

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ – РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ»
(ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ)

ИННОВАТИКА И ЭКСПЕРТИЗА

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
Выпуск 3 (18)

МОСКВА 2016

Editor-in-chief

G.I. Bakhturin, General Director of SRI FRCEC, Doctor of Engineering

Editorial Board:

P.B. Melnik, Deputy General Director of SRI FRCEC for R&D, Deputy Chief Editor, Doctor of Engineering;

K.V. Lebedev, Deputy General Director of SRI FRCEC for R&D, Doctor of Economics;

I.I. Kurochka, Scientific Secretary, Executive Secretary of the editorial Board, Doctor of Physics and Mathematics;

A.A. Tugarinov, Executive Editor for the collection;

Y.N. Andreyev, Chief Scientific Officer, Doctor of Economics;

B.V. Ivanov, Director of Centre;

N.P. Ivaschenko, Deputy Dean of the Faculty Economics, Lomonosov Moscow State University, Ph.D. of Economics;

A.V. Koltsov, Deputy Director of Centre, Doctor of Economics;

N.A. Mironov, Director of Centre, Doctor of Engineering;

Y.L. Rybakov, Director of Centre, Ph.D. of Biology;

I.A. Tugarinov, Advisor, Doctor of Geology and Mineralogy;

T.I. Turko, Director of Centre, Doctor of Biology;

E.L. Khitsunov, Head of Department

Innovatics and Expert Examination. The scientific works of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute – Federal Research Centre for Project Evaluation and Consulting Services» (SRI FRCEC). Moscow. SRI FRCEC, 2016. Vol. 3(18). 291 p.

This collection includes published scientific works of theoretical and practical nature made by analysts, specialists and experts of SRI FRCEC as well as of other scientific organizations and industrial enterprises, on the most important issues of Russia in the field of innovation, scientific and technological expert examination, economics and organization of scientific activity, scientific and technological cooperation. The topical issues touched upon, are related to the production and application of new high-tech raw materials, use of directional transmission of energy, prospects of development of energy, study of properties of new materials, including nanostructured materials; examination of trends of innovative development of Russia, results of the analysis of activity of economic entities and development of innovative infrastructures of universities; discussion of legal regulation of protected areas etc.

Scientific research and review-analytical articles of this collection may be useful for managers of institutions and enterprises, scientific research workers, experts, analysts and practitioners in the field of innovation management, development of innovative products, as well as for lecturers and students.

ISSN 1996-2274

© SRI FRCEC, 2016

EAN-13: 9771996227771

This collection was registered on 12 April 2007 in ROSOHRANKULTURA Agency PI № FS77-27730.

Editorial Address: 123317, Moscow, Antonov-Ovseenko St., 13, Bldg. 1

Tel.: (499) 259-69-92, **Fax:** (499) 256-45-41

E-mail: info@extech.ru

http://www.extech.ru

Главный редактор

Г.И. Бахтурин, генеральный директор ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук

Редакционная коллегия:

П.Б. Мельник, зам. ген. директора ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по научной работе, зам. гл. редактора, канд. техн. наук;

К.В. Лебедев, зам. ген. директора ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по научной работе, канд. экон. наук.;

И.И. Курочка, ученый секретарь, отв. секретарь редколлегии, канд. физ.-мат. наук;

А.А. Тугаринов, отв. редактор сборника;

Ю.Н. Андреев, гл. науч. сотр., канд. экон. наук;

Б.В. Иванов, дир. центра;

Н.П. Иващенко, зам. дек. эконом. факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р экон. наук;

А.В. Кольцов, зам. дир. центра, канд. экон. наук;

Н.А. Миронов, дир. центра, канд. техн. наук;

Ю.Л. Рыбаков, дир. центра, д-р биол. наук;

И.А. Тугаринов, советник, канд. геол.-минер. наук;

Т.И. Турко, дир. центра, канд. биол. наук;

Е.Л. Хицунов, нач. отдела

Инноватика и экспертиза. Научные труды Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы» (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ). М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2016. Вып. 3(18). 291 с.

В сборнике опубликованы научные труды теоретического и практического характера аналитиков, специалистов и экспертов ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ а также других научных организаций и производственных предприятий по наиболее актуальным для России проблемам в области инноватики, научной и научно-технической экспертизы, экономики и организации научной деятельности, научно-технического и технологического сотрудничества. Затронуты актуальные проблемы, связанные с добычей и применением нового высокотехнологичного сырья, использования направленной передачи энергии, перспективами развития энергетики, изучением свойств новых, в том числе наноструктурных материалов; рассматриваются направления инновационного развития России и др.

Научные и обзорно-аналитические статьи сборника могут быть полезными для руководителей учреждений и предприятий, научных работников, экспертов и аналитиков, практиков-производственников в области инновационного управления, разработки инновационных продуктов, а также для преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

ISSN 1996-2274

© ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2016

EAN-13: 9771996227771

Сборник зарегистрирован 12 апреля 2007 г. в Росохранкультуре, ПИ № ФС77-27730.

Адрес редакции: 123317, г. Москва, ул. Антонова-Овсеенко, д. 13, стр. 1

Тел.: (499) 259-69-92, **факс:** (499) 256-45-41

E-mail: info@extech.ru

http://www.extech.ru

CONTENTS

INNOVATION: THEORY AND PRACTICE

Bahturin G.I., Turko T.I., Plieva Z.R., Gudkova A.A., Odintsova N.N., Olshevsky D.V. Monitoring as a tool for assessment of the national innovation infrastructure	8
Andreyev Yu.N. Perspectives of monitoring of innovation activity of university complex of Russia	24
Koltsov A.V., Oktiabrskiy A.M., Khabarova T.V. Critical technologies and priority directions of development of science and technology within the framework of the federal target program of development of scientific-technological complex of the Russian Federation	31
Gudkova A.A., Odintsova N.N. Science cities of Russian Federation: state regulation of new quality development	55
Alexeyev P.N. Directions of nuclear energy development	67
Izyumov D.B., Kondratyuk E.L. Civilian network-centric warfare	81
Ryabtsev I.I., Jurkiewichus S.P. Scientific and technological problems of creation of quantum computers to promising models of equipment	87
Belikov D.V., Bobrinetsky I.I. Market development of new carbon nanomaterials	94

EXPERT EXAMINATION AND ANALYTICAL ACTIVITY

Bakhturin G.I., Logunov A.B., Mironov N.A. New manufacturing technologies: view expert of scientific-technical sphere	101
Kolmakov I.B., Koltsov A.V., Domozhakov M.V. Comparative analysis of regression and neural network short-term forecasting systems	118
Kondratyuk E.L., Izyumov D.B., Mironova D.S. System for technological forecasting and the definition of priorities of development of science and technologies in the Russian Federation	138
Lukasheva N.A. The results of monitoring contacts of Russian universities with international research centers	148
Alexeyev P.N. The place and role of thorium in nuclear power	164
Tarassenko V.S. Pathological mechanisms of acute pancreatitis	175
Vorontsov S.A., Gukasov V.M., Rasulov M.M., Myakinkova L.L. Prospects for the use of agonists of opioid receptors in ischemic lesions of the myocardium	184

СОДЕРЖАНИЕ

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Бахтурин Г.И., Турко Т.И., Плиева З.Р., Гудкова А.А., Одинцова Н.Н., Ольшевский Д.В. Мониторинг как инструмент оценки состояния национальной инновационной инфраструктуры	8
Андреев Ю.Н. Мониторинг инновационной деятельности вузовского комплекса России	24
Кольцов А.В., Октябрьский А.М., Хабарова Т.В. Критические технологии и приоритетные направления развития науки и техники в рамках реализации ФЦП развития научно-технологического комплекса Российской Федерации	31
Гудкова А.А., Одинцова Н.Н. Научноградская Российская Федерация: государственное регулирование нового качества развития	55
Алексеев П.Н. Направления развития системы ядерной энергетики	67
Исюмов Д.Б., Кондратюк Е.Л. Гражданские сетевые войны	81
Рябцев И.И., Юркевичус С.П. Научно-технические проблемы создания квантовых вычислителей для перспективных образцов техники	87
Беликов Д.В., Бобринецкий И.И. Развитие рынка новых углеродных наноматериалов ...	94

ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Бахтурин Г.И., Логунов А.Б., Миронов Н.А. Новые производственные технологии: взгляд экспертов научно-технической сферы	101
Колмаков И.Б., Кольцов А.В., Доможаков М.В. Сравнительный анализ систем регрессионного и нейросетевого краткосрочного прогнозирования	118
Кондратюк Е.Л., Исюмов Д.Б., Миронова Д.С. Система технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий в Российской Федерации	138
Лукашева Н.А. Результаты мониторинга контактов вузов России с мировыми научными центрами	148
Алексеев П.Н. Место и роль тория в ядерной энергетике	164
Тарасенко В.С. Патоморфологические механизмы развития острого панкреатита	175
Воронцов С.А., Гукасов В.М., Расулов М.М., Мякинкова Л.Л. Перспективы использования агонистов опиоидных рецепторов при ишемическом поражении миокарда	184

ECONOMY AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Rodionova G.G., Turko T.I., Duckwiz S.V. The demand for qualified personnel – graduates of Russian universities in scientific and technological complex of the leading foreign countries ...	195
Koltsov A.V., Fedin A.V., Plugnova N.A., Prohorova L.V. Training of high qualification specialists in Russia (2000–2014)	208
Ivanov B.V., Krystalinskaya S.V., Gladisheva E.A. Competition in 2016 for the grants of the president of the Russian Federation for state support of young Russian scientists – doctors and Ph. d.-s and funds for state support of leading scientific schools of the Russian Federation. Modern approaches to organization	216
Fahurdinov O.V., Dobrynin D.A., Shlapak A.D. Software and technical aspects of the process of funding, recipients of scholarships of the president of the Russian Federation and monitoring changes to information about them	224
Pitulko V.M., Ilyushchenko R.R. Environmental requirements for the design of large marine natural and economic systems in the Russian Baltic	235

NATIONAL SECURITY

Maryshev E.A., Mironov N.A. Overview of the development trends of an automated control and decision making systems in the field of ensuring defence and security of developed foreign states	242
Khoroshev V.G., Klementiev S.A., Sagaidakov F.R., Barabash N.S. Features of the preparation and the implementation of the shipbuilding programs of the US NAVY	250
Kamenskaya V.G., Barabash N.S., Klement'ev S.A. A review of scientific and technological developments in the field of maintenance of interpersonal relationships and a favorable psychological climate in long-term scuba diving	257
Komarov I.M., Epishin K.V., Zernykov D.V., Khitsunov E.L., Izyumov D.B., Kondratyuk E.L. Policy and planning in the field of development of advanced autonomous robotic systems of the leading foreign countries' Armed Forces	265
Izyumov D.B. An overview of the development of automotive and armored vehicles, US Army modular design: modular machines, advantages and disadvantages	274

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Родионова Г.Г., Турко Т.И., Дуквиц С.В. Востребованность квалифицированных кадров — выпускников российских вузов в научно-технологическом комплексе ведущих зарубежных стран	195
Кольцов А.В., Федин А.В., Плужнова Н.А., Прохорова Л.В. Подготовка специалистов высшей квалификации в России (2000—2014 гг.)	208
Иванов Б.В., Кристалинская С.В., Гладышева Е.А. Конкурс 2016 года на право получения грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук и докторов наук и средств для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации. Современные подходы к организации	216
Фахурдинов О.В., Добрынин Д.А., Шлапак А.Д. Программно—технические аспекты процесса финансирования получателей стипендии Президента Российской Федерации и мониторинга изменений сведений о них	224
Питулько В.М., Илющенко Р.Р. Экологические требования к проектированию крупных морских природно-хозяйственных систем в российской Прибалтике	235

НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Марышев Е.А., Миронов Н.А. Обзор направлений развития автоматизированных систем управления и принятия решений в сфере обеспечения обороны и безопасности развитых иностранных государств	242
Хорошев В.Г., Клементьев С.А., Сагайдаков Ф.Р., Барабаш Н.С. Особенности подготовки и реализации кораблестроительных программ ВМС США	250
Каменская В.Г., Барабаш Н.С., Клементьев С.А. Обзор научно-технических разработок в области обеспечения межличностных отношений и благоприятного психологического климата в условиях длительного подводного плавания	257
Комаров И.М., Епишин К.В., Зернюков Д.В., Хицунов Е.Л., Изюмов Д.Б., Кондратюк Е.Л. Политика и планирование в области разработки перспективных автономных роботизированных комплексов вооруженных сил ведущих зарубежных стран	265
Изюмов Д.Б. Обзор разработок автомобильной и бронетанковой техники сухопутных войск в США модульной конструкции: типы модульных машин, достоинства и недостатки	274

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

МОНИТОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Г.И. Бахтурин, ген. дир. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, bgi@extech.ru

Т.И. Турко, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. биол. наук, ttamara16@extech.ru

З.Р. Плиева, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук,
plieva@extech.ru

А.А. Гудкова, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, gudkova@extech.ru

Н.Н. Одинцова, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, nno.ru@extech.ru

Д.В. Ольшевский, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, olsh@extech.ru

В работе рассмотрены основные вопросы формирования инновационной инфраструктуры в России. Представлены результаты анализа нормативных правовых актов, регламентирующих деятельность инновационной инфраструктуры. Раскрыты основные проблемы мониторинга инновационной инфраструктуры и перспективы его развития.

Ключевые слова: мониторинг, информационный ресурс, инновационная инфраструктура, инфраструктура инновационной системы, субъект инновационной деятельности, объект инновационной инфраструктуры, нормативные правовые акты.

MONITORING AS A TOOL FOR ASSESSMENT OF THE NATIONAL INNOVATION INFRASTRUCTURE

G.I. Bahturin, Director General, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, bgi@extech.ru

T.I. Turko, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Biology, ttamara16@extech.ru

Z.R. Plieva, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Economics, plieva@extech.ru

A.A. Gudkova, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Economics, gudkova@extech.ru

N.N. Odintsova, Senior Researcher, SRI FRCEC, nno.ru@extech.ru

D.V. Olshevsky, Senior Researcher, SRI FRCEC, olsh@extech.ru

The paper discusses the main issues of formation of innovative infrastructure in Russia presenting the results of analysis of normative legal acts regulating the activities of the innovation infrastructure and disclosing the main problems of monitoring innovation infrastructure, and prospects of its development.

Keywords: monitoring, information resource, innovation infrastructure and innovation system infrastructure, the subject of innovation, the object of innovation infrastructure, regulations.

Важным направлением государственной политики в сфере науки и инноваций является развитие инновационной инфраструктуры, позволяющей реализовывать системные взаимодействия участников национальной инновационной системы на всех стадиях жизненного цикла знаний от возникновения идеи до ее воплощения в конкретный рыночный товар и выступающей, таким образом, в качестве ресурса экономического развития страны [1].

Регламентирующие функции государства (в лице федеральных органов исполнительной власти) в части развития инновационной инфраструктуры реализуются посредством созда-

ния форм (типов) и использования различных механизмов ее функционирования. Вклад Министерства образования и науки Российской Федерации, являющегося ответственным за проведение государственной научно-технической политики, состоит в инициировании и реализации программ развития центров трансфера технологий, центров коллективного пользования, инжиниринговых центров и т.д.

В настоящее время под эгидой Минобрнауки России в рамках реализации Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 № 219 «О государственной поддержке развития инновационной инфраструктуры в федеральных образовательных учреждениях высшего профессионального образования» проводится мониторинг выполнения программы, направленной на развитие инновационной инфраструктуры вузов.

На федеральном и региональном уровнях при активном участии Минобрнауки России были реализованы следующие инициативы:

- разработка и реализация механизмов государственной поддержки технопарков в сфере высоких технологий;
- поддержка технологических платформ;
- развитие кластерной политики;
- поддержка промышленных парков;
- создание различных институтов развития и др.

Функционирование различных элементов инновационной инфраструктуры находит отражение в росте результативности интеллектуальной деятельности за счет создания условий для взаимодействия научных организаций с реальным сектором экономики, что, в свою очередь, является мощным стимулом развития исследований и разработок, ориентированных на потребности экономики.

В целом по стране результативность интеллектуальной деятельности за период 2000–2015 гг. характеризуется ростом общего числа патентных заявок на изобретения (на 59 %). За этот период количество заявок, поданных российскими изобретателями, увеличилось на 25 % (табл. 1), а коэффициент изобретательной активности, отражающий соотношение числа отечественных патентных заявок на изобретения на 10 000 населения страны, – с 1,61 до 2,00 [2].

За рассматриваемый пятнадцатилетний период на 56 % увеличилось количество патентов на изобретения, выданных российским заявителям. На этот же период пришелся рост количества выданных патентов на полезные модели (в 2,2 раза) и на промышленные образцы (в 3,4 раза).

Таблица 1

Поступление заявок и выдача патентов

Показатель/год	2000	2005	2010	2015
Подано заявок на выдачу патентов Российской Федерации на изобретения	28 688	32 254	42 500	45 517
В том числе российскими заявителями	23 377	23 644	28 722	29 269
Выдано патентов Российской Федерации на изобретения	17 592	23 390	30 322	34 706
В том числе российским заявителям	14 444	19 447	21 627	22 560
Выдано патентов по отдельным видам				
На полезные модели	4098	7242	10 581	9008
На промышленные образцы	1626	2469	3566	5459

При этом количество внедренных в России объектов интеллектуальной собственности за 2005–2015 гг. увеличилось в 2,2 раза.

Следует отметить, что, согласно данным официальной статистики, в организациях, выполняющих исследования и разработки, за 2010–2015 гг. количество разработанных передовых технологий возросло на 19 %, в том числе новых для России – на 11,4 %, принципиально новых – на 72 % [2].

Анализ общей структуры разработанных передовых производственных технологий за период 2010–2015 гг. показывает падение в ней доли научных организаций (с 51 % до 38 %) и рост организаций системы высшего профессионального образования (с 17 % до 21 %). Этому обстоятельству способствовал рост количества разработанных в вузах передовых производственных технологий, который составил по технологиям в целом 95 %, в том числе новым для России – в 2 раза, а принципиально новым – на 68 % [2]. Формирование и развитие инновационной инфраструктуры в российских университетах позволило повысить в значительной степени результативность их научных коллективов.

Следует также отметить, что в целом по стране использование передовых производственных технологий в 2000–2015 гг. выросло более чем в три раза (311 %). При этом в 2015 г. 56 % используемых передовых производственных технологий приобреталось в России.

Важным аспектом анализа результативности интеллектуальной деятельности является ее рассмотрение в территориальном разрезе (табл. 2).

