связанные с возрастными изменениями и БП.

Материалы и методы исследования. В исследование включены 40 пациентов с БП в возрасте от 41 до 79 лет (23 мужчин – 58 %, 17 женщин – 42 %) и 28 здоровых человек группы контроля, не страдающих экстрапирамидными заболеваниями, без отягощенного семейного анамнеза по данной патологии. Группа контроля была сопоставима по полу и возрасту с основной группой. Обследование включало оценку неврологического статуса, когнитивных функций и проведение ТКС (рис. 1) и ДТ-МРТ (рис. 2). Тяжесть двигательных нарушений при БП оце-

нивали по унифицированной рейтинговой шкале оценки проявлений БП – UPDRS (Unified Parkinson’s Disease Rating Scale), III подраздел. Оценку когнитивных функций проводили по «Краткой шкале оценки психического статуса» (Mini-Mental State Examination – MMSE), «Батарее исследования лобной дисфункции» (Frontal Assessment Battery), «Шкале оценки когнитивных функций при болезни Паркинсона» (Parkinson’s Disease-Cognitive Rating Scale – PD-CRS) [41]. ТКС выполняли на ультразвуковом сканере экспертного класса Aplio XG фирмы Toshiba (Япония) в В-режиме фазированным секторным датчиком частотой 2,5 МГц. Сонографическое исследование проводили согласно разработанному международному стандарту проведения обследования при экстрапирамидных расстройствах через височное акустическое окно по орбитомеатальной линии в преаурикулярной области с двух сторон в аксиальной плоскости сканирования [17; 22]. ГЧС признавали, если измеренная площадь превышала нормальные значения, полученные в популяционных исследованиях ($>0,20 \text{ см}^2$) [22].

МРТ выполняли на томографе Philips с индукцией магнитного поля 1,5 Тесла в стандартных режимах и в режиме ДТ-МРТ. Полученные изображения обчитывались с помощью встроенной постпроцессорной программы Neuro 3D, которая включала построение карты ФА, вычисление ИКД, коэффициента ФА и трактографию с реконструкцией проводящих путей в трехмерной плоскости. Дополнительно рассчитывали значения ИКД и ФА для вентрального, медиального и каудального отделов черной субстанции, передних и задних квадрантов головного мозга, мозолистого тела.

Статистический анализ проводили при помощи пакета программ Statistica v.8.0 с использованием непараметрических методов, поскольку большинство анализи-



Рис. 1. Транскраниальная сонография – измерение площади гиперэхогенности черной субстанции у пациента с БП



Рис.2. Диффузионно-тензорная МРТ – измерение показателей диффузионного тензора в вентральном, медиальном и каудальном отделах черной субстанции с двух сторон

руемых переменных не подчинялись закону нормального распределения. Для сравнения двух независимых признаков использован критерий Манна–Уитни. Корреляционный анализ выполнен по Спирмену. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Результаты и их обсуждение. При анализе и сопоставлении данных клинического обследования пациентов и результатов ТКС выявлены значимые клинико-сонографические зависимости между выраженностью когнитивных нарушений и параметрами ТКС, а именно между суммарной площадью ГЧС и балльной оценкой по всем когнитивным шкалам (MMSE Spearman $r = -0,51$, $p = 0,0007$, FAB $r = -0,36$, $p = 0,02$, PD-CRS $r = -0,46$, $p = 0,002$), а также между шириной III желудочка и всеми когнитивными шкалами. При анализе и сопоставлении данных клинического обследования пациентов и результатов ДТ-МРТ выявлено, что у пациентов с БП с выраженными когнитивными нарушениями вплоть до деменции отмечалось наличие более выраженных нейродегенеративных изменений в черной субстанции с повышением ИКД вентральных и каудальных отделов черной субстанции ($p = 0,03$ и $p = 0,02$ соответственно). При ДТ-МРТ пациентов с деменцией выявлено также значительное микроструктурное поражение белого вещества всего головного мозга в виде повышения суммарного ИКД от всех

квадрантов головного мозга ($p = 0,04$), особенно значимое в задних квадрантах ($p = 0,003$) и мозолистом теле ($p = 0,003$).