Таблица 2

Использование интеллектуальной собственности по федеральным округам

Федеральные округа	Изобретения		Полезные модели		Промышленные образцы	
	2005	2015	2005	2015	2005	2015
Центральный	3403	6067	872	1858	470	481
Северо-Западный	922	1284	281	655	160	144
Южный	220	160	40	92	34	29
Северо-Кавказский	54	70	33	78	3	7
Приволжский	2581	3988	1156	1843	365	709
Уральский	542	1339	262	590	72	94
Сибирский	721	1180	171	424	72	184
Дальневосточный	87	80	—	10	5	1
Крымский	—	13	—	6	—	10

В общей структуре использования всех видов интеллектуальной собственности основными потребителями выступают организации Центрального и Приволжского федеральных округов (ЦФО и ПрФО), доля которых в 2015 г. в использовании изобретений составляла 42 % и 28 % соответственно. За 2005–2015 гг. в ЦФО использование изобретений возросло на 78 %, в ПрФО – на 55 %. Наибольший рост этого показателя был характерен для Уральского федерального округа (УрФО), составив 247 % [2].

Распределение федеральных округов по использованию полезных моделей и промышленных образцов позволяет выявить аналогичную тенденцию, которая отражает преобладание в структуре использования этих видов интеллектуальной собственности организаций ЦФО и ПрФО: по полезным моделям – 33,4 % и 33,2 %; по промышленным образцам – 29 % и 43 % соответственно.

За рассматриваемый период использование полезных моделей возросло в 2,3 раза в УрФО и в 1,6 раза в Сибирском федеральном округе (СФО), промышленных образцов – в 1,9 раза в УрФО и 2,5 раза в СФО [2].

Функционирование национальной инновационной инфраструктуры осуществляется в рамках сформированного правового поля. В настоящее время на территории России действуют нормативные правовые акты, определяющие основные принципы формирования инновационной инфраструктуры, устанавливающие порядок и форму организации отдельных элементов, а также меры ее государственной поддержки.

В табл. 3 в качестве примера представлены фрагменты из нескольких федеральных нормативных правовых актов.

На примере нормативных правовых актов, упомянутых в табл. 3, можно отметить неустоявшуюся терминологию и разнообразие смысловой нагрузки на термин инновационная инфраструктура.

Результаты исследования понятийного аппарата приведены с целью выявления основных тенденций формирования инновационной инфраструктуры в стране. Учитывались не только понятия и их определения, а также хронология принятия нормативных правовых актов, регламентирующих этот вопрос.

Определение инновационной инфраструктуры закреплено в федеральном законе от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» (далее – Закон о науке).

Утвержденное Законом о науке определение имеет достаточно широкое толкование, если говорить о круге лиц, на которые может распространяться данное определение – «совокупность организаций, способствующих реализации инновационных проектов» (ст. 2 Закона о науке). Закон о науке также определяет перечень функций, закрепляемых за соответствующими организациями. Норма носит диспозитивный характер, тем самым перечень указанных функций не является исчерпывающим.

Второе понятие, которое встречается в российском законодательстве – инфраструктура инновационной системы.

Понятие инфраструктуры инновационной системы закреплено в документе «Основные направления политики Российской Федерации в области развития инновационной системы на период до 2010 года» (утв. Правительством России от 05.08.2005 № 2473п-П7).

При определении этого понятия законодатель использует словосочетание «совокупность субъектов инновационной деятельности».

В самом документе понятие «субъект инновационной деятельности» не раскрывается, да и в целом в нормативных правовых актах нет указанной категории. Однако в ряде субъектов Российской Федерации понятие «субъект инновационной деятельности» закреплено. Более подробно этот вопрос рассматривается в работе [3].

Сравнивая два понятия – «инновационная инфраструктура» и «инфраструктура инновационной системы» – следует выделить отличия между ними. Во-первых, это касается описания круга лиц, а, во-вторых, видов деятельности, которые в силу рассматриваемых норм, закрепляются за этими лицами.

Круг лиц, который подпадает под категорию инфраструктуры инновационной системы в рамках исследуемого правового поля, намного шире.

Однако этот вывод можно сделать на основании анализа регионального законодательства, где к субъектам инновационной деятельности относятся помимо юридических лиц, также физические лица и индивидуальные предприниматели.

Важным также является и вопрос относительно предмета деятельности, который указывается в нормах каждой категории.

В отношении инновационной инфраструктуры речь идет о реализации инновационных проектов, а инфраструктуры инновационной системы – осуществление инновационной деятельности.

Таблица 3

Основные понятия инновационной инфраструктуры и ее элементов, закрепленные в федеральном законодательстве

Нормативные правовые акты	Основные понятия	Определения, пояснения
Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»	Инновационная инфраструктура	Совокупность организаций, способствующих реализации инновационных проектов, включая предоставление управленческих, материально-технических, финансовых, информационных, кадровых, консультационных и организационных услуг
«Основные направления политики Российской Федерации в области развития инновационной системы на период до 2010 года» (утв. Правительством Российской Федерации от 05.08.2005 № 2473п-П7)	Инфраструктура инновационной системы	Совокупность субъектов инновационной деятельности, способствующих осуществлению инновационной деятельности, включая предоставление услуг по созданию и реализации инновационной продукции. К инфраструктуре инновационной системы относятся центры трансфера технологий, инновационно-технологические центры, технопарки, бизнес-инкубаторы, центры подготовки кадров для инновационной деятельности, венчурные фонды и др.
Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 № 1662-р	Национальная инновационная система	Совокупность взаимосвязанных организаций (структур), занятых производством и (или) коммерческой реализацией знаний и технологий, и комплекса институтов правового, финансового и социального характера, обеспечивающих взаимодействие образовательных, научных, предпринимательских и некоммерческих организаций и структур во всех сферах экономики и общественной жизни
	Инновационная инфраструктура	Законодатель выделяет существующую инновационную инфраструктуру, включая в нее особые экономические зоны, центры трансфера технологий, бизнес-инкубаторы, технопарки и т. д.
Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года»	Инновационная инфраструктура	Инновационная инфраструктура включает объекты инновационной инфраструктуры; технико-внедренческие особые экономические зоны; наукограды; обособленные территориальные образования; инновационный центр «Сколково»
Приказ Минэкономразвития России от 24.02.2009 № 58 «Об утверждении Методики оценки эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения»	Инфраструктура инновационной системы	Документ закрепляет два вида инфраструктуры инновационной системы: — инфраструктура научно-технической и инновационной деятельности (научные центры по разработке нанотехнологий; нанопроизводства; автоматизированного проектирования; производственно-экспериментальные базы и другие); — инфраструктура коммерциализации инноваций (особые экономические зоны, технопарки, инновационно-технологические центры, бизнес-инкубаторы и т. п.)

Нормативные правовые акты	Основные понятия	Определения, пояснения
Распоряжение Правительства РФ от 06.10.2011 № 1757-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Уральского федерального округа до 2020 года»	Межрегиональная инфраструктура инновационной системы	Раскрывая это понятие, законодатель перечисляет ее элементы: инновационные институты, технополисы, бизнес-инкубаторы, венчурные и инновационные фонды, инновационно-технологические зоны и др.
Стратегия социально-экономического развития Центрального федерального округа до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 06.09.2011 № 1540-р	Инфраструктура инновационной системы	Раскрытие инфраструктуры инновационной системы законодатель реализует через перечисление входящих в нее компонентов: технопарки, инновационно-технологические центры, бизнес-инкубаторы и др.
	Сетевая инфраструктура инновационного развития и коммерциализации результатов научной и изобретательской деятельности	Раскрытие данного понятия осуществляется путем перечисления следующих элементов: инновационный центр «Сколково», научно-технологический комплекс «Зеленая долина» и другие наукограды, технопарки, бизнес-инкубаторы, специализированные юридические, проектные, консалтинговые, внедренческие и другие структуры
Стратегия социально-экономического развития Уральского федерального округа до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 06.10.2011 № 1757-р	Инновационная инфраструктура	Инновационная инфраструктура региона состоит из интеграторов передовых технологий и проектов (высшие учебные заведения, научно-исследовательские институты, конструкторские бюро и др.) регионального инновационного инкубатора, венчурных инновационных предприятий, отраслевых технопарков и производственных предприятий, реализующих проекты инновационного развития». Из данного определения на первый план выходит деление участников (организаций) на этапы жизненного цикла проекта
Федеральный закон от 24.07.2007 № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации»	Инфраструктура поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства	Понятие включает в себя среди прочего технопарки, научные парки, инновационно-технологические центры, бизнес-инкубаторы, центры коммерциализации технологий, центры коллективного доступа к высокотехнологичному оборудованию, инжиниринговые центры, центры прототипирования и промышленного дизайна, центры трансфера технологий, центры кластерного развития, государственные фонды поддержки научной, научно-технической, инновационной деятельности
Стратегия развития науки и инноваций в Российской Федерации на период до 2015 года», утвержденная протоколом от 15.02.2006 № 1 Межведомственной комиссии по научной политике	Создание эффективной инновационной инфраструктуры	Инновационная инфраструктура в документе рассматривается как «мост, обеспечивающий трансфер результатов сектора исследований и разработок в российскую и глобальную экономику». Подзадачи, определенные в документе, направлены на формирование и развитие отдельных элементов инновационной инфраструктуры: финансовая инновационная инфраструктура, производственно-технологическая инфраструктура инновационной деятельности (технопарки, инновационно-технологические центры, бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий и т.п.), информационная, экспертно-консалтинговая и образовательная инфраструктуры инновационной деятельности

Здесь следует опять обратиться к Закону о науке, где закреплены понятия «инновационный проект» и «инновационная деятельность».

Исходя из норм указанного закона, понятие инновационная деятельность имеет более широкое толкование и в соответствии со ст. 2 Закона о науке направлено «на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры».

Таким образом, опираясь лишь на рассмотренные нормативные правовые акты, можно сделать вывод, что понятие инфраструктуры инновационной системы шире понятия инновационной инфраструктуры.

С другой стороны, является ли правильным сравнивать эти два понятия? Если проследить хронологию документов и принимаемые нормы, закрепляющие рассматриваемые понятия, то инфраструктура инновационной системы в российском законодательстве вводится на федеральном уровне на несколько лет раньше понятия инновационной инфраструктуры (в редакции Закона о науке вводится лишь в 2011 г.).

Тем не менее, само упоминание инновационной инфраструктуры с перечислением ее элементов, а также вопросов государственной поддержки и развития в документах появляется задолго до введения новой редакции ст. 2 Закона о науке.

Из табл. 3 также видно явное пересечение элементов инфраструктуры инновационной системы и инновационной инфраструктуры.

При этом в каждом нормативном правовом акте можно увидеть новые элементы. В первую очередь, это можно связать с федеральной поддержкой тех или иных элементов инновационной инфраструктуры и инфраструктуры инновационной системы.

При этом более детальное исследование перечисляемых элементов позволяет увидеть явную схожесть между рассматриваемыми понятиями и использовать их как идентичные.

Важность понимания этого вопроса связано с формированием правильного представления о составляющих национальной инновационной системы и адекватной оценки их функционирования.

В последнее время проводилось ряд исследований национальной инновационной инфраструктуры, как с целью количественной оценки элементов инфраструктуры, так и качественной оценки на основе социологических опросов.

Тем не менее всегда остается открытым вопрос об исходных данных, с которыми работали исследователи, анализируя инновационную инфраструктуру.

Ведь понимание самого термина инновационной инфраструктуры, исходя из ранее представленного анализа российского законодательства, представляется достаточно сложным. Здесь также возникают проблемы с определением организационных форм ее элементов.

В качестве примера можно рассматривать формы организации элементов инновационной инфраструктуры, которые получают или получили поддержку на федеральном уровне (см. табл. 4).

Из представленной таблицы, включающей лишь небольшой перечень, видно, что каждый ее элемент с точки зрения организации и закрепляемых за ними функций уникален.

Здесь следует учитывать и региональный компонент. На уровне субъектов Российской Федерации также идет поддержка инновационной инфраструктуры и определяемые в региональном законодательстве элементы (технопарки, бизнес-инкубаторы и т.д.) могут отличаться по своей форме и содержанию от федеральной.

Поэтому для достижения большей эффективности деятельности инновационной инфраструктуры России, понимания уровня ее развития в инновационной системе в целом, необходимо детальное понимание того, что она из себя представляет, включая ее региональный разрез.

Т а б л и ц а 4

Элементы инновационной инфраструктуры, получившие поддержку на федеральном уровне

Тип объекта инновационной инфраструктуры	Основные нормативные документы	Основные понятия, закрепленные в нормативных правовых актах	Основные элементы системы управления
Инновационный центр «Сколково»	Федеральный закон от 28.09.2010 № 244-ФЗ «Об инновационном центре «Сколково»	Инновационный центр «Сколково» – совокупность инфраструктуры территории инновационного центра «Сколково» и механизмов взаимодействия лиц, участвующих в реализации проекта, в том числе путем использования этой инфраструктуры	Управляющая компания Дочернее общество управляющей компании Участник проекта
Технопарки в сфере высоких технологий	Распоряжение Правительства РФ от 10.03.2006 № 328-р «О государственной программе «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий»	Технопарк в сфере высоких технологий представляет собой форму территориальной интеграции коммерческих и некоммерческих организаций науки и образования, финансовых институтов, предприятий и предпринимателей, взаимодействующих между собой, с органами государственной власти, органами местного самоуправления, осуществляющих формирование современной технологической и организационной среды с целью инновационного предпринимательства и реализации венчурных проектов	Межведомственная комиссия по координации деятельности по созданию, функционированию и развитию технопарков в сфере высоких технологий. Управляющая компания
Индустриальные (промышленные) парки	Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации»	Индустриальный (промышленный) парк – совокупность объектов промышленной инфраструктуры, предназначенных для создания промышленного производства или модернизации промышленного производства и управляемых управляющей компанией – коммерческой или некоммерческой организацией, созданной в соответствии с законодательством РФ	Управляемые управляющей компанией. Управляющая компания
Особые экономические зоны технико-внедренческого типа	Федеральный закон от 22.07.2005 № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации»	Под технико-внедренческой деятельностью понимаются инновационная деятельность, создание, производство и реализация научно-технической продукции, создание и реализация программ для электронных вычислительных машин (программ для ЭВМ), баз данных, топологий интегральных микросхем, информационных систем, оказание услуг по внедрению и обслуживанию таких продукции, программ, баз данных, топологий и систем, а также предоставление резидентам технико-внедренческой особой экономической зоны услуг инновационной инфраструктурой, необходимой для осуществления их деятельности	Управление особыми экономическими зонами возлагается на уполномоченный Правительством Российской Федерации федеральный исполнительный орган исполнительной власти – Минэкономразвития России. Наблюдательный совет особой экономической зоны

Продолжение таблицы 4

Тип объекта инновационной инфраструктуры	Основные нормативные документы	Основные понятия, закрепленные в нормативных правовых актах	Основные элементы системы управления
Инновационный территориальный кластер	Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 316 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная экономика»	—	Наличие организации, осуществляющей в соответствии с заключенным с организациями-участниками договором координацию их деятельности
Наукограды	Федеральный закон от 07.04.1999 № 70-ФЗ «О статусе наукограда Российской Федерации» Федеральный закон от 01.12.2014 № 384-ФЗ «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов»	Наукоград Российской Федерации – муниципальное образование со статусом городского округа, имеющее высокий научно-технический потенциал, с градообразующим научно-производственным комплексом	Научно-производственный комплекс наукограда – совокупность организаций, осуществляющих научную, научно-техническую, инновационную деятельность, экспериментальные разработки, испытания, подготовку кадров в соответствии с государственными приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники Российской Федерации; Инфраструктура наукограда – совокупность организаций, обеспечивающих жизнедеятельность населения наукограда
Государственные научные центры	Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» Распоряжение Правительства РФ от 24.12.2015 № 2660-р «О перечне научных организаций, за которыми сохраняется статус государственного научного центра Российской Федерации»	Научная организация, которая имеет уникальную научную установку, уникальное опытно-экспериментальное оборудование, располагает научными работниками и специалистами высокой квалификации и научная и (или) научно-техническая деятельность которой получила международное признание, Правительством Российской Федерации может присваиваться статус государственного научного центра	—

Окончание таблицы 4

Тип объекта инновационной инфраструктуры	Основные нормативные документы	Основные понятия, закрепленные в нормативных правовых актах	Основные элементы системы управления
Центры коллективного пользования	Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»	Центр коллективного пользования научным оборудованием – структурное подразделение (совокупность структурных подразделений), которое создано научной организацией и (или) образовательной организацией, располагает научным и (или) технологическим оборудованием, квалифицированным персоналом и обеспечивает в интересах третьих лиц выполнение работ и оказание услуг для проведения научных исследований, а также осуществления экспериментальных разработок	–
Инжиниринговые центры и (или) центры промышленного дизайна	Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 328 утверждена государственная программа Российской Федерации Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (подпрограмма «Развитие инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна»)	Юридические лица, оказывающего инженерно-консультационные услуги по подготовке процесса производства и реализации продукции (работ, услуг), подготовке строительства и эксплуатации промышленных, инфраструктурных и других объектов, предпроектные и проектные услуги (подготовка технико-экономических обоснований, проектно-конструкторских разработок и другие подобные услуги), а также услуги в сфере промышленного дизайна	–

Безусловно, основным механизмом здесь является постоянный комплексный мониторинг национальной инновационной инфраструктуры, в результате которого формируется единое информационное пространство не только для аналитических и научных исследований, а также для принятия управленческих решений и выработки их законодательного обеспечения [4].

Подобный мониторинг необходим для решения таких задач как:

- усиление координации деятельности федеральных и региональных органов власти в вопросах выработки государственной научно-технической и инновационной политики;
- актуализация стратегии социально-экономического развития Российской Федерации в научно-технической и инновационной сферах;
- совершенствование механизмов поддержки организаций инновационной деятельности;
- усиление кооперации организаций, образующих инновационную инфраструктуру;
- доработка программ подготовки кадров для инновационной инфраструктуры.

Кроме того, подобный мониторинг создает некий вариант обратной связи между законодательной сферой и реальностью ее реализации.

Следует подчеркнуть, что Минобрнауки России основу такой системы уже создало. Основным ее инструментом является портал «Национальный центр по мониторингу инновационной инфраструктуры научно-технической деятельности и региональных инновационных систем» (НИАЦ МИИРИС).

Данная система входит в перечень информационных систем Минобрнауки России. Портал НИАЦ МИИРИС разработан и сопровождается подведомственной Минобрнауки России организацией – ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ.

На портале НИАЦ МИИРИС аккумулируется комплексная информация о научно-технической и инновационной деятельности в разрезе субъектов Российской Федерации, включающая:

- общие сведения о регионе;
- нормативную базу;
- данные об объектах инновационной инфраструктуры;
- данные о региональных мероприятиях в научно-технической и инновационной сфере;
- статистические данные, отражающие инновационную активность региона.

Важным элементом информационной системы НИАЦ МИИРИС является база данных инновационной инфраструктуры России.

Сложность рассмотренного понятийного аппарата, а также практика создания и поддержки элементов инновационной инфраструктуры стали основанием для пересмотра существующего подхода к учету элементов инновационной инфраструктуры. В результате проведенной работы по анализу российского законодательства, регламентирующего порядок функционирования и поддержки инновационной инфраструктуры, а также складывающейся практики организации ее отдельных элементов в основу системы учета были положены следующие составляющие (рис. 1):

- субъект инновационной деятельности (СИД) – юридическое лицо;
- структурное подразделение субъекта инновационной деятельности (структурное подразделение СИД);
- объект инновационной инфраструктуры (ОИИ), имеющий в своем составе субъекты инновационной деятельности;
- нормативный правовой акт, регламентирующий деятельность СИД, его структурных подразделений и объектов инновационной инфраструктуры.

Принятая трехуровневая система описания инновационной инфраструктуры России представляет универсальную форму, пригодную для отражения в системе мониторинга разных по своей природе объектов, в том числе и многоэлементных.

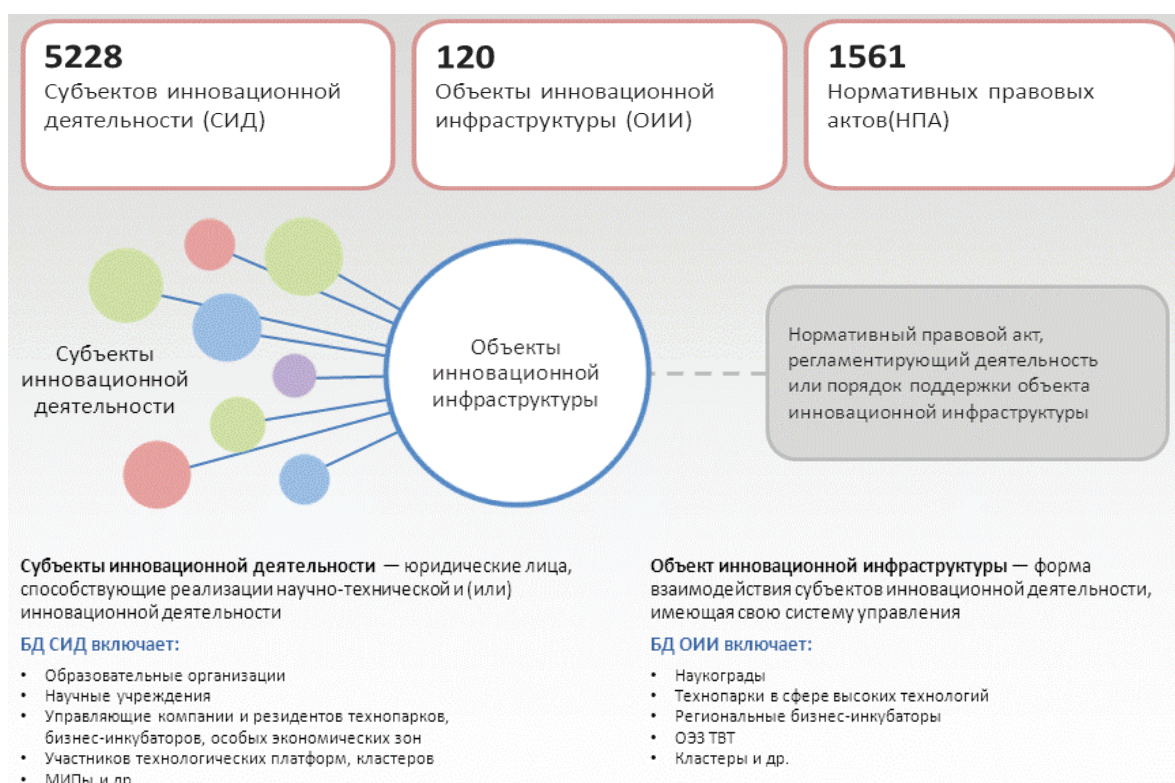


Рис. 1. Подход к системе учета инновационной инфраструктуры России

Для формирования более детального представления о работе системы учета инновационной инфраструктуры в информационной системе НИАЦ МИИРИС на рис. 2 представлен ее фрагмент.

На схеме видно, что система призвана отражать не только существующие в российском законодательстве формы организации элементов инновационной инфраструктуры, будь то юридические лица, осуществляющие инновационную деятельность или ее поддержку, или структурные подразделения, наделенные функциями бизнес-инкубатора или центра трансфера технологий, но и отражать существующие связи между всеми участниками инновационного процесса.

Таким образом, система призвана исключить дублирование записей, выявлять партнерские отношения между участниками инновационного процесса, а также выявлять основные тенденции развития и поддержки элементов инновационной инфраструктуры.

При мониторинге инновационной инфраструктуры, кроме общедоступных статистических и правовых ресурсов, используются информационные ресурсы ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, созданные для сопровождения мероприятий Минобрнауки России. В их числе (рис. 3):

- экспертиза наукоградов и государственных научных центров на подтверждение статуса;
- программы развития инновационной инфраструктуры федеральных образовательных учреждений высшего профессионального образования в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 № 219;
- программа создания хозяйственных обществ (партнерств) высшими учебными заведениями и научными учреждениями;
- федеральный реестр экспертов научно-технической сферы;
- конкурсы Президентских грантов молодым кандидатам наук, молодым докторам наук и научным школам, а также Президентских стипендий.

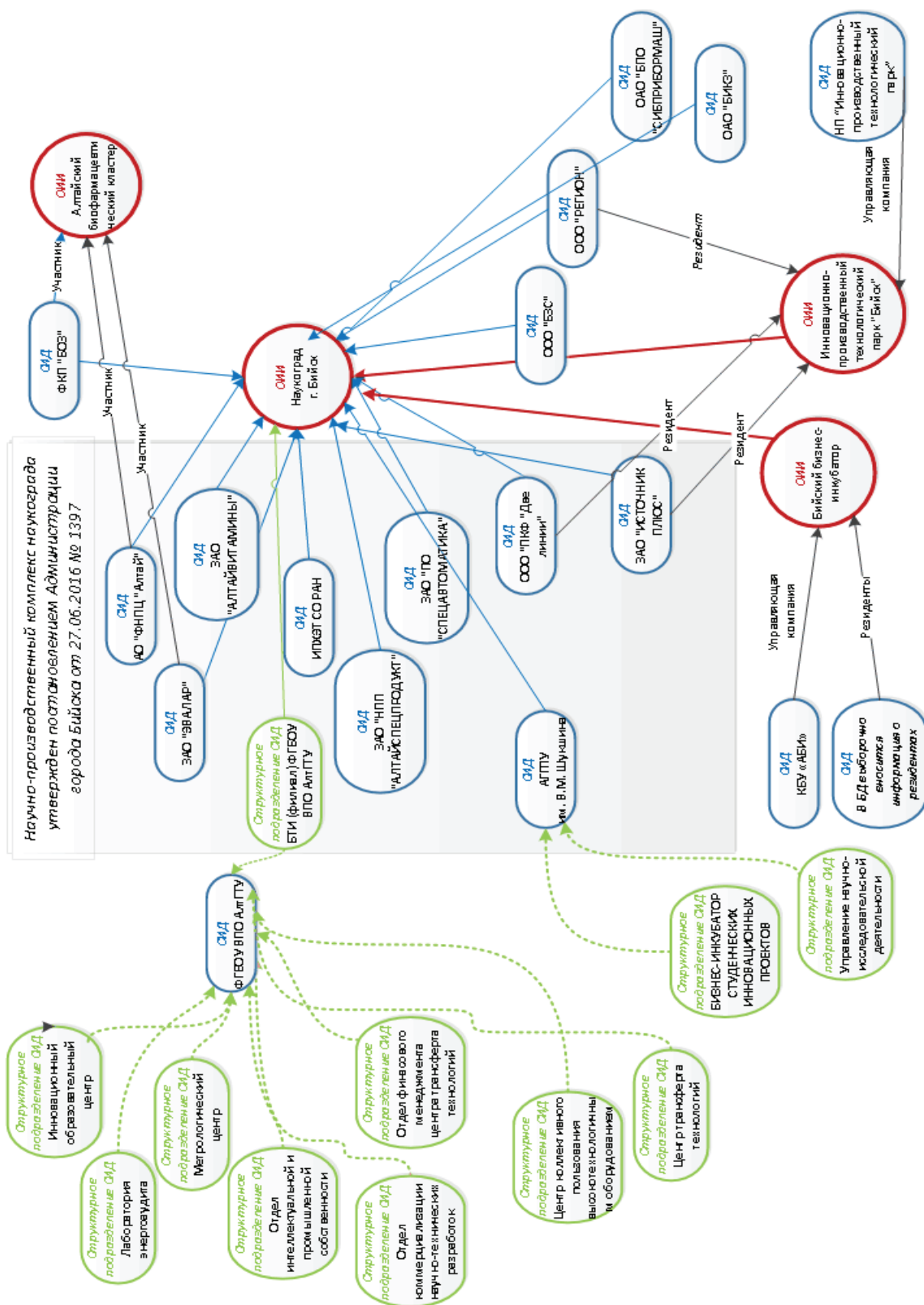


Рис. 2. Связи между участниками инновационного процесса (фрагмент системы учета)

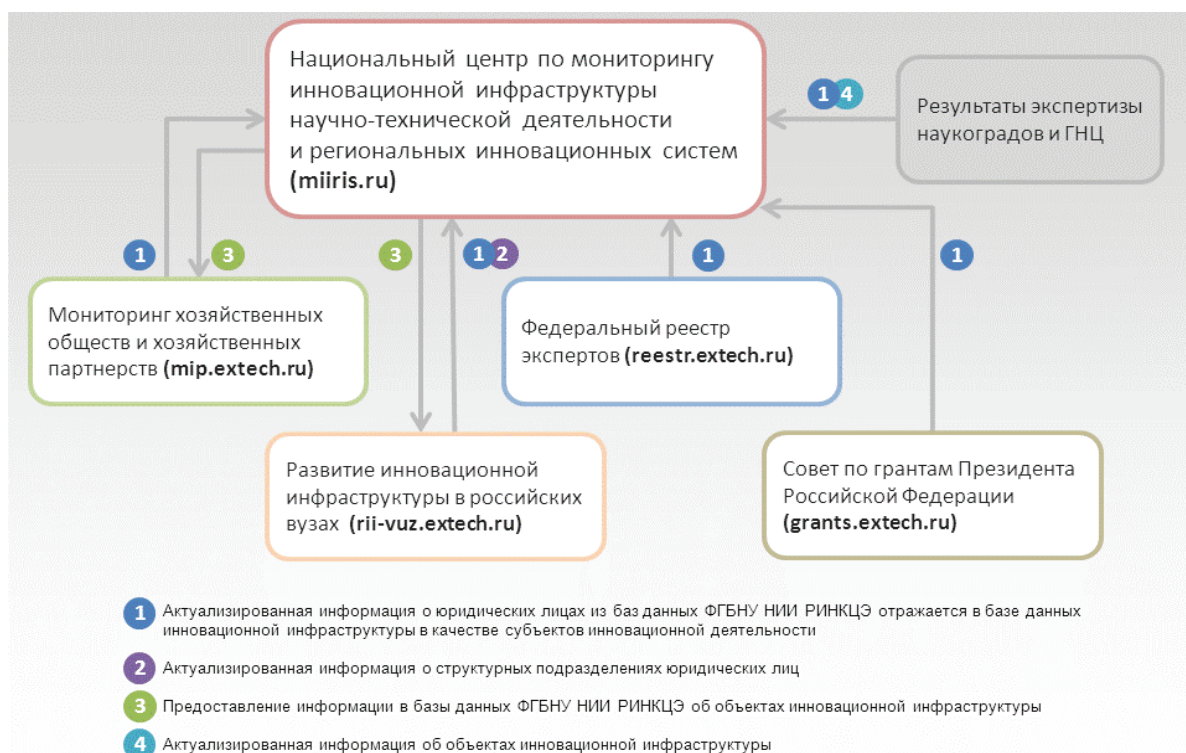


Рис. 3. Взаимодействие информационных ресурсов ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ

В настоящее время в системе НИАЦ МИИРИС хранится информация о более чем 5 тыс. элементов инновационной деятельности.

Весь информационный массив, представленный в системе НИАЦ МИИРИС, можно классифицировать по следующим основаниям (см. рис. 4).

Перспективы развития системы НИАЦ МИИРИС связаны с увеличением количества источников для достижения полноты представления информации.

Для полноценного обеспечения мониторинга данными необходимо привлечение всех отраслевых и территориальных источников информации:

1. Отраслевой мониторинг в пределах полномочий Минобрнауки России можно выполнять, используя опыт работы по мониторингу инновационной инфраструктуры вузов. Данный мониторинг ведется в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ уже несколько лет в соответствии с утвержденным Минобрнауки России регламентом. Сейчас мониторинг инновационной инфраструктуры вузов охватывает только 76 вузов, являющихся победителями конкурсов в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 № 219.

В ходе мониторинга, собирается ценная для анализа информация о созданных элементах инновационной инфраструктуры вузов, их научно-технических разработках, экономических результатах деятельности организаций инновационной инфраструктуры, способах взаимодействия вузов с предприятиями регионов и многое другое.

Получение аналогичной информации о деятельности инновационной инфраструктуры России в целом представляется важной задачей, реализация которой возможна благодаря разработанной и внедренной Институтом системе мониторинга.

Подобный мониторинг инновационной деятельности с применением существующих в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ технологий нам представляется целесообразным распространить на все вузы и научные организации.

По типам субъектов инновационной деятельности		По форме федеральной поддержки	
Образовательные организации высшего образования	581	Технопарки в сфере высоких технологий	12
Организации, выполняющие научные исследования и разработки	834	Особые экономические зоны технико-внедренческого типа	6
ХО (ХП), созданные образовательными организациями и научными учреждениями	2 886	Индустриальные (промышленные) парки	13
По роли субъектов инновационной деятельности в объектах инновационной инфраструктуры		Инновационный центр «Сколково»	1
		Наукограды	13
Управляющие компании (в технопарках, бизнес-инкубаторах)	150	Государственные научные центры	48
Резиденты (технопарков, бизнес-инкубаторов)	931	Инновационные территориальные кластеры	25
Организации научно-производственных комплексов наукоградов	196	Инжиниринговые центры, созданные на базе образовательных организаций	21
Участники (в кластерах, технологических платформах)	770	Технологические платформы	36
Координаторы (в кластерах, технологических платформах)	58		
По элементам производственно-технологической инфраструктуры			
Технопарки	67		
Бизнес-инкубаторы	167		
Центры коллективного пользования	521		
Центры трансфера технологий	112		
Инжиниринговые центры	52		

Рис. 4. Инновационная инфраструктура России в цифрах

Полная реализация отраслевого подхода потребует организации обмена информацией между ведомствами, ведущими мониторинг инновационной инфраструктуры в рамках своих полномочий.

2. Выполнение мониторинга в территориальном аспекте можно решить либо путем создания в каждом регионе подразделений-мониторов, либо наделения соответствующими полномочиями существующих организаций.

ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ располагает ресурсами, необходимыми для инициирования и выполнения данной работы.

Таким образом, представленную систему мониторинга можно рассматривать как эффективный и современный инструмент государственной политики реализации инноваций в научно-технической сфере.

Анализ имеющейся к настоящему времени в системе НИАЦ МИИРИС информации об инновационной инфраструктуре России позволяет сделать несколько выводов.

Во-первых, созданная к настоящему времени инновационная инфраструктура достигла определенного уровня насыщения в части предоставления услуг коммерциализации результатов научно-технической деятельности, что следует из снижения темпов создания специализированных организаций инфраструктуры инновационной деятельности.

Во-вторых, все более актуальным становится усиление элементов инфраструктуры для обеспечения последней стадии научно-производственного цикла — организации производства на базе новых технологий. Организации такого типа могут концентрировать результаты научно-технической деятельности для технологического обновления конкретных промышленных производств (инжиниринговые центры, индустриальные парки).

В-третьих, востребованы услуги вывода на рынки продукции инновационных предприятий и маркетинговый консалтинг, в этой области существует большой кадровый голод.

Следует отметить, что наблюдается высокая дифференциация в уровне инновационного развития регионов и в оценке роли администрации регионов в проведении инновационной политики. Поэтому особую актуальность приобретает задача исследования состояния и развития инновационной инфраструктуры не только в целом по стране, но и в территориальном разрезе.

Дальнейшее развитие системы мониторинга инновационной инфраструктуры России следует рассматривать как важный инструмент государственной поддержки инновационного развития экономики России.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.45.2016/НМ и № 2.44.2016/НМ.

Список литературы

1. Гохберг Л.М., Гудкова А.А., Миндели Л.Э., Пипия Л.К., Соколов А.В. Организационная структура российской науки. М.: ЦИСН, 2000. Научно-техническая и инновационная политика.
2. Статистика науки и образования. Вып. 2. Результативность научных исследований и разработок. Стат. сб. М.: РИНКЦЭ, 2016.
3. Плиева З.Р. Методы и инструменты учета основных элементов инновационной инфраструктуры Российской Федерации. Методическое пособие / Под ред. канд. техн. наук П.Б. Мельника, канд. биол. наук Т.И. Турко. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2015. 122 с.
4. Гудкова А.А., Турко Т.И. Региональная инновационная политика как объект мониторинга инновационной деятельности в субъектах Российской Федерации. Инноватика и экспертиза. Научные труды. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 2 (13). Москва, 2014. С. 8–16.

References

1. Gokhberg L.M., Gudkova A.A., Mindeli L.E., Pipia L.K., Sokolov A.V. (2000) *Organizatsionnaya struktura rossiyskoy nauki* [Organizational structure of Russian science] *Nauchno-tekhnicheskaya i innovatsionnaya politika* [Scientific-technological and innovation policy] Moscow. CSRS.
2. *Rezultativnost' nauchnykh issledovaniy i razrabotok* [Effectiveness of scientific research and development] *Statistika nauki i obrazovaniya* [Statistics of science and education] Statistic Collection of SRI FRCEC, Issue 2. 2016.
3. Plieva Z.R. (2015) *Metody i instrumenty ucheta osnovnykh elementov innovatsionnoy infrastruktury Rossiyskoy Federatsii. Pod red. kand. tekhn. nauk P.B. Mel'nika, kand. biol. nauk T.I. Turko* [Methods and tools considering key elements of the innovation infrastructure of the Russian Federation. Under the editorship of Ph. D. of Engineering P.B. Melnyk and Ph.D. of Biology T.I. Turko] *Metodicheskoe posobie* [Methodical manual] Moscow. SRI FRCEC, 122 p. Available at: http://www.miiris.ru/files/publ/file_5.pdf.
4. Gudkova A.A., Turko T.I. (2014) *Regional'naya innovatsionnaya politika kak ob"ekt monitoringa innovatsionnoy deyatel'nosti v sub"ektakh Rossiyskoy Federatsii* [Regional innovation policy as an object of monitoring of innovative activities in the constituent entities of the Russian Federation] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. The scientific works. SRI FRCEC] Vol. 2 (13). Moscow, pp. 8–16.

МОНИТОРИНГ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗОВСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Ю.Н. Андреев, гл. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук,
uandreev@extech.ru

В связи с завершением в 2017 году мониторинга развития инновационной инфраструктуры вузов в статье рассматривается возможность и целесообразность использования накопленного опыта для организации мониторинга инновационной деятельности всех вузов России. Рассмотрены методические проблемы, которые необходимо решить при организации широкого мониторинга, и положительное влияние этой меры на эффективность инновационной деятельности вузов. В качестве методического приема работы с информацией о научно-технических разработках предлагается использование создаваемой экспертно метаинформации.