При сопоставлении результатов ДТ-МРТ группы пациентов с БП и здоровых лиц группы контроля выявлены статистически значимые изменения показателей диффузионного тензора во всех трех отделах черной субстанции у пациентов с БП по сравнению с группой контроля. Нами отмечено снижение ФА во всех отделах черной субстанции (вентральном, медиальном и каудальном) у пациентов с БП по сравнению с группой контроля и статистически значимое повышение суммарного ИКД черной субстанции (критерий Манна–Уитни $U = 394,0$ $z = 2,06$ $p = 0,03$), наиболее значимое в вентральных отделах черной субстанции с двух сторон (критерий Манна–Уитни $U = 347,0$; $z = 2,65$; $p = 0,007$). Полученные результаты согласуются с результатами ранее проведенных исследований, свидетельствующих, что гибель клеток вследствие нейродегенерации, удаляя диффузионные барьеры, сопровождается увеличением коэффициента диффузии ИКД и снижением анизотропии (коэффициента ФА) [31; 32]. Выявленные результаты свидетельствуют о том, что проведение ДТ-МРТ с измерением ФА и ИКД в черной субстанции позволяет дифференцировать пациентов с БП и здоровых лиц и наиболее выраженные изменения при БП происходят в вентральных отделах черной субстанции. Таким образом, повышение ИКД и снижение ФА в черной субстанции (преимущественно ее вентральных отделов) может служить биомаркером БП и позволяет инструментально подтвердить диагноз БП.

При сопоставлении результатов ТКС и ДТ-МРТ, оценивающих изменения в черной субстанции, выявлено, что данные ТКС коррелировали с результатами ДТ-МРТ. В общей группе обследованных увеличение суммарной ГЧС коррелировало с повышением ИКД суммарной (Spearman $r = 0,34$, $p = 0,004$), а также с повышением ИКД в вентральных отделах с двух сторон (Spearman $r = 0,43$, $p = 0,0002$) и повышением ИКД в каудальных отделах с двух сторон (Spearman $r = 0,31$, $p = 0,01$). Снижение ФА в вентральных отделах справа коррелировало с увеличением ГЧС справа (Spearman $r = -0,26$ $p = 0,03$). Полученные данные свидетельствуют о том, что оба применяемых метода нейровизуализации позволяют выявить процессы утраты нейронов черной субстанции. Однако, согласно данным нашего исследования, с возрастом происходит утрата нейронов преимущественно в каудальных отделах черной субстанции, а при БП преимущественно в вентральных отделах черной субстанции. В частности, у пациентов с БП отмечена корреляция между ГЧС и ИКД вентральных отделов черной субстанции (параметр ДТ-МРТ) ($r = 0,34$, $p = 0,03$). У здоровых лиц группы контроля ГЧС коррелирует с ИКД каудальных отделов черной субстанции ($r = 0,54$, $p = 0,002$ справа). Таким образом, утрата нейронов, связанная с возрастом, происходит преимущественно в каудальных отделах черной субстанции, а гибель нейронов, связанная с БП, идет преимущественно в вентральных отделах черной субстанции. Полученные нами данные согласуются с результатами патоморфологических исследований [42]. Авторы [42], анализируя потерю нейронов в компактной

части черной субстанции, установили, что с возрастом происходит линейная потеря нейронов преимущественно в каудальных отделах черной субстанции (в вентральных отделах 2,1 % за десятилетие и 6,9 % в каудальных отделах), с общей потерей за десятилетие 4,7 % нейронов. При БП авторами была выявлена экспоненциальная потеря нейронов с паттерном, противоположным старению – потеря была наибольшей в вентральных отделах (средняя потеря 91 %), за которым следовал каудальный отдел черной субстанции (56 %), с общей потерей 45 % нейронов в первое десятилетие [42]. Таким образом, полученные данные позволяют сделать предположение, что ГЧС коррелирует с гибелью нейронов любой природы, как связанной с возрастом, так и связанной с заболеванием, а не является просто маркером предрасположенности к БП, как считалось ранее. С возрастом происходит постепенное увеличение размеров экзогенной зоны в области топического расположения черной субстанции, что подтверждают данные [26], которое однако не превышает 0,2 см². При БП потеря нейронов более массивна, она превышает критический порог в 0,2 см², при этом нейродегенерации подвергаются преимущественно вентральные отделы черной субстанции.