Ключевые слова: мониторинг вузов, инновационная деятельность, информационная система, научно-технические разработки, управление инновационной деятельностью, инновационный потенциал вузов.

PERSPECTIVES OF MONITORING OF INNOVATION ACTIVITY OF UNIVERSITY COMPLEX OF RUSSIA

Yu.N. Andreyev, Chief Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Economics,
uandreev@extech.ru

In connection with the completion in 2017 of monitoring of development of innovative infrastructure of universities the article considers possibility the application of lessons learned for monitoring innovation activities of all universities of Russia. Deals with methodological problems that should be addressed organization wide monitoring and the positive impact of this policy on the effectiveness of innovation activities of universities. As a methodical reception of information about scientific and technical developments, the use of expert created metadata.

Keywords: monitoring of universities, innovation, information system, scientific-technical development, innovation management, innovative potential of universities.

Мониторинг развития инновационной инфраструктуры вузов ведется согласно постановлению № 219 Правительства РФ от 2010 года с 2010 по 2017 год включительно. Схема мониторинга и фокус анализа не оставались неизменными в этот период, а корректировались в соответствии с изменениями задач, стоящих перед Минобрнауки России. Было бы неправильным рассматривать мониторинг только как фиксацию получаемой от вузов информации. По существу данный мониторинг скорее следует считать особой формой научного исследования, в котором одновременно участвуют как проводящая мониторинг организация, так и работники вузов, выполняющих программы развития инфраструктуры. Работники вузов по установленной единой для всех форме раз в полгода дают развернутый анализ деятельности своего вуза во всех аспектах, имеющих отношение к инновационной деятельности. Постепенное развитие схемы мониторинга позволило охватить в единой системе все элементы научно-производственного цикла от формирования стратегических задач до организации работы малых инновационных предприятий и даже целенаправленной деятельности по созданию ниш для продвижения своей инновационной продукции.

В настоящее время применяется параллельно несколько систем сбора информации о деятельности вузов. Это сбор статистической информации, включающей сведения об инновационных разработках; проводимый Минобрнауки сбор сведений для оценки результативности вузов; периодически проводимый мониторинг выполнения отдельных мероприятий и постановлений Правительства РФ. Общим для всех систем сбора информации является акцент на количественные показатели без раскрытия содержания деятельности отдельных подразделений вуза, хозяйственных обществ, объектов инфраструктуры. Этот формализованный подход удобен для автоматизированной обработки данных и получения формализованных оценок, имеющих ограниченное применение.

Предпочтение, отдаваемое до настоящего времени формализованным методам сбора данных о показателях перед применением содержательного мониторинга обусловлено, прежде всего, его относительной простотой, и не в последнюю очередь действующей парадигмой управления, предполагающей возложение ответственности за результаты мер по управлению научным комплексом на организации комплекса. В рамках этой парадигмы трактовка мониторинга как сбора показателей вполне логична, так как управляющие воздействия сводятся к оценке показателей и требованиям их улучшения. Но более эффективна и современна парадигма сотрудничества организаций научно-образовательного комплекса с управляющими ведомствами. Элементы сотрудничества реализуются в форме встреч, совещаний, общения с работниками вузов. Содержательный мониторинг по типу проводимого в рамках постановления № 219 создает информационную и методическую базу для эффективного сотрудничества руководящего ведомства с вузами и другими научными организациями. Эти соображения, основанные на опыте проведения мониторинга выполнения постановления № 219, приводят к выводу о целесообразности организации более широкого мониторинга, включающего, по меньшей мере, подведомственные Минобрнауки России вузы. Нет принципиальных препятствий и для распространения мониторинга на остальные государственные вузы. Возможность охвата частных вузов или научных подразделений компаний не рассматривается, так как зависит от добровольного решения этих компаний, которое в свою очередь будет обусловлено появлением заинтересованности вузов и научных организаций.

Информатизация всех видов деятельности, включая научную сферу, взаимодействие научных организаций с предпринимательским сектором, государственное управление, стало ведущей тенденцией, формирующей спрос на информационные технологии. Движение в этом направлении происходит в каждой сфере деятельности, в каждой организации, что со временем приводит к нарастанию различий в подходах к построению информационных систем, снижению общей эффективности информатизации научно-инновационного комплекса. По этой причине необходимо своевременно принимать меры по объединению изолированных информационных систем, формированию информационной структуры, которая могла бы эффективно использоваться в целях реализации государственной научной и инновационной политики.

Схема мониторинга выполнения постановления № 219 освоена вузами — участниками выполнения постановления. В вузах подготовлены кадры и освоена техника сбора сведений, оформления отчета, анализа собранных сведений. Налажены связи с мониторами в самих вузах, вместе с которыми решаются возникающие методические вопросы. Благодаря их активному участию в течение всего периода мониторинга происходила отладка схемы мониторинга, уточнение целей и применяемых понятий.

По инициативе Минобрнауки сбор отчетных данных дополняется регулярными проверками деятельности вузов в ходе командировок в вузы. Разработаны схемы углубленного анализа деятельности вузов, который осуществляют сами работники вузов по предлагаемой им анкете. Этот опыт должен быть, по нашему мнению, использован для организации более широкого мониторинга, охватывающего всю вузовскую систему.

Проверка идеи распространения мониторинга на все вузы была сделана в ходе подготовки серии сборников информационно-аналитических материалов о потенциале и результатах инновационной деятельности вузов России [1]. Предварительный анализ показал, что реально производить новые технологии могут примерно 200 вузов. На анкетный опрос откликнулись немногим более ста вузов и научных организаций, способных представить более трех научно-технических разработок. В сопоставлении с 76 университетами, по которым ведется мониторинг постановления № 219, масштаб расширения не принципиален.

Техническая осуществимость мониторинга всего вузовского комплекса на предмет анализа всех аспектов инновационной деятельности очевидна. Возражения могут возникать по поводу целесообразности его организации ввиду наличия уже осуществляемого мониторинга результативности вузов.

Принципиальное отличие состоит в целях и способах организации двух видов мониторинга. Мониторинг результативности это разновидность отслеживания количественных показателей, имеющего узкие административные цели. Наряду с мониторингом результативности важные данные собираются в составе отчетов вузов о научной деятельности. Отношение содержания этих отчетов к инновационной деятельности можно проследить на примере отчета о научной деятельности Прибалтийского государственного университета имени И. Канта. К описанию инновационной деятельности в нем можно отнести данные о количестве созданных хозяйственных обществ, но без какой-либо дополнительной информации о них. Результативность научных исследований оценивается косвенными показателями о формах фиксации результатов (публикации, монографии и так далее) вне связи с использованием результатов для создания новых технологий. В описаниях лабораторий содержатся сведения о профиле и возможностях разработок технологий. Приводятся сведения об изобретениях и патентах. Указанные сведения даются в текстовом виде, не предназначенном для автоматизированной обработки. Формализована информация о наиболее значимых научно-технических разработках. Информация о разработках вводится в поля специальных форм, обеспечивающих унифицированное описание разработок и хранение информации в базе данных. Вводится информация о названии разработки, результаты фундаментальных исследований классифицируются по их типу на теорию, метод, гипотезу. Результаты прикладных исследований классифицируются на типы: методика (алгоритм), технология, устройство, вещество (материал, продукт), штаммы микроорганизмов, системы всех видов (управления, регулирования, контроля, проектирования, информационные), программные средства (и базы данных).

Далее предлагается выбрать приоритетные направления развития науки, технологий и техники Российской Федерации, в рамках которых получены результаты исследований. Текстовая информация унифицирована для фундаментальных и прикладных исследований и включает сведения о назначении результата, описания (характеристики), преимущества перед известными аналогами, область применения, правовая защита, стадия готовности к практическому использованию, авторы.

Как видно, в этом паспорте результата объединены все стадии научно-производственного цикла: фундаментальное исследование, прикладное исследование, техническая разработка, создание инновационного продукта. Этот подход, возможно, дает представление о характере исследований в вузе, но не ориентирован на описание инновационной деятельности и ее результатов.

В базе данных мониторинга инновационной деятельности вузов в рамках постановления № 219 имеются сведения о научной и инновационной деятельности, в том числе о научно-технических разработках. Эти сведения разграничены по этапам научно-производственного цикла [2]. Информация о научном блоке вуза представлена сведениями о приоритетных направлениях исследований вуза с выделением приоритетов самого вуза, описания ключе-

вых научных подразделений вуза. Эти описания включают сведения о научном профиле подразделения, записанных в положении о подразделении его особенностях, сведения о возможном участии подразделения в исследованиях, в инновационной деятельности и в оказании инфраструктурных услуг. Все сведения, собираемые в ходе мониторинга, в систематизированном виде хранятся в базе данных, что позволяет делать запросы о профильных подразделениях.

В отдельном блоке отчета вуза, представленного в мониторинге, даны сведения о научно-технических разработках. Разработки подразделяются по типу на технологии, новые материалы и инновационные продукты. Для каждой разработки указывается степень готовности к массовому производству. В списке степеней готовности особое значение имеет степень «научный задел». На сегодня это единственный формализованный способ получения информации о научно-технических заделах.

Этап подготовки, оформления и реализации результатов интеллектуальной деятельности фиксируется в базе данных мониторинга по каждому результату и по всем этапам работы с ним от момента подачи заявки до постановки на учет нематериальных активов и указания способов использования вузом.

Работа инновационного блока описана в базе данных мониторинга отдельно для подразделений вуза и для самостоятельных юридических лиц – малых инновационных предприятий. При описании работы хозяйственных обществ указываются все данные об этих обществах и данные о деятельности в каждом полугодии. Информация о деятельности включает сведения о наличии собственного инновационного проекта с указанием инвестора, сведения о характере и результатах работ и услуг, сведения о производстве высокотехнологичной продукции.

Данные о подготовке кадров для инновационной деятельности включают сведения о стажировках, консультациях, создании методических материалов для обучения предпринимательской деятельности, данные об участии студентов и работников вуза в деятельности хозяйственных обществ.

Созданная схема мониторинга представляет собой упрощенную экономическую модель деятельности вуза, отображающую как текущие результаты, так и результаты инвестиционного характера. Системный характер представленной в базе данных информации о вузе позволяет построить формализованные методы оценки в баллах инновационной деятельности вуза, на основании которых можно строить рейтинг вузов по всем компонентам, составляющим инновационный потенциал вуза, а также выявлять диспропорции в развитии отдельных блоков и направлений деятельности. Более подробно система оценки и построения рейтинга с примерами изложена в [3]. Методология оценки деятельности вуза основана на стремлении объединить разнородные виды деятельности единым экономическим критерием, что является обязательным условием оптимального управления. Только в этом случае можно ставить задачу объективной оценки и экономически обоснованного распределения ресурсов.

В настоящее время в фокусе внимания находится проблема сбора и обработки данных о практических результатах инновационной деятельности вузов, о технологиях, материалах и продуктах, предлагаемых вузами для экономики России. Решение этой проблемы могло бы повысить эффективность участия вузов в технологическом развитии России. Возможности для этого открываются в нескольких направлениях:

- появляется объективная информация о реальном вкладе научного и инновационного блоков вузовского комплекса в технологическое развитие страны, которая может быть использована для экономического обоснования финансирования исследований и разработок в вузах;

- эта же информация создает основу для карты технологических разработок, позволяющую потенциальным потребителям ориентироваться в поступающей от вузов информации;

- вузы получают возможность видеть всю картину развития технологий и более точно строить собственные планы исследований и разработок, выбирать партнеров для кооперирования в области исследований;

- расширение информационной основы для прогнозирования развития науки и технологий. Можно сопоставлять прогнозируемую структуру научных результатов и технологий с действующей в настоящее время структурой исследований (научных заделов) и инновационной продукции.

Возможность связывать методы прогнозирования с анализом фактической организации работ над технологиями открывает и новые возможности управления реализацией прогнозов в той их части, которая представляется частью государственных нужд.

Наиболее сложная задача в организации мониторинга инновационной деятельности вузов заключается в создании удобных способов использования получаемой информации всеми заинтересованными субъектами. Описанную выше информацию отчета о научной деятельности можно определить в этом смысле как информацию для внутреннего потребления в системе Минобрнауки, она не ориентирована на пользователя из реального сектора экономики или на инновационных менеджеров.

В связи с этим при переходе от мониторинга выполнения постановления № 219 к мониторингу инновационной деятельности вузов и научных организаций необходимо внести изменения в схему мониторинга в двух аспектах: выделить блок информации для потенциальных партнеров, дополнить схему мониторинга алгоритмом обработки получаемых данных. В настоящее время информация о научно-технических разработках, предназначенная для покупателей и инвесторов, предлагается в каталогах инновационной продукции и в специализированных источниках типа электронных бирж инновационной продукции. Анализ методов представления информации о научно-технических разработках и об инновационных предложениях инвесторам дан в [4].

Обработка массива полученных от вузов данных о создаваемых инновационных продуктах показала наличие сложной структуры этого массива [5], высокий уровень неоднородности разработок по глубине новаций, широте применения, значимости эффекта и по другим параметрам. Практическое использование полученной информации потенциальными потребителями затруднено отсутствием предварительных оценок. Привлечение экспертов целесообразно на той стадии, когда объект уже выбран и затраты на привлечение эксперта целесообразны, но привлечение экспертов невозможно для оценки массивов с сотнями записей о разработках. Необходима разработка методов формализованной классификации находящихся в базе данных сведений о научно-технических разработках. Известен [4] подход компании РСТТ (Российский союз трансфера технологий), делающий ставку на самого заявителя инновационного проекта, который должен дать подробное описание представленного проекта с помощью выбора ключевых слов и выбора из представленных списков позиции для определения дополнительных свойств проекта (отрасль, направление научных исследований и другие). В схеме мониторинга вузов также в дополнение к включенным в отчетные данные сведениям о научно-технических разработках были включены дополнительные описания каждой разработки, формализованные для удобства автоматизированного анализа, и создаваемые организацией монитором. Совокупность добавленных параметров можно определить как метаинформацию, ее функция заключается в создании возможности автоматизированного анализа и выделения разработок по сложным запросам.

Метаинформация, будучи включенной в базу данных мониторинга, решает за пользователей часть задач и упрощает для них поиск и отбор потенциально интересных проектов и разработчиков, помогая тем самым подготовке контрактов о реализации инновационных продуктов. В перспективе при осуществлении проекта создания информационной системы можно постепенно переносить признаки из состава метаинформации в состав внутренней

информации о разработке. Но перед этим необходима опытная эксплуатация схемы описания разработок, так как метаинформация имеет целью не только расширение сведений для покупателя, но и агрегирование информации о проектах для целей анализа тенденций, прогнозирования изменений, выбора управляющих воздействий.

Составленная на первом этапе разработки информационной системы схема метаинформации и опыт ее использования для анализа полученной от вузов информации показаны в статьях [2, 5]. В статье [5] показан смысл дополнительных определений представленных вузами разработок. Это независимые друг от друга свойства, в совокупности представляющие ортогональные векторы: продвижение в освоении сил природы, характер получаемого эффекта, место разработки в производственных процессах. Развитие этой системы описания и анализа разработок может происходить только поэтапно, так как сама получаемая информация влияет на выбор вводимых признаков. Попытка введения признаков на основе внешних по отношению к фактическим данным соображений приводит к резким различиям между желаемой и фактической структурой исследований и разработок, что показано в [5] на примере сопоставления структуры разработок вузов со структурой технологий, предложенной в проекте национальной технологической инициативы.

Предлагаемый к реализации проект организации мониторинга инновационной деятельности всех вузов России не является только проектом базы данных инновационных проектов, так как содержит информацию о вузах и их научных подразделениях, создающих новые технологии и инновационные продукты. Эта информация чрезвычайно важна для потенциального партнера, так как модернизация технологии не сводится к приобретению отдельных продуктов, но требует заключения контракта с вузом для адаптации новшества на производственной базе предприятия. Этот механизм был заложен в схему постановления Правительства РФ № 218 о реализации совместных проектов вузами и предприятиями. Опыт создания открытого каталога инновационных предложений с включением дополнительной информации о создателе проекта был реализован в ходе подготовке информационно-аналитических материалов сборников [1].

Положительные результаты организации информационной системы инновационной деятельности вузов, построенной на процедуре мониторинга, могут быть получены при условии постоянной работы организации монитора, поддерживающей соответствующий портал для интерактивного обмена информацией с вузами и пользователями. Целесообразна организация постоянной научной поддержки мониторинга по аналогии с мониторингом постановления № 219, в то же время возможно после опытной эксплуатации информационной системы передача функций эксплуатации информационной системы специализированной организации.

Организация мониторинга на первом этапе возможна на основании формирования государственного задания на создание системы мониторинга и приказа министра образования и науки, обязывающего вузы участвовать в мониторинге инновационной деятельности. По аналогии с выполнением постановления № 219 необходимо создать регламент ведения мониторинга, утверждаемый министерством. На втором этапе необходимо сделать оценку полноты охвата системой мониторинга имеющейся информации и разработать меры по мотивации вузов на участие в мониторинге и представлении более полной информации о своих возможностях и имеющихся наработках.

Целесообразно список участников мониторинга утвердить как реестр инновационно-активных вузов. Включение вуза в реестр инновационно-активных следует рассматривать как необходимое условие получения финансовой поддержки проектов вуза по развитию инновационного потенциала. Это условие создаст необходимую мотивацию для улучшения организации инновационной деятельности и корректной отчетности. Наличие в базе данных монитора информации об инновационном потенциале вуза и истории создания научно-технических разработок может быть полезным инвесторам и венчурным компаниям.

Перспектива развития мониторинга связана с выявлением потенциала вузов по созданию необходимых промышленности технологий. Представляемая в настоящее время в ходе мониторинга информация о готовых к реализации инновационных продуктах и технологиях составляет лишь небольшую долю потенциала вуза. Это можно обнаружить при изучении описания научных подразделений вуза. Например, в уже упомянутом отчете Балтийского государственного университета им. И. Канта содержится подробное описание потенциала кафедр вуза, из которого можно заключить, что реальный потенциал инновационной деятельности вуза на порядок выше формально представленных сведений. Такая же картина — в Московском энергетическом институте (МЭИ). Следовательно, необходимо изучать методы анализа информации о научном профиле и научно-технической деятельности подразделений вузов, чтобы создать методы ознакомления потенциальных потребителей с возможностями вузов.

В статье приведены результаты, полученные при выполнении работ в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ № 2.44.2016/нм по проекту «Мониторинг деятельности объектов инфраструктуры, созданной в ходе реализации мероприятий, осуществляемых в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 219 «О государственной поддержке развития инновационной инфраструктуры в федеральных образовательных учреждениях высшего профессионального образования».

Список литературы

1. Информационно-аналитические материалы по перспективным научным и инновационным разработкам образовательных и научных организаций // Информационно-аналитический бюллетень. Вып. 1–4. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Москва 2015.
2. Андреев Ю.Н. Структура научно-технических разработок вузов России // Инноватика и экспертиза. Вып. 1(16). Москва. 2016, стр. 145–151.
3. Андреев Ю.Н. Формирование инновационных систем вузов // Инноватика и экспертиза. Вып. 2(11). Москва. 2013, стр. 18–32.
4. Андреев Ю.Н., Скиба М.Н. Возможности и методы стандартизации представления информации об инновационных предложениях // Инноватика и экспертиза. Вып. 1(3). Москва. 2009, стр. 99–107.
5. Андреев Ю.Н. Влияние инноваций на производственные процессы // Инноватика и экспертиза. Вып. 1(16). Москва. 2016, стр. 57–74.

References

1. *Informatsionno-analiticheskie materialy po perspektivnym nauchnym i innovatsionnym razrabotkam obrazovatel'nykh i nauchnykh organizatsiy* [Information and analytical materials on prospective research and innovation developments of educational and scientific organizations] *Informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Information-analytical Bulletin], SRI FRCEC, Moscow, 2015, vol. 1–4.
2. Andreyev Y.N. (2016) *Struktura nauchno-tehnicheskikh razrabotok vuzov Rossii* [Structure of scientific and technological development of universities in Russia] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expert examination]. Moscow, vol. 1(16), pp. 145–151.
3. Andreyev Y.N. (2013) *Formirovanie innovatsionnykh sistem vuzov* [The formation of innovation systems of the universities] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expert examination]. Moscow, vol. 2(11). p. 18–32.
4. Andreyev Y.N., Skiba M.N. (2009) *Vozможности i metody standartizatsii predstavleniya informatsii ob innovatsionnykh predlozheniyakh* [Opportunities and methods of standardizing the reporting of information on innovations] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expert examination]. Moscow, vol. 1(3), pp. 99–107.
5. Andreyev Y.N. (2016) *Vliyanie innovatsiy na proizvodstvennye protsessy* [The impact of innovation on production processes] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expert examination]. Moscow, vol. 1(16). pp. 57–74.

КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ФЦП РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.В. Кольцов, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦ, канд. экон. наук,
akoltsov@extech.ru

А.М. Октябрьский, нач. отд. НИЧ ФГБОУ ВО МАИ (национальный университет),
канд. техн. наук, *amoktx@gmail.com*

Т.В. Хабарова, нач. отд. ЦИСН ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. физ.-мат. наук,
khabarovatv@extech.ru

Выполнен сравнительный анализ формирования приоритетных направлений и критических технологий в Российской Федерации и в зарубежных странах. Проанализированы результаты реализации в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2013–2020 годы» утвержденных Президентом Российской Федерации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации на основе анализа реализуемых в рамках программы контрактов на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Дана также оценка полученных в результате реализации контрактов по приоритетным направлениям и критическим технологиям объектов интеллектуальной собственности.

Ключевые слова: формирования приоритетных направлений и критических технологий, объекты интеллектуальной собственности.

CRITICAL TECHNOLOGIES AND PRIORITY DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY WITHIN THE FRAMEWORK OF THE FEDERAL TARGET PROGRAM OF DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL COMPLEX OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.V. Koltsov, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Economics,
akoltsov@extech.ru

A.M. Oktiabrskiy, Head of Department, Research part FSBEI HE National Research University, MAI, Doctor of Engineering, *amoktx@gmail.com*

T.V. Khabarova, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Mathematics,
khabarovatv@extech.ru

A comparative analysis of formation of priority directions and critical technologies in the Russian Federation and in the foreign countries has been performed. We have analyzed the results of its implementation within the framework of the Federal target program «Research and development in priority directions of development of scientific-technological complex of Russia for 2013–2020» approved by the President of the Russian Federation priority as well as the directions of development of science, technologies and technics in the Russian Federation and the list of critical technologies of the Russian Federation on the basis of analysis implemented within the framework of the contracts for R&D performance. We have also assessed the results of implementation of contracts in priority areas and critical technologies of intellectual property objects.

Keywords: formation of priority directions and critical technologies, intellectual property objects.

В настоящее время Федеральные целевые программы (далее – ФЦП) являются важным инструментом регулирования научно-технической и инновационной деятельности в Российской Федерации и направлены на решение экономических, социальных, научных, технических и технологических проблем развития отдельных отраслей экономики страны.

О важности реализации ФЦП свидетельствует то, что на их финансирование в России и проведение актуальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) гражданского назначения из федерального бюджета направляются значительные средства.

Так, в 2015 г. они составили 178,6 млрд руб., или 19,5 % от внутренних затрат на исследования и разработки, предусмотренных бюджетом Российской Федерации по данным Росстата за 2015 г. (914,7 млрд руб.) [1].

В связи с этим выявление факторов, влияющих на эффективность ФЦП, в том числе в части реализации в рамках мероприятий ФЦП приоритетных направлений и критических технологий Российской Федерации [2], является актуальной задачей, поскольку позволяет подготовить научно обоснованные предложения по совершенствованию организации управления ФЦП, выбору проектов, заключению контрактов и корректировке указанных приоритетных направлений и критических технологий и повысить результативность реализации ФЦП и сферы исследований и разработок в целом.

Кроме того, информация, полученная в рамках данной работы, формирует информационно-аналитическую базу для совершенствования инструмента организации государственного заказа на научно-техническую продукцию и оптимизации бюджетных ассигнований на реализацию НИОКР гражданского назначения.

В 2015 г. финансовая поддержка НИОКР гражданского назначения осуществлялась в рамках 23 ФЦП и 1-й подпрограмме «Создание и организация производства в Российской Федерации в 2011–2015 годах дизельных двигателей и их компонентов нового поколения»¹), которые включены в приложение № 24 к Федеральному закону от 1 декабря 2014 г. № 384 ФЗ [3].

Работа выполнена по результатам анализа поступивших в Минобрнауки России отчетных материалов от государственных заказчиков о ходе реализации в отдельные годы федеральных целевых программ, содержащих НИОКР гражданского назначения.

В данной работе приведены результаты анализа количественных характеристик распределения контрактов и полученных результатов в форме объектов интеллектуальной собственности в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы»²) и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»³) по приоритетным направлениям и критическим технологиям Российской Федерации [4] за 2012, 2013 и 2015 годы.

При этом следует учесть, что упомянутые программы по ряду параметров относятся к наиболее важным и изначально направленным на выполнение НИОКР по указанным приоритетам и критическим технологиям. Кроме того, в 2015 г. по программе было заключено 297 контрактов, что составляет более половины всех контрактов, заключенных по всем программам, имеющим НИОКР.

По доле финансирования НИОКР из всех источников отдельной ФЦП в общем объеме ее финансирования из всех источников, которая в 2015 г. составляла 71 % и характеризует наукоемкость ФЦП [2], программа входит в пять крупнейших и уступает по наукоемкости

¹ Ранее финансировалась в рамках ФЦП «Национальная технологическая база» на 2007–2011 гг.

² Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 17 октября 2006 г. № 613.

³ ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2013 г. № 426).

только программам создания дизельных двигателей, развития гражданской авиации, развития фармацевтической и медицинской промышленности и гражданской морской техники.

Кроме того, в 2015 г. в рамках реализации программы получены охранные документы или поданы заявки на их получение по наибольшему из всех других программ числу объектов интеллектуальной собственности (ОИС), независимо от времени выполнения НИОКР и окончания контракта (1042 ОИС или 44,8% от их общего числа).

Следует отметить, что в 2013 г. ФЦП претерпела принципиальные изменения в перечне реализуемых в ее рамках мероприятий, существенным образом повлиявшие на полученный результат реализации программы в 2015 г., т.к. по приоритетным направлениям и критическим технологиям классифицировались не контракты, а ОИС, созданные в рамках выполнения этих контрактов, на которые получены охранные документы.

Приоритетные направления развития науки и техники и критические технологии в зарубежных странах и в Российской Федерации

Зарубежный опыт

В одном из первых исследований [5], в котором в основном определены подходы к формированию научно-технологических приоритетов в последующие годы, была дана теоретическая интерпретация понятия «критическая технология» и в качестве основного критерия отнесения технологий к разряду критических было предложено рассматривать их повсеместное использование в различных секторах промышленности.

Сложившаяся в настоящее время практика предусматривает выделение четырех типов приоритетов в области научно-технической и инновационной политики [6]:

- макроприоритеты, производные от политических, экономических и социальных факторов;
- тематические приоритеты, затрагивающие конкретные области науки, техники и технологий;
- функциональные приоритеты, относящиеся к научной и инновационной системам в целом;
- целевые приоритеты, ориентированные на достижение социально-экономических целей.

Значительное внимание выбору тематических приоритетов научно-технологического развития уделяется в Европейском Союзе. В Европейской программе мониторинга Форсайт-проектов в 2005 г. проводилась серия исследований по 15 ключевым научно-технологическим направлениям (информационные, био- и нанотехнологии, производственные системы и др.) [7], целью которых являлось формирование общего видения их развития в Европе в долгосрочной перспективе. Для каждого из них были выявлены социально-экономические вызовы, осуществлен SWOT-анализ, рассмотрен уровень европейских ИиР в сравнении с конкурентами, отобраны критические технологии.

Затем в данном направлении был инициирован проект по выявлению «возникающих технологий» (emerging technologies), способных обеспечить лидерство ЕС, и определению новых приоритетов научной и инновационной политики, оценке их сопряженности с социально-экономическими целями [8].

Оценка отобранных технологий производилась по двум базовым показателям: индексу важности и величине потенциальных социально-экономических эффектов. Рассматривались четыре ключевых направления развития науки и технологий — наноиндустрия, живые системы, информационные и коммуникационные технологии, устойчивое развитие, в рамках которых изначально предлагались 104 технологии. Из их числа были выбраны те, которые отличались наиболее высоким уровнем фундаментальных исследований и инновационным потенциалом, а также временным лагом, предшествующим их «созреванию», в пределах 10–15 лет.

Итогом проекта стал перечень из 40 важнейших возникающих технологий (преимущественно в области «живых систем»), характеризовавшихся максимальными значениями упомянутых показателей. Далее эти технологии дополнительно оценивались по следующим параметрам:

- уровень ИиР в ЕС по сравнению с конкурентами – США и Японией;
- экономические аспекты (материально-техническая база, уровень конкурентоспособности, рыночный потенциал и т.п.);
- социальные факторы (этические вопросы, информированность, степень восприятия населением и т.д.);
- научный потенциал (возможности трансферта технологий, инфраструктура науки, образовательная система и др.);
- политические условия (налоговая политика, стандарты, регулирование и пр.).

Для каждой из отобранных технологий были разработаны микросценарии развития в контексте различных вариантов реализации научно-технической и инновационной политики в Европе.

В рамках другой, действующей с 2007 г. важнейшей межгосударственной Европейской инициативе – Седьмой рамочной программе научных исследований, технологического развития и демонстрационной деятельности (7 РП) – определены ориентиры инновационного развития стран Евросоюза. Они идентифицируются исходя из необходимости решения важнейших социально-экономических и экологических проблем, что можно проиллюстрировать на примере блока «Сотрудничество», ставящего целью финансирование прикладных и фундаментальных исследований в 48 тематических областях, распределенных по десяти направлениям.

Заслуживающий внимания опыт определения критических технологий накоплен в ряде зарубежных стран.

Франция

Перечень критических технологий во Франции был впервые разработан еще в 1995 г. и в дальнейшем обновлялся каждые пять лет. В 2010 г. завершился очередной раунд их корректировки (с горизонтом до 2015 г.), проходивший в несколько этапов. При этом ставились задачи определения стратегических для французской экономики научных направлений и оценки потенциальных возможностей их развития. На первом этапе была сформулирована методология исследования, организован пул из 250 экспертов, проведен анализ состояния секторов экономики и рассмотрены перспективные ориентиры. Далее проводились экспертные интервью с целью определения «кандидатов» на включение в окончательный перечень критических технологий [7].

По результатам проведенных работ был сформирован список из семи приоритетных направлений и 85 критических технологий, дана их детальная характеристика, предложены рекомендации по развитию.

Так, для каждой из них были определены:

- сферы применения;
- основные цели;
- ожидаемые эффекты;
- уровень развития национальных сфер ИиР;
- организации, ответственные за создание и продвижение разработок на мировой уровень;
- условия развития и распространения, соответствующие рекомендации по мерам научно-технической и инновационной политики;
- взаимосвязь с другими критическими технологиями.

Отобранные научно-технологические приоритеты задали ориентиры для научно-технической и инновационной политики Франции до 2015 г.

Финляндия

По объему инвестиций в научные исследования и разработки Финляндия относится к числу ведущих стран мира. Около 80 % средств распределяют Министерство торговли и промышленности и Министерство просвещения Финляндии. Финансирование вузовской науки, где проводятся основная доля фундаментальных исследований страны и часть прикладных, идет через Академию Финляндии — контролируемый министерством просвещения центральный научно-административный орган. В состав Академии входят комитет по науке и шесть комиссий: по естественным, медицинским, сельскохозяйственным, техническим, общественным и гуманитарным наукам [9].

По объемам финансирования для Академии Финляндии приоритетными являются четыре направления исследований в области:

- медицинских наук;
- биологических наук и окружающей среды;
- культуры и общества;
- естествознания и техники.

При выделении средств Академия рассчитывает, что финансируемые проекты будут способствовать не только развитию финской науки, но и укреплению международного научно-технического сотрудничества Финляндии. Академия распределяет большую часть бюджетных средств, выделяемых на прикладные исследования.

Китай

В настоящее время Китай ставит задачу полностью устранить зависимость от импорта передовых технологий. Для этого руководством страны было предложено увеличить финансирование фундаментальных исследований, а также ускорить доведение их результатов до производства путем создания цепочек, объединяющих ВУЗы, НИИ и предприятия [9].

В октябре 2010 г. китайские власти сформулировали план развития КНР на 12-ю пятилетку, с 2011 по 2015 годы. В нем приоритет отдавался развитию семи стратегических технологий, которые в идеале должны полностью изменить структуру экономики Китая:

- технологии «чистой» энергетики;
- новое поколение телекоммуникационного оборудования;
- биотехнологии;
- высокотехнологичное оборудование;
- новая энергетика;
- новые материалы;
- гибридные и электрические автомобили.

Именно по этим технологиям разрыв между Китаем и Западом должен быть ликвидирован в максимально короткие сроки.

Как известно, Китай не ставит недостижимых задач, и с учетом нынешних темпов роста ВВП, они вполне достижимы. Создание экономики, способной производить инновации, — это радикальная трансформация общественного сознания, отказ от пассивного усвоения и трансляции знаний, навыков в пользу предприимчивости.

Российский опыт

В России приоритетные направления¹ и критические технологии² впервые были установлены в 1996 г. и с тех пор несколько раз пересматривались. На первых этапах была характерна тенденция к выбору значительного числа приоритетных направлений и критических технологий для рассмотрения практически всех важнейших областей технологического развития.

¹ См.: Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации (утверждены Президентом РФ 30.03.2002 № Пр-577 и 21.05.2006 № Пр-843).

² См.: Критические технологии Российской Федерации (утверждены Президентом РФ 30.02.2002 № Пр-578 и 21.05.2006 № Пр-842).

Так, в версии 1996 г. были отобраны семь приоритетных направлений и 70 критических технологий (в среднем на одно направление приходилось 10 технологий), в исследовании 2002 г. — восемь приоритетных направлений и 52 критические технологии (в среднем на одно направление — менее шести технологий). Столь значительное число критических технологий было обусловлено как сильными лоббистскими возможностями различных ведомств, так и отсутствием достаточно прозрачных процедур отбора приоритетов.

В последние годы процесс выбора национальных приоритетов синхронизируется с общемировыми подходами, ориентированными на уменьшение количества критических технологий. Это связано с тем, что спектр ИиР неуклонно расширяется, а их финансирование увеличивается значительно меньшими темпами. Как следствие, возникает необходимость введения своего рода «мобилизационного режима», при котором ресурсы концентрируются на ограниченном числе ключевых направлений, способных в длительной перспективе обеспечить стратегические преимущества и ответ на глобальные и национальные вызовы. Кроме того, все большая прозрачность процедуры отбора приоритетов позволяет не включать в их число те направления и технологии, которые имеют преимущественно отраслевой характер.

Стратегические приоритеты процесса модернизации должны опираться на широкий спектр перспективных областей ИиР. Поэтому возникает необходимость определения важнейших трендов научно-технологического развития с использованием результатов долгосрочных прогнозов [7].

В 2006 г. на основе экспертных исследований, выполненных по методологии Форсайта, был подготовлен перечень из восьми приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и 34 критических технологий РФ (в среднем — четыре критические технологии на одно приоритетное направление). Процесс их отбора детально рассматривался на страницах журнала «Форсайт» [10]. В своей основе он предполагает: сбор и анализ информации с целью выявления ключевых научно-технологических трендов и вызовов, экспертную оценку полученных результатов, идентификацию перспективных направлений, их корректировку и конкретизацию на уровне соответствующих перечней критических технологий.

В 2007–2008 гг. в России по заказу Минобрнауки России впервые с использованием методологии Форсайта был осуществлен комплексный проект по разработке долгосрочного прогноза научно-технологического развития страны на период до 2025 г. Центральным его элементом стало проведение широкомасштабного исследования по методу Дельфи (с привлечением более 2000 экспертов), направленного на определение долгосрочных перспектив научно-технологического развития России. В результате была создана обширная информационная база, отражающая долгосрочные тенденции развития науки и технологий в России и за рубежом [10].

Перспективные оценки развития науки и технологий до 2030 г. в сочетании с перечнем критических технологий 2006 г. использовались для обоснования новых приоритетов в 2009 г.

Модифицированный перечень критических технологий был значительно сокращен по сравнению с версией 2006 г. Все указанные выше проекты 2006–2010 гг. выбора критических технологий базировались на единой методологии Форсайта, а результаты более ранних инициатив использовались в последующих исследованиях с целью формирования единых рекомендаций по совершенствованию государственной научно-технической и инновационной политики.

Важно отметить, что завершающий этап отбора приоритетов отличался от всех предыдущих ярко выраженной практической направленностью. Экспертов в первую очередь интересовали следующие проблемы: оценка потенциального спроса на инновационные продукты, определение соответствующих ключевых технологий, с помощью которых они могут быть произведены, а также научно-производственный потенциал российских организаций [7].

Процесс корректировки приоритетов и критических технологий был сфокусирован, прежде всего, на тех направлениях ИиР, которые имеют потенциал оперативной коммерци-

ализации и способны обеспечить значительный социально-экономический эффект. В основу корректировки приоритетов и критических технологий были положены следующие критерии:

- вклад в ускорение роста ВВП, совершенствование его структуры и повышение конкурентоспособности российской экономики;
- обеспечение национальной безопасности России, включая ее технологические, экологические, энергетические, продовольственные и информационные аспекты.

В эту процедуру были вовлечены шесть экспертных групп по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники гражданского назначения, установленным в 2006 г. При формировании экспертных групп учитывались:

- результаты библиометрического анализа научной деятельности, отражающие публикационную активность, индекс цитируемости и другие показатели;
- данные об участниках наиболее масштабных проектов, предоставленные научными фондами;
- рекомендации Минобрнауки России, других органов исполнительной власти и государственных академий наук;
- информация о ведущих научно-исследовательских центрах и производственных компаниях и др.