Заключение. Сопоставление результатов двух новых методов нейровизуализации позволило выявить патогенетическую природу феномена ГЧС, отражающего, по данным нашего исследования, гибель клеток любой природы – как нейродегенеративной, так и связанной с возрастом, при этом в случае возрастных изменений утрата клеток происходит преимущественно в каудальных отделах черной субстанции, а при БП – в проксимальных ее отделах. Проведение ДТ-МРТ с измерением ФА и ИКД может использоваться как дополнительный нейровизуализационный маркер, подтверждающий диагноз БП.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект М13-053).

Литература

1. Hughes A. J., Daniel S. E., Kilford L., Lees A. J. // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr. 1992. Vol. 55. P. 181–184.
2. Brooks D. J., Pavese N. // Progress in Neurobiology. 2011. Vol. 95. P. 614–628.
3. Иллариошкин С. Н. Болезнь Паркинсона и расстройства движений. Руководство для врачей. По материалам II Национального конгресса по болезни Паркинсона и расстройствам движений / Под ред. С. Н. Иллариошкина, О. С. Левина. М., 2011. – 413 с.
4. Левин О. С., Федорова Н. В. Болезнь Паркинсона. 3-е изд. М., 2012. – 351 с.
5. Pavese N., Brooks D. J. // Biochimica et Biophysica Acta. 2009. Vol. 1792. P. 722–729.
6. Катунина Е. А., Тумова Н. В., Авакян Г. Н. // Журн. неврологии и психиатрии. 2010. № 12. С. 112–118.
7. Becker G., Seufert J., Bogdahn U. et al. // Neurology. 1995. Vol. 45. P. 182–184.
8. Berg D., Becker G., Zeiler B. et al. // Neurology. 1999. Vol. 53. P. 1026–1031.
9. Walter U., Wittstock M., Benecke R. et al. // J. Neural. Transm. 2002. Vol. 109. P. 191–196.
10. Kim J. Y., Kim S. T., Jeon S. H., Lee W. Y. // Mov. Disord. 2007. Vol. 22. P. 1922–1926.
11. Okawa M., Miwa H., Kajimoto Y. et al. // Intern. Med. 2007. Vol. 46(18). P. 527–531.
12. Tsai C. F., Wu R. M., Huang Y. W. et al. // J. Neurol. 2007 Apr. Vol. 254(4). P. 501–507.
13. Huang Y. W., Jeng J. S., Tsai C. F. et al. // Mov. Disord. 2007. Vol. 22. P. 187–192.