В общей сложности к экспертизе были привлечены более 250 экспертов высшей квалификации:

- сотрудники научно-исследовательских организаций;
- ученые и преподаватели высших учебных заведений;
- члены экспертных советов Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России;
- руководители проектов, реализуемых в рамках федеральных и ведомственных целевых программ;
- представители промышленных предприятий, бизнес-сообщества, фондов поддержки научной и научно-технической деятельности и других организаций.

В июле 2011 г. Указом Президента Российской Федерации были утверждены скорректированные перечни 8 приоритетных направлений развития науки и техники РФ и 27 критических технологий РФ [4], которые до настоящего времени используются при определении направлений научно-технической и инновационной политики в научно-исследовательских учреждениях России.

Распределение заключенных в рамках ФЦП контрактов по приоритетным направлениям развития науки и техники и критическим технологиям в 2012–2013 гг.

Наиболее универсальной и крупнейшей программой (по объемам финансирования, по числу заключаемых в рамках программы контрактов), направленной по своей структуре на поддержку приоритетных направлений (ПН) и критических технологий (КТ), является упомянутая выше ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (далее ФЦП). В ходе выполнения данной программы ежегодно заключалось большое количество контрактов, что позволяет провести достаточно представительный анализ реализации ПН и КТ в Российской Федерации. Этим обусловлено проведение анализа реализуемых в контрактах ПН и КТ в рамках выполнения именно этой программы.

Упомянутым выше Указом Президента Российской Федерации [4] утверждены 8 приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и перечень 27 критических технологий Российской Федерации.

Распределение и структура контрактов, выполняемых в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» по приоритетным направлениям Российской Федерации в 2012 и 2013 годах, представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Распределение контрактов, выполняемых по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации в 2012 и 2013 гг.

№ п/п	Приоритетные направления развития науки, техники и технологий Российской Федерации (ПН РФ)	Число контрактов по ПН РФ, ед.		Удельный вес контрактов по ПН РФ в общем числе контрактов, %	
		годы		годы	
		2012	2013	2012	2013
1	Безопасность и противодействие терроризму	0	0	0,0	0,0
2	Индустрия наносистем	244	302	22,4	25,0
3	Информационно-телекоммуникационные системы	237	283	21,8	23,4
4	Науки о жизни	295	208	27,1	17,2
5	Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники	4	5	0,4	0,4
6	Рациональное природопользование	120	190	11,0	15,7
7	Транспортные и космические системы	2	21	0,2	1,7
8	Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика	187	200	17,2	16,5
Итого		1089	1209	100	100

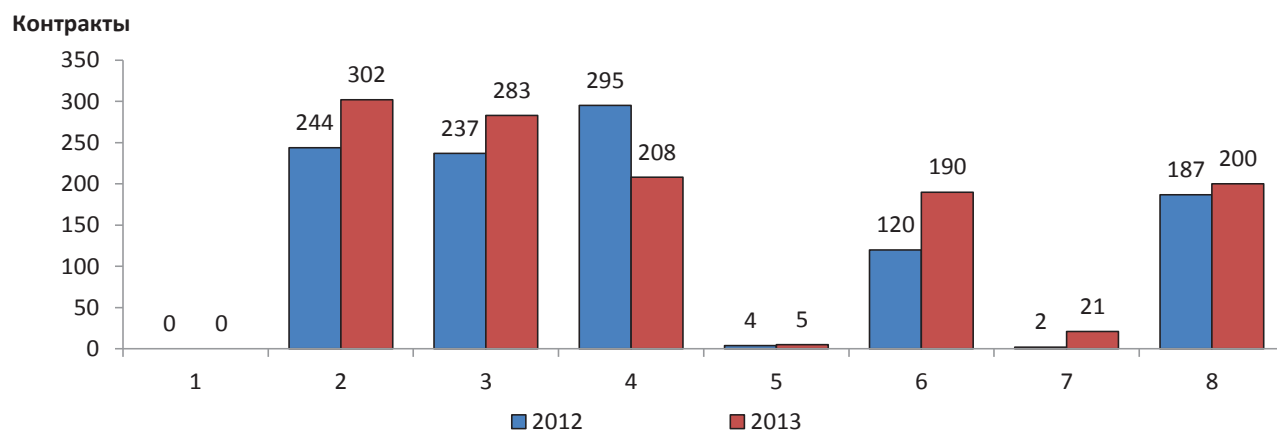


Рис. 1. Распределение контрактов по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации в 2012 и 2013 годах

- 1 – «Безопасность и противодействие терроризму»;
- 2 – «Индустрия наносистем»;
- 3 – «Информационно-телекоммуникационные системы»;
- 4 – «Науки о жизни»;
- 5 – «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники»;
- 6 – «Рациональное природопользование»;
- 7 – «Транспортные и космические системы»;
- 8 – «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика»

Как показывают приведенные данные из 8 ПН РФ в Указе Президента России в рамках ФЦП контракты в 2012–2013 гг. заключались по 7 приоритетным направлениям.

В 2012 г. наибольшее число контрактов заключено по приоритетным направлениям:

- «Науки о жизни» (295 контрактов, или 27 % общего числа заключенных по приоритетным направлениям контрактам);
- «Индустрия наносистем» (244 контракта, 22,4 %);
- «Информационно-телекоммуникационные системы» (237 контрактов, 21,8 %).

Заметно меньшее число контрактов заключено в 2012 г. по направлениям «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» (187 контрактов, 17,2 %), «Рациональное природопользование» (120 контрактов, 11 %). Незначительное число контрактов заключено в 2012 г. по ПН РФ «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники» (4 контракта, 0,4 %) и «Транспортные и космические системы» (2 контракта, 0,2 %), что свидетельствует о необходимости усиления внимания к реализации указанных ПН РФ и соответствующего увеличения числа заключаемых контрактов.

В 2013 г. ситуация несколько изменилась и из 7 ПН РФ, по которым заключались контракты в рамках ФЦП в 2012 г., их число возросло по 6 приоритетным направлениям и снизилось по одному направлению (рис. 1). При этом лидирующими по числу заключенных контрактов остались те же три ПН РФ, что и в 2012 г.: «Науки о жизни», «Индустрия наносистем» и «Информационно-телекоммуникационные системы».

При этом число заключенных контрактов снизилось в 2013 г. по ПН РФ «Науки о жизни» (до 208 контрактов с 295, т.е. примерно на 30 %), а удельный вес контрактов по этому ПН РФ в общем числе контрактов снизился с 27,1 % до 17,2 %. Одновременно в 2013 г. значительно увеличилось число заключенных контрактов по следующим ПН РФ:

- «Индустрия наносистем» – с 244 до 302, или на 31 % при увеличении удельного веса с 22,4 % до 24 %;
- «Информационно-телекоммуникационные системы» – с 237 до 283 или на 16 % при увеличении удельного веса с 21,8 % до 23,4 %;
- «Рациональное природопользование» – со 120 до 190 или на 37 % при увеличении удельного веса с 11 % до 15,7 %;
- «Транспортные и космические системы» – с 2 до 21 или более чем в 10 раз при увеличении удельного веса с 0,2 % до 1,7 %.

– Заметно меньше увеличилось в 2013 г. по сравнению с 2012 г. число заключенных контрактов по двум ПН РФ:

- «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» – со 187 до 200 или на 6,5 % при снижении удельного веса с 17,2 % до 16 %;
- «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники» – с 4 до 5 или на 20 % при неизменном удельном весе 0,4 %.

Таким образом, судя по результатам анализа числа и динамики реализации контрактов, заключенных в рамках ФЦП в 2012–2013 гг., следует отметить определенное снижение внимания к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Науки о жизни», замедленный, по сравнению с другими приоритетными направлениями, рост внимания к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» и значительный рост интереса к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Индустрия наносистем», «Информационно-телекоммуникационные системы» и «Рациональное природопользование».

На основании числа и динамики контрактов, заключенных для проведения исследований по ПН РФ «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники» и «Транспортные и космические системы» затруднительно получить адекватное представление об их роли в реализации ПН РФ в рамках ФЦП в силу их малочисленности, определенного несоответствия профилю ФЦП и наличия других ФЦП по этим направлениям.

Рассмотренные приоритетные направления исследований, проводимых в рамках ФЦП, определяются реализуемыми критическими технологиями, заданными в упомянутом выше Указе Президента Российской Федерации. От реализации этих технологий в значительной степени зависит решение важнейших экономических, социальных, научно-технических, экологических и других проблем развития России, что определяет необходимость и актуальность анализа реализации КТ РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы».

В табл. 2 представлены число выполняемых контрактов по КТ РФ в 2012 и 2013 гг. и их удельный вес в общем числе контрактов. Данные, приведенные в табл. 2, ранжированы по 2012 г. Как следует из табл. 2, в 2012 г. не финансировалось 5 КТ РФ, а в 2013 г. только одна – «Базовые технологии силовой электротехники».

Данные, приведенные в табл. 2, позволяют выделить несколько групп контрактов реализации КТ РФ в рамках ФЦП по их числу в 2012 г.

В первую группу (см. табл. 2 и рис. 2) включаются КТ РФ, по которым в 2012 г. реализованы от 50 до 150 контрактов: КТ РФ 3, 4, 8, 12, 13, 15, 18 и 26.

Во вторую группу включаются КТ РФ, по которым в 2012 г. реализованы от 30 до 49 контрактов: КТ РФ 5, 6, 10, 17, 21, 25 и 27.

В третью группу включаются КТ РФ, по которым в 2012 г. реализованы от 5 до 29 контрактов: КТ РФ: 9, 14, 16 и 22.

В последнюю, четвертую группу включаются критические технологии, по которым в 2012 г. реализованы от 0 до 5 контрактов: КТ РФ 1, 2, 7, 11, 23 и 24.

В 2012 г. наибольшее количество контрактов (147) приходилось на КТ РФ «Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии» (см. табл. 2 и рис. 2), однако в 2013 г. число контрактов по данной технологии заметно сократилось (до 83, т.е. на 44 %).

В 2013 г. по сравнению с 2012 г. значительно (в 2,3 раза) возросло число контрактов по КТ РФ «Программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем» (с 58 до 136 контрактов).

Следует также отметить возросшую востребованность в реализации проектов, связанных с КТ РФ мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения (99 проектов в 2013 г., против 82 таких проектов в 2012 г., т.е. их число возросло в 1.2 раза).

Кроме того, 4 КТ РФ, которые в 2012 г. в рейтинге занимали место во втором десятке, в 2013 г. заняли места в первой десятке КТ РФ:

- «Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов» (число контрактов возросло в 2013 году по сравнению с 2012 годом с 46 до 73 контрактов, т.е. в 1.6 раз);

- «Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи» (68 контрактов, причем в 2012 г. контракты по этой критической технологии не заключались);

- «Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов» (число контрактов возросло в 2013 году по сравнению с 2012 годом с 24 до 65 контрактов, т.е. в 2.7 раз);

- «Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе» (число контрактов возросло в 2013 г. по сравнению с 2012 г. с 38 до 65 контрактов, т.е. в 1.7 раз).

На рис. 2 приведена структура распределения контрактов по КТ РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» в 2012 и 2013 гг.

Таблица 2

Распределение контрактов, выполняемых по критическим технологиям Российской Федерации в 2012 и 2013 годах

№ п/п КТ РФ	Критическая технология Российской Федерации (КТ РФ)	Число выполняемых контрактов по КТ РФ, ед.		Удельный вес контрактов по КТ РФ в общем числе контрактов, %	
		годы		годы	
		2012	2013	2012	2013
8	Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии	147	83	13,5	6,9
4	Биомедицинские и ветеринарные технологии	104	68	9,6	5,6
19	Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения	82	99	7,5	8,2
26	Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии	82	74	7,5	6,1
13	Технологии информационных, управляющих, навигационных систем	74	66	6,8	5,5
12	Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам	58	34	5,3	2,8
18	Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем	58	136	5,3	11,2
3	Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии	53	51	4,9	4,2
15	Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику	53	34	4,9	2,8
5	Геномные, протеомные и постгеномные технологии	49	31	4,5	2,6
25	Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств	47	47	4,3	3,9
10	Технологии биоинженерии	46	30	4,2	2,5
17	Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов	46	73	4,2	6,0
21	Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	38	23	3,5	1,9
27	Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе	38	65	3,5	5,4
6	Клеточные технологии	35	11	3,2	0,9

Окончание таблицы 2

№ п/п КТ РФ	Критическая технология Российской Федерации (КТ РФ)	Число выполняемых контрактов по КТ РФ, ед.		Удельный вес контрактов по КТ РФ в общем числе контрактов, %	
		годы		годы	
		2012	2013	2012	2013
14	Технологии наноустройств и микросистемной техники	27	38	2,5	3,1
16	Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов	24	65	2,2	5,4
9	Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом	14	27	1,3	2,2
22	Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний	8	17	0,7	1,4
1	Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники	4	5	0,4	0,4
24	Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения	2	16	0,2	1,3
2	Базовые технологии силовой электротехники	0	0	0,0	0,0
7	Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий	0	1	0,0	0,1
11	Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств	0	42	0,0	3,5
20	Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи	0	68	0,0	5,6
23	Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта	0	5	0,0	0,4
Всего контрактов:		1 089	1 209	100	100

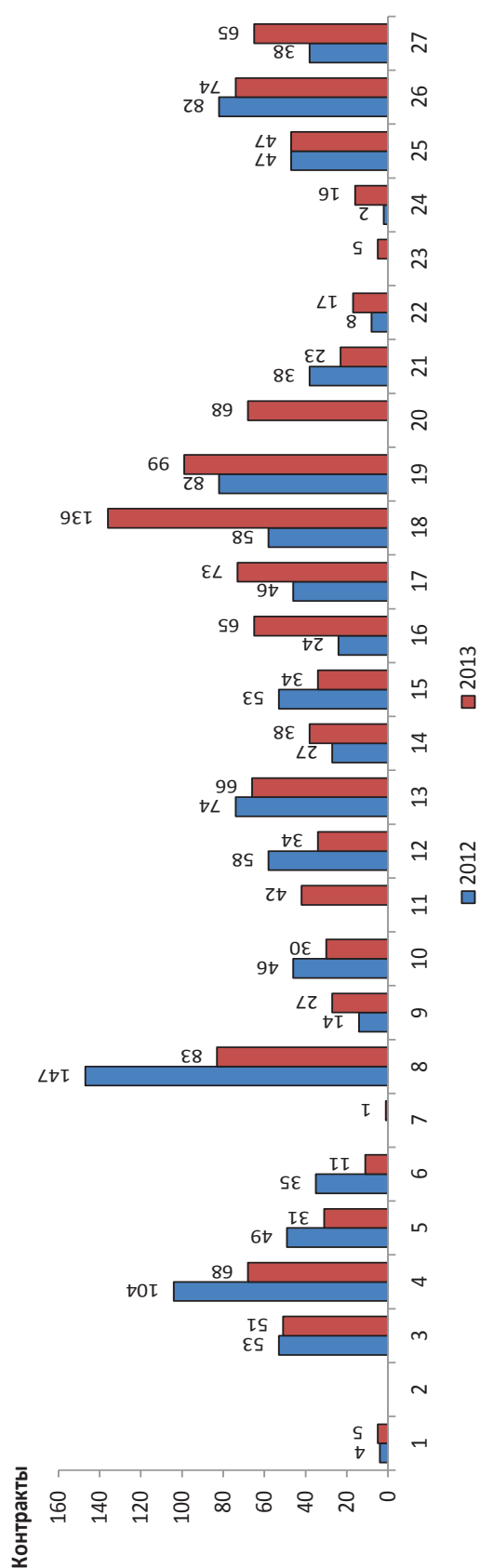


Рис. 2. Структура распределения контрактов по критическим технологиям Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» в 2012 и 2013 гг.

1	«Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники»	18	«Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем»
2	«Базовые технологии силовой электротехники»	19	«Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения»
3	«Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии»	20	«Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи»
4	«Биомедицинские и ветеринарные технологии»	21	«Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
5	«Геномные, протеомные и постгеномные технологии»	22	«Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний»
6	«Клеточные технологии»	23	«Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта»
7	«Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий»	24	«Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения»
8	«Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии»	25	«Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств»
9	«Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом»	26	«Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии»
10	«Технологии биоинженерии»	27	«Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе»
11	«Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств»		
12	«Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам»		
13	«Технологии информационных, управляющих, навигационных систем»		
14	«Технологии наноустройств и микросистемной техники»		
15	«Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику»		
16	«Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов»		
17	«Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов»		

По данным, приведенным в табл. 2 и на рис. 2, представляется возможным сделать следующие основные выводы об изменениях числа контрактов, заключенных на реализацию наиболее значимых (по числу контрактов) КТ РФ:

- практически неизменное число контрактов по КТ РФ «Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии» — в 2012 г. и в 2013 г. соответственно 53 и 51 технология;
- заметное снижение числа биомедицинских и ветеринарных технологий (со 104 технологий в 2012 г. до 68 в 2013 г., т.е. на 35%);
- незначительное сокращение числа контрактов по геномным, протеомным и постгеномным технологиям (с 49 технологий в 2012 г. до 31 в 2013 г., т.е. на 37%), а также по клеточным технологиям (с 35 технологий в 2012 г. до 11 в 2013 г., т.е. на 69%).

Следует также отметить снижение числа заключенных контрактов в 2013 г. по сравнению с 2012 г. по следующим КТ РФ с небольшим числом контрактов:

- биоинженерии (с 46 до 30 контрактов);
- доступа к широкополосным мультимедийным услугам (с 58 до 34);
- информационных, управляющих, навигационных систем (с 74 до 66);
- новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику (с 53 до 34);
- предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с 38 до 23);
- создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии (с 82 до 74).

Одновременно следует отметить определенный рост числа заключенных контрактов в 2013 г. по сравнению с 2012 г. по следующим КТ РФ:

- атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом (с 14 до 27);
- диагностики наноматериалов и наноустройств (с 0 до 42);
- наноустройств и микросистемной техники (с 27 до 38);
- снижения потерь от социально значимых заболеваний (с 8 до 17);
- создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения (с 2 до 16);
- создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта (с 0 до 5).

По КТ РФ создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств число заключенных контрактов осталось неизменным — 47 ед.

Анализ данных по реализации контрактов по ПН РФ показывает:

- из 8 ПН РФ в Указе Президента России в рамках ФЦП контракты в 2012–2013 гг. заключались по 7 приоритетным направлениям;
- по ПН РФ «Индустрия наносистем», «Информационно-телекоммуникационные системы», «Науки о жизни», «Рациональное природопользование» и «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» число контрактов распределено достаточно равномерно (в пределах 200–300 контрактов, за исключением ПН РФ «Рациональное природопользование» — 120 контрактов в 2012 г.);
- незначительное число контрактов по ПН РФ «Транспортные и космические системы» (при заметном росте с 2 контрактов в 2012 г. до 21 контракта в 2013 г.) и «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники» — соответственно с 4 до 5 контрактов и отсутствие контрактов по направлению «Безопасность и противодействие терроризму» в силу того, что последние два направления в силу определенной специфики выходят за рамки целей и задач анализируемой программы;
- в динамике за два года следует отметить определенное снижение внимания к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Науки о жизни», замедленный, по сравнению с другими ПН РФ, рост внимания к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Энергоэффективность,

энергосбережение, ядерная энергетика» и значительный рост интереса к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Индустрия наносистем», – «Информационно-телекоммуникационные системы» и определенное снижение внимания к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Науки о жизни»;

– замедленный, по сравнению с другими ПН РФ, рост внимания к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика»;

– значительный рост интереса к исследованиям и разработкам по ПН РФ «Индустрия наносистем», «Информационно-телекоммуникационные системы» и «Рациональное природопользование».

Выполненный анализ структуры распределения контрактов по КТ РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» в 2012 и 2013 гг. позволил сделать следующие основные выводы.

Выводы

В рамках реализации ФЦП в 2012 г. наибольшее количество контрактов (147) приходилось на КТ РФ «Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии», однако в 2013 г. число контрактов по данной технологии заметно сократилось (до 83);

– значительное число контрактов (104) заключено в 2012–2013 гг. по биомедицинским и ветеринарным технологиям, однако в 2013 г. их число снизилось до 68 контрактов, по технологиям информационных, управляющих, навигационных систем при незначительном сокращении с 74 до 66 контрактов, по технологиям мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения при некотором росте с 82 до 99 контрактов, а также по технологиям создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии при сокращении числа контрактов с 82 до 74 ед.;

– по другим КТ РФ число контрактов не превышало 50–60 ед. в 2012–2013 г., причем минимальное число контрактов заключено по «Технологиям снижения потерь от социально значимых заболеваний» (при двукратном увеличении числа контрактов с 8 до 17), по «Технологиям создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта» (5 контрактов в 2013 г.), по «Технологиям создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения» (при восьмикратном увеличении числа контрактов с 2 до 16), по «Компьютерному моделированию наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий» (1 контракт в 2013 г.), а по «Базовым технологиям силовой электротехники» контракты в период 2012–2013 гг. не заключались, что свидетельствует о необходимости усиления внимания к развитию данных технологий и увеличения числа соответствующих поддерживаемых КТ.

Распределение созданных в рамках реализации контрактов ФЦП объектов интеллектуальной собственности по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники и критическим технологиям Российской Федерации в 2015 г.

В предыдущем разделе выполнен анализ распределения заключенных в рамках ФЦП контрактов, которые классифицированы по ПН РФ и КТ РФ в 2012–2013 гг. Число заключенных контрактов характеризует лишь интенсивность разработки приоритетных направлений и критических технологий, но не отражает результаты решения главной задачи сферы исследований и разработок в целом и реализации ФЦП в частности – создание объектов интеллектуальной собственности (патентов на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, ноу-хау, программы для ЭВМ и т. д.)

Объекты интеллектуальной собственности (ОИС) являются важнейшим звеном в исследовательском цикле «от идеи до коммерциализируемого продукта». На их основе создаются новые изделия, технологии, знания и т. д., без чего невозможно осуществить переход на

инновационный путь развития, повысить конкурентоспособность и эффективность экономики, обеспечить диверсификацию промышленного производства и др.

Для отражения результативности реализации ФЦП в 2015 г. государственные заказчики — координаторы программ представляли ежеквартальную отчетность в целях классификации НИОКР по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники и критическим технологиям Российской Федерации по новой методике, разработанной ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ совместно с Минобрнауки России.

Согласно новым методическим указаниям, по ПН РФ и КТ РФ классифицировались не контракты, а ОИС, созданные в рамках выполнения этих контрактов и на которые получены охранные документы. Предложенный подход представляет большой интерес, поскольку именно результативность реализации ФЦП является ее наиболее важной характеристикой, определяющей достижение поставленных в программе целей и задач. Таким образом, полученные данные будут отображать результаты финансовой поддержки развития ПН РФ и КТ РФ по созданным ОИС.

Как и в предыдущем разделе, ниже рассматривается одна из наиболее значимых (по своему синергетическому воздействию на развитие сектора исследований и разработок) ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», поскольку тематика данной программы имеет достаточно широкий спектр и в ходе ее реализации ежегодно заключается большое количество контрактов, которые охватывают значительное число направлений научных исследований и разработок.

В табл. 3 и на рис. 3 приведены данные о распределении числа созданных в результате реализации контрактов, выполняемых в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России в 2014–2020 гг.» и запатентованных ОИС по ПН РФ в 2015 г.

Упомянутая новая методика была утверждена только в начале 2015 г., что не позволяет проследить даже краткосрочную (за два года) тенденцию изменения числа контрактов, по реализации которых получены ОИС с охранными документами.

Следует также отметить, что по данным за 2015 г. общее количество контрактов на выполнение НИОКР (переходящих и заключенных в 2015 г.) в рамках ФЦП составило 1310 единиц. При этом число ОИС, на которые в 2015 г. получены охранные документы, существенно меньше — всего 278 единиц (21 % от общего числа контрактов). Это означает, что в результате выполнения большинства контрактов за отчетный период не созданы объекты интеллектуальной собственности с охранными документами.

Как следует из представленных данных, в рамках реализации этой программы охранные документы получены на ОИС, относящиеся к 6 ПН РФ из 8.

Эти данные показывают, что наибольшее количество охранных документов на ОИС получено в рамках ПН РФ «Информационно-телекоммуникационные системы» (82 ОИС, 29,5 % от их общего числа). Второе место занимает ПН РФ «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» (53 ОИС, 19,1 %).

Далее следуют три направления, незначительно отличающиеся по количеству охранных документов на ОИС: «Индустрия наносистем» (46 ОИС, 16,5 %), «Рациональное природопользование» (40 ОИС, 14,4 %) и «Транспортные и космические системы» (38 ОИС, 13,7 %). Наименьшее количество охранных документов на ОИС получено в рамках ПН РФ «Науки о жизни» (19 ОИС, 6,8 %).

Отсутствуют охранные документы на ОИС по ПН РФ «Безопасность и противодействие терроризму» и «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники», исследования по которым выходят за рамки ведения программы.

Наибольшее количество запатентованных ОИС, полученных в рамках направления «Информационно-телекоммуникационные системы», объясняется тем, что значительное их чис-

Таблица 3

Распределение числа созданных в результате реализации контрактов, выполняемых в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России в 2014–2020 гг.» и запатентованных ОИС по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации в 2015 году

№ ПН РФ	Приоритетное направление Российской Федерации (ПН РФ)	Число созданных ОИС по контрактам реализации ПН РФ, ед.	Удельный вес созданных ОИС по контрактам реализации ПН РФ в общем числе ОИС, %
1	Безопасность и противодействие терроризму	0	0,0
2	Индустрия наносистем.	46	16,5
3	Информационно-телекоммуникационные системы	82	29,5
4	Науки о жизни	19	6,8
5	Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники	0	0,0
6	Рациональное природопользование.	40	14,4
7	Транспортные и космические системы	38	13,7
8	Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика	53	19,1
Всего ОИС		278	100,0

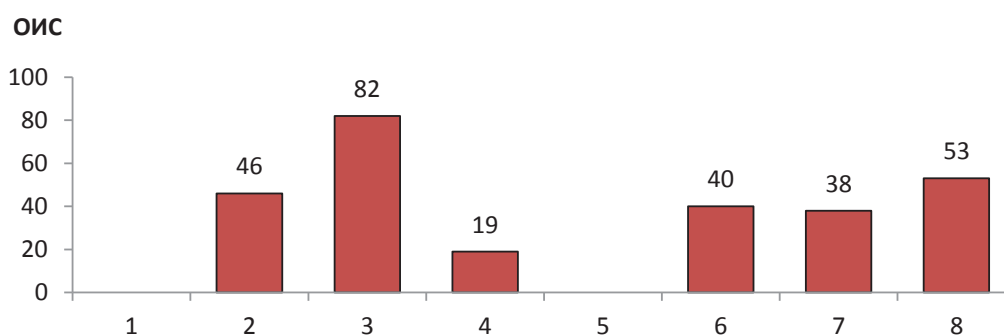


Рис. 3. Распределение ОИС, на которые получены охранные документы, по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» за 2015 г.

- 1 – «Безопасность и противодействие терроризму»;
- 2 – «Индустрия наносистем»;
- 3 – «Информационно-телекоммуникационные системы»;
- 4 – «Науки о жизни»;
- 5 – «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники»;
- 6 – «Рациональное природопользование»;
- 7 – «Транспортные и космические системы»;
- 8 – «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика»

ло (66 из 88) в данном случае являются программами ЭВМ, создание которых требует значительно меньших трудозатрат, чем, например, некоторые изобретения. Сравнительно небольшое, по сравнению с другими направлениями, количество запатентованных ОИС, полученных в рамках направления «Науки о жизни», может быть связано с тем, что в рамках этого направления удельный вес фундаментальных исследований выше, чем в рамках других ПН.

Отмеченные выше особенности распределения ОИС, на которые получены охранные документы, по ПН РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» повлияли и на распределение по КТ РФ в рамках данной программы.

За 2015 г. в рамках этой программы получены охранные документы на ОИС, относящиеся к 23 КТ РФ из 27.

Данные о структуре распределения ОИС по КТ РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» в 2015 г. приведены в табл. 4 и на рис. 4.

Как следует из приведенных данных, наибольшее количество ОИС (36, или 12,9% от их общего числа) получено в рамках КТ РФ «Технологии информационных, управляющих, навигационных систем». Вторая и третья по количеству ОИС – КТ РФ «Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем» (27 ОИС, 9,7%) и «Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения» (26 ОИС, 9,4%). Указанные три технологии составляют первую классификационную группу с числом ОИС – 26 и более.

Вторую группу образуют КТ РФ от 14 до 19 ОИС:

- три технологии с 19 ОИС (6,8% от общего числа) – «Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта», «Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения» и «Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе»;

- по одной технологии с 18 ОИС (6,5%) и с 17 ОИС (6,1%) – «Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов» и «Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии» соответственно;

- «Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи» с 14 ОИС (5,0%).

В третью группу включаются КТ РФ, по которым создано от 9 до 10 ОИС:

- три технологии с 10 ОИС (3,6%) – «Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам», «Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов» и «Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику».

- три технологии с 9 ОИС (3,2%) – «Биомедицинские и ветеринарные технологии», «Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии» и «Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств».

Наконец, четвертую группу образуют КТ РФ с числом ОИС – 6 и менее:

- «Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом» – 6 ОИС (2,2%);

- две технологии с 5 ОИС (1,8%) – «Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств» и «Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний»;

- «Технологии наноустройств и микросистемной техники» – 4 ОИС (1,4%);

- «Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии» – 3 ОИС (1,1%);

- три технологии с 1 ОИС (0,4%) – «Базовые технологии силовой электротехники», «Геномные, протеомные и постгеномные технологии» и «Технологии биоинженерии».

Таблица 4

Распределение числа созданных объектов интеллектуальной собственности (ОИС) в результате реализации контрактов, выполняемых в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России в 2014–2020 гг.» по критическим технологиям Российской Федерации в 2015 г.

№ КТ РФ	Критическая технология Российской Федерации (КТ РФ)	Число созданных ОИС по контрактам реализации КТ РФ, ед.	Удельный вес созданных ОИС по контрактам реализации КТ РФ в общем числе ОИС, %	ПН РФ, к которому относится КТ РФ
1	Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники		0,0	5
2	Базовые технологии силовой электротехники	1	0,4	8
3	Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии	3	1,1	4
4	Биомедицинские и ветеринарные технологии	9	3,2	4
5	Геномные, протеомные и постгеномные технологии	1	0,4	4
6	Клеточные технологии		0,0	4
7	Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий		0,0	2
8	Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии	9	3,2	2
9	Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом	6	2,2	8
10	Технологии биоинженерии	1	0,4	4
11	Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств	5	1,8	2
12	Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам	10	3,6	3
13	Технологии информационных, управляющих, навигационных систем	36	12,9	3
14	Технологии наноустройств и микросистемной техники	4	1,4	2
15	Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику	10	3,6	8

Окончание таблицы 4

№ КТ РФ	Критическая технология Российской Федерации (КТ РФ)	Число созданных ОИС по контрактам реализации КТ РФ, ед.	Удельный вес созданных ОИС по контрактам реализации КТ РФ в общем числе ОИС, %	ПН РФ, к которому относится КТ РФ
16	Технологии получения и обработки конструктивных наноматериалов	10	3,6	2
17	Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов	18	6,5	2
18	Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем	27	9,7	3
19	Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения	26	9,4	6
20	Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи	14	5,0	6
21	Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера		0,0	6
22	Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний	5	1,8	4
23	Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта	19	6,8	7
24	Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения	19	6,8	7
25	Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств	9	3,2	3
26	Технологии создания энергосберегающих систем транспортных средств, распределения и использования энергии	17	6,1	8
27	Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе	19	6,8	8
Всего ОИС		278	100,0	

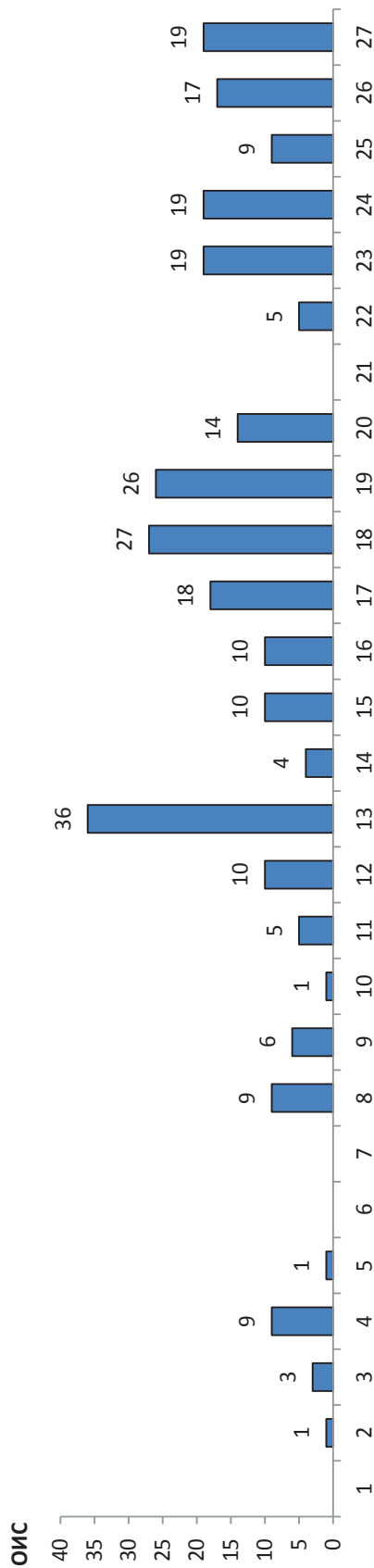


Рис. 4. Структура распределения запатентованных ОИС по критическим технологиям Российской Федерации в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» за 2015 г.

1	Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники	18	Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем
2	Базовые технологии силовой электротехники	19	Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения
3	Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии	20	Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи
4	Биомедицинские и ветеринарные технологии	21	Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера
5	Геномные, протеомные и постгеномные технологии	22	Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний
6	Клеточные технологии	23	Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта
7	Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий	24	Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения
8	Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии	25	Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств
9	Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом	26	Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии
10	Технологии биоинженерии	27	Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе
11	Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств		
12	Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам		
13	Технологии информационных, управляющих, навигационных систем		
14	Технологии наноустройств и микросистемной техники		
15	Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику		
16	Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов		
17	Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов		

Не созданы ОИС по четырем КТ РФ — «Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники», «Клеточные технологии», «Компьютерное моделирование наноматериалов, нано-устройств и нанотехнологий» и «Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Эти данные соответствуют приведенному выше в табл. 3 и на рис. 3 распределению ОИС, на которые получены охранные документы, по ПН РФ в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» за 2015 г.

Заключение

Полученные результаты исследования позволяют сделать следующие основные выводы о реализации приоритетных направлений развития науки, техники и технологий и критических технологий в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» (за 2012, 2013 и 2015 годы):

1. Сложность проблемы определения приоритетных направлений научно-технического развития и критических технологий определяет необходимость изучения соответствующего зарубежного опыта и определения возможностей его использования в России. С этих позиций особого внимания заслуживает анализ рассмотренного в работе опыта стран Европейского Союза, в том числе Финляндии, Франции, а также Китая.

2. Полученные результаты отражают фрагмент реализации приоритетных направлений и критических технологий в рамках реализации ФЦП, содержащих НИОКР гражданского назначения, поскольку касаются одной наукоемкой ФЦП. Для получения более полного представления о реализации приоритетных направлений и критических технологий, необходимо провести аналогичное исследование по другим ФЦП с высокой наукоемкостью, например, по программам развития гражданской авиации, гражданской морской техники и др.

3. В работе оценка реализации приоритетных направлений и критических технологий выполнена по трем временным срезам за 2012, 2013 и 2015 годы, причем для 2012–2013 гг. и 2015 г. исходная информация сформирована на основе различающихся методик, что не позволяет в полной мере сравнить результаты и оценить динамику реализации приоритетных направлений и критических технологий.

4. Анализ показал, что в 2012 г. первую тройку наиболее реализуемых исследований (в порядке убывания количества финансируемых контрактов) составили следующие приоритетные направления: «Науки о жизни», «Индустрия наносистем» и «Информационно-телекоммуникационные системы».

5. В 2013 г. ситуация незначительно изменилась и первую позицию заняло приоритетное направление «Индустрия наносистем», вторую позицию — направление «Информационно-телекоммуникационные системы», а направление «Науки о жизни» сместилось на третье место. Более существенную поддержку получили в 2013 г. направления «Рациональное природопользование» и «Транспортные и космические системы»,

6. По критическим технологиям в 2012 г. наибольшее количество контрактов приходилось на технологию «Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии», а в 2013 г. лидирующую позицию заняла КТ «Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем».

7. За 2015 г. следует отметить невысокую активность получения охранных документов на ОИС, созданных в рамках реализации заключенных по ФЦП контрактов, когда в среднем на десять реализованных контрактов получено по одному запатентованному ОИС, что означает необходимость преимущественного отбора проектов для финансовой поддержки, в которых предусматривается создание охраноспособных ОИС.

8. Анализ также показал, что в 2015 г. наибольшее количество охранных документов на ОИС получено в рамках приоритетного направления «Информационно-телекоммуника-

ционные системы», а второе место занимает приоритетное направление «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика». Далее следуют три приоритетные направления, незначительно отличающиеся по количеству охранных документов на ОИС: «Индустрия наносистем», «Рациональное природопользование» и «Транспортные и космические системы».

9. По критическим технологиям наибольшее количество ОИС получено в рамках «Технологии информационных, управляющих, навигационных систем». Вторую и третью критические технологии по количеству созданных ОИС занимают «Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем» и «Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения».