14. Budisic M., Trkanjec Z., Bosnjak J. et al. // *Acta Neurol. Scand.* 2009. Vol. 119(1). P. 17–21.
15. Федотова Е. Ю. Транскраниальная сонография в диагностике болезни Паркинсона: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2010. – 24 с.
16. Berg D. // *J. Neural. Transm.* 2011. Vol. 118. P. 453–461.
17. Berg D., Godau J., Walter U. // *Lancet Neurol.* 2008. Vol. 7. P. 1044–1055.
18. Vlaar A. M., Bouwmans A., Mess W. H. et al. // *J. Neurol.* 2009. Apr. Vol. 256(4). P. 530–538.
19. Bártoová P., Školoudík D., Rössner P. et al. // *J. Ultrasound Med.* 2010. Vol. 29. P. 37–42.
20. Zecca L., Berg D., Arzberger T. et al. // *Mov. Disord.* 2005. Vol. 20. P. 1278–1285.
21. Berg D., Seppi K., Behnke S. et al. // *Arch. Neurol.* 2011. Vol. 68(7). P. 932–937.
22. Walter U., Behnke S., Eyding J. et al. // *Ultrasound in Medicine and Biology.* 2007. Vol. 33. P. 15–25.
23. Behnke S., Schroeder U., Dillmann U. et al. // *NeuroImage.* 2009. Vol. 47(4). P. 1237–1243.
24. Berg D., Merz B., Reiners K. et al. // *Mov. Disord.* 2005. Vol. 20. P. 383–385.
25. Weise D., Lorenz R., Schliesser M. et al. // *Mov. Disord.* 2009. Vol. 24(11). P. 1669–1675.
26. Hagenah J., König I. R., Sperner J. et al. // *NeuroImage.* 2010. Vol. 51(1). P. 28–32.
27. Кутаев С. В., Попова Т. А. // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2012. Т. 6, № 1. С. 48–53.
28. Добрынина Л. А., Коновалов П. Н., Кремнева Е. И., Кадыков А. С. // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2012. Т. 6, № 2. С. 4–10.
29. Устюжанина М. К., Синицын В. Е. // *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2007. Т. 1. С. 89–97.
30. Куликова С. Н., Брюхов В. В., Переседова А. В. и др. // *Журн. неврологии и психиатрии.* 2012. № 2, Вып. 2. С. 52–59.
31. Gattellaro G., Minati L., Grisoli M. et al. // *Am. J. Neuroradiol.* 2009. Vol. 30. P. 1222–1226.
32. Schwarz S. T., Abaei M., Gontu V. et al. // *NeuroImage: Clinical.* 2013. Vol. 3. P. 481–488.
33. Vaillancourt D. E., Spraker M. B., Prodoehl J. et al. // *Neurology.* 2009. Vol. 72. P. 1378–1384.
34. Yoshikawa K., Nakata Y., Yamada K., Nakagawa M. // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2004. Vol. 75. P. 481–484.
35. Zhan W., Kang G. A., Glass G. A. et al. // *Mov. Disord.* 2012. Vol. 27. P. 90–97.
36. Du G., Lewis M. M., Sen S. et al. // *Mov. Disord.* 2012. Vol. 27. P. 1636–1643.
37. Chan L.-L., Rumpel H., Yap K. et al. // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2007. Vol. 78. P. 1383–1386.
38. Menke R. A., Jbabdi K. L., Miller P. M. et al. // *NeuroImage.* 2010. Vol. 52. P. 1175–1180.
39. Focke N. K., Helms G., Pantel P. M. et al. // *Am. J. Neuroradiol.* 2011. Vol. 32. P. 2087–2092.
40. Cochrane C. J., Ebmeier K. P. // *Neurology.* 2013. Vol. 80. P. 857–864.
41. Pagonabarraga J., Kulisevsky J., Llebaria G. et al. // *Movement Disorders.* 2008. Vol. 23, N 7. P. 998–1005.
42. Fearnley J. M., Lees A. J. // *Brain.* 1991. Vol. 114, Pt. 5. P. 2283–2301.

K. V. MAZURENKA, V. V. PONOMAREV, R. A. SAKOVICH

CAPABILITIES OF NEW NEUROIMAGING TECHNIQUES IN THE EVALUATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE NIGROSTRIATAL SYSTEM IN PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE

Summary

The article provides an overview of modern neuroimaging techniques can be used as additional tools to confirm the diagnosis of Parkinson's disease (PD) and to assess the functional state of the nigrostriatal system. The study involved 40 patients with PD and 28 healthy control subjects, severity of motor, cognitive disorders and neuroimaging data (transcranial sonography (TCS) and diffusion tensor MRI (DT-MRI) were evaluated. Comparison of the results of two new neuroimaging techniques and clinical data revealed the pathogenic nature of the phenomenon of the substantia nigra hyperechogenicity at TCS, reflecting, according to our research, cell death of any nature – as neurodegenerative and age-related. Thus the loss of cells if age-related changes occur mainly in the caudal substantia nigra, and in PD – in the proximal sections of its. Carrying out DTI with measuring of fractional anisotropy and apparent diffusion coefficient can be used as an additional neuroimaging biomarker confirming the diagnosis of PD.

ВЕСТНИК ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, № 1, 2015

на русском и белорусском языках

Редактор Т. П. Петрович

Компьютерная верстка О. Л. Смольская

Подписано в печать 17.03.2015. Выход в свет 30.03.2015. Формат 70 × 100¹/₁₆. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 7,8. Уч.-изд. л. 6,3. Тираж 122 экз. Заказ 46.

Цена номера: индивидуальная подписка – 51 600 руб.; ведомственная подписка – 52 787 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.