10. Незначительное число созданных и запатентованных ОИС в рамках реализации заключенных по ФЦП контрактов в 2015 г., когда в среднем на пять реализованных контрактов получено по одному ОИС, обуславливает необходимость оценки интенсивности создания ОИС (как отношение числа созданных ОИС к числу заключенных контрактов) как по приоритетным направлениям развития науки, техники и технологий, так и по критическим технологиям.

11. Для оценки эффективности реализации заключенных контрактов на поддержку проектов и реализации ОИС необходимо соотнести число контрактов и созданных ОИС с финансовыми и трудовыми затратами на реализацию контрактов по приоритетным направлениям и критическим технологиям в соответствующих формах отчетности о реализации программ (при необходимости ввести в отчетные формы недостающие показатели).

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполняемой ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в рамках государственного задания (№ 2.42.2016/НМ) в сфере научной деятельности Минобрнауки России.

Список литературы

1. Форма 2-наука за 2015 год, Росстат.
2. Кольцов А.В., Октябрьский А.М. Анализ реализации федеральных целевых программ, содержащих НИОКР гражданского назначения в 2012 и 2013 годах // Инноватика и экспертиза. Труды ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. М.: 2015, вып. 1 (14), с. 189–200.
3. Федеральный закон от 1 декабря 2014 г. № 384-ФЗ «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов».
4. Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. N 899 «О приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники Российской Федерации (в ред. Указа Президента РФ от 16.12.2015 N 623) и перечне критических технологий Российской Федерации».
5. Popper S., Wagner C., Larson E. (1998) New forces at work. Industry views critical technologies. Washington, D.C.: RAND CORPORATION.
6. Harper J.C. EU Priorities for S&T and Innovation. Presentation at XI International Academic Conference on Economic and Social Development, Moscow, April 6–8, 2010. Moscow: HSE (mimeo).
7. Позняк А.Ю., Шашнов С.А. Научно-технологические приоритеты для модернизации российской экономики // Форсайт, 2011, т. 5, № 2. С. 48–56.
8. European Commission Emerging Science and Technology priorities in public research policies in the EU, the US and Japan. Final Report.Brussels, 2006. Available at: <http://ec.europa.eu/research/foresight/pdf/21960.pdf>.
9. Available at: <http://www.rusnor.org/pubs/reviews/8736.htm>.
10. Соколов А.В. Будущее науки и технологий: результаты исследований Дельфи // Форсайт, 2009, № 3. С. 40–58.

References

1. Form 2-science for 2015, ROSSTAT.
2. Koltsov A.V., Oktyabrsky A.M. (2015) *Analiz realizatsii federal'nykh tselevykh programm, sodержashchikh NIOKR grazhdanskogo naznacheniya v 2012–2013 gg.* [Analysis of the implementation of Federal target programs containing civilian research and development in 2012–2013] *Innovatika i ekspertiza. Trudy FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. The works of SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 1 (14), pp. 189–200.
3. *Federal'nyy zakon ot 1 dekabrya 2014 g. No. 384 FZ «O federal'nom byudzhete na 2015 god i na planovyy period 2016 i 2017 godov»* [Federal Law dated 1 December 2014 No. 384 FZ «On the Federal budget for 2015 and on planning period for 2016 and 2017»].
4. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 iyulya 2011 g. No. 899 «O prioritetnykh napravleniyakh razvitiya nauki, tekhnologiy i tekhniki Rossiyskoy Federatsii (v red. Ukaza Prezidenta RF ot 16.12.2015 No. 623) i perechne kriticheskikh tekhnologiy Rossiyskoy Federatsii»* [The Decree of the President of the Russian Federation dated July 7, 2011 No. 899 «About priority directions of development of science and technology of the Russian Federation (in edition of the decree of the President of the Russian Federation dated 16.12.2015 No. 623), and the list of critical technologies of the Russian Federation»].
5. Popper S., Wagner C., Larson E. (1998) New forces at work. Industry views critical technologies. Washington D.C.: RAND CORPORATION.
6. Harper J.C. (2010) EU Priorities for S&T and Innovation. Presentation at the XI International Academic Conference on Economic and Social Development, Moscow, April 6–8, Moscow: HSE (mimeo).
7. Pozniak A.U., Shashnov S.A. (2011) *Nauchno-tekhnologicheskie priority dlya modernizatsii rossiyskoy ekonomiki* [Scientific and technological priorities for the modernization of the Russian economy] *Forsayt* [Foresight], vol. 5, No. 2. pp. 48–56.
8. European Commission Emerging Science and Technology priorities in public research policies in the EU, the US and Japan. Final Report. Brussels, 2006. Available at: <http://ec.europa.eu/research/foresight/pdf/21960.pdf>.
9. Available at: <http://www.rusnor.org/pubs/reviews/8736.htm>.
10. Sokolov A.V. (2009) *Budushchee nauki i tekhnologii: rezul'taty issledovaniy Del'fi* [Future of science and technology: results of the Delphi studies] *Forsayt* [Forsyth], No. 3, p. 4058.

НАУКОГРАДЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НОВОГО КАЧЕСТВА РАЗВИТИЯ

А.А. Гудкова, нач. отдела ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, gudkova@extech.ru

Н.Н. Одинцова, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, nno.ru@extech.ru

В статье рассматриваются подходы к решению проблемы государственной поддержки и развития муниципальных образований со статусом наукограда Российской Федерации, предпринимаемые на федеральном и региональном уровнях в период 1999–2015 гг.

Ключевые слова: наукоград, государственное регулирование, нормативное правовое обеспечение, научно-производственный комплекс, критерии, программа развития.

SCIENCE CITIES OF RUSSIAN FEDERATION: STATE REGULATION OF NEW QUALITY DEVELOPMENT

A.A. Gudkova, Head of Department, SRI FRCEC, Ph.D. of Economics, gudkova@extech.ru

N.N. Odintsova, Senior Researcher, SRI FRCEC, nno.ru@extech.ru

The article discusses approaches to solving problems of state support and development of municipalities with the status of science city of the Russian Federation, undertaken at Federal and Regional levels within the period of 1999–2015.

Ключевые слова: science city, government regulation, normative-legal ensuring, research and production complex, criteria, program development.

Проблема сохранения и развития муниципальных образований, сформированных в советское время вокруг центров прикладной науки, со всей очевидностью проявилась сразу с началом либерализации российской экономики, когда резко сократился спрос на научно-техническую продукцию, неизменно поддерживаемый средствами государственного бюджета.

Необходимость поддержки таких муниципальных образований, являющихся как классическими городами и поселками науки, так и городами с крупной научно-производственной базой, была обусловлена их ролью в выполнении стратегических государственных проектов. Высокая концентрация в них интеллектуального, научно-технического и инновационного потенциалов являлась предпосылкой для возможности реализации полной цепочки научно-производственного цикла от получения научного знания до его воплощения в производстве.

Мониторинг законодательных мер в части регулирования деятельности муниципальных образований со статусом наукограда Российской Федерации (далее — наукоград) позволяет выделить три этапа проводимой в их отношении государственной политики.

Первый этап — это период с 1995 г. (начало разработки проекта федерального закона о наукоградах) до начала 2000-х гг. (сформированная нормативная база). Важность этого этапа заключалась в разработке и последующей реализации основных направлений государственной поддержки муниципальных образований с высокой концентрацией научно-технического и инновационного потенциалов с целью создания основы для запуска механизма инновационного саморазвития этих территорий [1]. Характерно, что на этом этапе формирование новой стратегии развития городов науки проходило по инициативе местных органов самоуправления наукоградов, что обеспечивалось соответствующими нормативно-правовыми актами. В их числе федеральные законы от 28.08.1995 № 154-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления Российской Федерации», от 23.09.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике», от 25.09.1997 № 126-ФЗ «О финансовых основах местного самоуправления в Российской Федерации».

Второй этап, затрагивающий период 2000–2015 гг., характеризовался корректировкой нормативных актов, связанных со значительными изменениями в подходах к регулированию научно-технической и инновационной деятельности в наукоградах.

Третий (современный) (с 2015 г.) период обусловлен активизацией государственной политики по развитию наукоградов и связан с совершенствованием имеющейся нормативной правовой базы с целью стимулирования вывода наукоградов на режим самокупаемости на основе инновационного развития.

К началу 2000-х гг., как отмечалось ранее, были приняты основные нормативные правовые акты, в которых отражалась необходимость поддержки муниципальных образований с высоким научно-техническим потенциалом и градообразующим научно-производственным комплексом (НПК), обозначались условия по отнесению муниципалитетов к наукоградам и основные формы государственной поддержки.

Указ Президента Российской Федерации от 07.11.1999 № 1171 «О мерах по развитию наукоградов как городов науки и высоких технологий» (далее – Указ Президента РФ № 1171) (утратил силу указом Президента Российской Федерации от 06.05.2000 № 821) определил следующие основные административные мероприятия:

- определение порядка отнесения муниципальных образований к наукоградам, а также форм их государственной поддержки;

- проведение в 1997–2003 гг. на базе города Обнинск Калужской области эксперимента по отработке механизмов перехода наукоградов к бездотационному развитию и форм государственной поддержки наукоградов в Российской Федерации.

Реализация мероприятий, предусмотренных Указом № 1171, возлагалась на Правительство Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации и органы самоуправления муниципальных образований, претендующих на получение статуса наукограда.

Постановление Правительства Российской Федерации от 24.01.1998 № 79 «О мерах по развитию муниципальных образований с градообразующими научно-производственными комплексами (наукоградов)» (далее – постановление № 79) (в настоящее время постановление утратило свою силу) детализировало положение Указа № 1171, обозначив основные условия отнесения муниципальных образований к наукоградам и формы государственной поддержки. В частности:

- закреплялось положение об обязательности сосредоточения всего НПК в границах одного муниципального образования;

- определялись требования к НПК муниципального образования, предусматривающие на выбор два варианта. Согласно первому варианту доля основных фондов НПК должна составлять не менее 50,0% общего объема основных фондов всех хозяйствующих субъектов (за исключением объектов жилищно-коммунальной и социальной сфер). Второй вариант основывался на показателе объема научно-технической продукции НПК в общем объеме работ всех хозяйствующих субъектов, расположенных на территории данного муниципального образования, его доля должна быть более 50,0%;

- определялся состав НПК и требования, предъявляемые к организациям, включаемым в его состав.

Состав НПК наукограда мог объединять:

- научные организации и высшие учебные заведения;

- промышленные предприятия, объем инновационной продукции которых в течение предшествующих трех лет должен был быть в стоимостном выражении не менее 50,0% от общего объема производства;

- объекты инновационной инфраструктуры, малые предприятия, выполняющие по договорам с научными организациями наукоградов работы, составляющие в стоимостном выражении не менее 50,0% объема их основной деятельности.

Именно нормами постановления № 79 были определены обязательства администраций муниципальных образований, направленные на оказание поддержки развития НПК, научной, научно-технической, инновационной деятельности, производства наукоемкой продукции; обеспечение подготовки кадров; определение порядка формирования научно-технического совета муниципального образования и др.

В постановлении № 79 нашел отражение широкий спектр форм государственной поддержки развития наукоградов, включая:

- целевое выделение средств из федерального бюджета и/или бюджета субъекта Российской Федерации, на территории которого находится муниципальное образование, отнесенное к наукоградам;

- установленные законодательством Российской Федерации льготы по уплате налогов, пошлин, сборов, зачисляемых в федеральный бюджет и/или бюджет соответствующего субъекта Российской Федерации;

- принятие и реализация федеральных целевых программ (разделов федеральных целевых программ) и/или программ (разделов программ) субъекта Российской Федерации, предусматривающих решение вопросов социально-экономического и научно-технического развития наукограда и организаций, входящих в НПК города;

- передача в установленном порядке объектов федеральной собственности и/или собственности субъекта Российской Федерации в собственность муниципального образования, отнесенного к наукоградам, или в управление этого муниципального образования;

- наделение в соответствии с федеральными законами, законами и иными нормативными правовыми актами субъекта Российской Федерации органов местного самоуправления муниципального образования, отнесенного к наукоградам, отдельными государственными полномочиями с одновременной передачей необходимых материальных и финансовых средств;

- формирование в муниципальных образованиях фондов научно-технического и социально-экономического развития;

- формирование и реализация мероприятий по социальной защите работников научно-технической сферы.

Перечисленные формы поддержки на государственном уровне рассматривались в качестве временных положений, которые в последующем (в 2004–2005 гг.) были скорректированы в связи с изменением базовых принципов проводимой в отношении наукоградов политики.

Нормативное правовое регулирование института наукоградов получило развитие с принятием федерального закона от 07.04.1999 № 70-ФЗ «О статусе наукограда Российской Федерации» (далее – федеральный закон № 70-ФЗ) (ред. от 02.07.2003 и с изм. от 20.04.2015).

Федеральный закон № 70-ФЗ закрепил ключевые понятия, порядок присвоения муниципальному образованию статуса наукограда и его прекращения, порядок финансирования и другие положения. Согласно положению статьи 1 «наукоград Российской Федерации (далее – наукоград) – муниципальное образование со статусом городского округа, имеющее высокий научно-технический потенциал, с градообразующим научно-производственным комплексом».

В постановлении Правительства Российской Федерации от 22.09.1999 № 1072 «Об утверждении критериев присвоения муниципальному образованию статуса наукограда и порядка рассмотрения предложений о присвоении муниципальному образованию статуса наукограда и прекращению этого статуса» (далее – постановление № 1072) (утратило силу постановлением Правительства Российской Федерации от 25.11.2004 № 681) были уточнены критерии присвоения муниципальному образованию статуса наукограда.

В качестве критериев (в отличие от постановления № 79) рассматривались уже два условия (а не на выбор), – это и доля основных фондов, и доля объема научно-технической продукции.

Основным механизмом осуществления реализации государственной поддержки наукограда являлась программа его развития, в которой определялись меры государственной поддержки, учитывающие специфику муниципального образования, программные мероприятия и их технико-экономическое обоснование, источники финансирования (п. 2 б) Порядка постановления № 1072).

В основу формирования программ наукоградов закладывались принципы разработки и реализации федеральных целевых программ (ФЦП). Соответствующий порядок формирования ФЦП был установлен постановлением Правительства Российской Федерации от 26.06.1995 № 594 «О реализации Федерального закона «О поставках продукции для федеральных государственных нужд» (в ред. от 22.03.2016).

Кроме того, в программах развития наукоградов предусматривался ряд отличных от утвержденных постановлением № 79 форм поддержки [2]:

- сохранение администрацией субъекта Российской Федерации уровня нормативов отчислений от регулируемых налогов, определенных для наукограда на год, предшествующий принятию Программы, на весь период ее действия;
- устойчивое финансирование федеральными министерствами (ведомствами), государственными академиями наук государственного заказа на проведение научных исследований и на реализацию федеральных целевых программ;
- использование материальной базы наукограда с учетом выполняемых задач на перспективу и направление высвобождаемых площадей на развитие малого научного бизнеса и создание инновационно-технологического центра;
- создание инновационно-венчурного фонда наукограда и отработка модели его функционирования;
- создание системы гарантий для привлечения в наукоград иностранных инвестиций.

Следующий этап трансформации отношения государства к проблемам наукоградов связан с принятием федерального закона от 22.08.2004 № 122-ФЗ «О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием федеральных законов «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (в ред. от 26.04.2016 № 108-ФЗ) (далее – федеральный закон № 122-ФЗ). В соответствии с федеральным законом № 122-ФЗ были внесены изменения в федеральный закон № 70-ФЗ, определяющие базовые условия функционирования наукоградов, которые заключались в следующем:

- передача процедуры присвоения статуса наукограда из области ведения Президента Российской Федерации Правительству Российской Федерации;
- осуществление дополнительного финансирования программ развития наукоградов за счет субвенций из федерального бюджета. Назначением субвенций являлось финансирование мероприятий по развитию и поддержке социальной, инженерной и инновационной инфраструктуры наукоградов.

Последующая в конце 2000-х гг. корректировка мер государственной поддержки была связана с заменой субвенций на межбюджетные трансферты. Финансовые средства в основном направлялись (что отмечено ранее) на поддержание объектов социальной и инженерной инфраструктуры наукограда, в меньшей степени – объектов инновационной инфраструктуры.

Данные Министерства финансов Российской Федерации показывают, что за 2005–2014 гг. из федерального бюджета наукоградам в виде межбюджетных трансфертов, было направлено 8,5 млрд руб. В последние три года этого периода объем поддержки предусматривался на одном уровне, составляя 547,9 млн руб. на все наукограды (то есть в среднем на один нау-

коград приходилось только 42,1 млн руб.). На 2016–2017 гг. предполагалось снижение объема федеральной поддержки на 2,0% по отношению к 2014 г.; в 2016 г. его величина должна составить 536,9 млн руб., в 2017 г. — 537,8 млн руб. [3].

В научной литературе отмечается скрытость принципа определения общего размера государственной поддержки наукоградов [4]. Высказывается предположение, что Минфин России исходит не из реальной потребности наукоградов в капиталовложениях, а ориентируется на суммарный бюджет муниципальных образований. Подтверждением такого вывода являются данные [5], согласно которым доля межбюджетных трансфертов наукоградам в их бюджетах, как правило, стабильна и не превышает 10,0%.

В настоящее время в качестве меры государственной поддержки наукоградов используется финансирование по душевому признаку, то есть размер межбюджетных трансфертов определяется, исходя из численности населения наукограда. При таком упрощенном подходе игнорируется состояние инфраструктуры и размер территории наукограда и, тем самым, отсутствуют возможности для должного развития научно-производственного комплекса. Вывод заключается в необходимости ориентации на развитие других эффективных механизмов поддержки НПК наукоградов, таких как гранты, государственно-частное партнерство и др.

Необходимость развития различных механизмов поддержки НПК наукоградов связана с тем, что в последние годы отмечалось ослабление внимания к проблемам развития наукоградов. На федеральном уровне не было принято ни одного нормативного акта, касающегося мер государственной поддержки развития наукоградов в целом.

Отдельные направления кадровой и социальной составляющих развития наукоградов нашли отражение в нормативных документах, регулирующих вопросы привлечения квалифицированной иностранной рабочей силы, жилищного строительства и ипотечного кредитования. В их числе:

- постановление Правительства Российской Федерации от 06.02.2012 № 93 «Об утверждении перечня научных и инновационных организаций, которые имеют право приглашать в Российскую Федерацию иностранных граждан в качестве научных работников или преподавателей для занятия научно-исследовательской или преподавательской деятельностью без разрешения на привлечение и использование иностранных работников»;

- постановление Правительства Российской Федерации от 25.10.2012 № 1099 «О некоторых вопросах реализации Федерального закона «О содействии развитию жилищного строительства» в части обеспечения права отдельных категорий граждан на приобретение жилья экономического класса»;

- постановление Правительства Российской Федерации от 20.04.2015 № 373 «Об основных условиях реализации программы помощи отдельным категориям заемщиков по ипотечным жилищным кредитам (займам), оказавшихся в сложной финансовой ситуации, и увеличении уставного капитала открытого акционерного общества «Агентства по ипотечному жилищному кредитованию».

Принятие в 2015 г. федерального закона от 20.04.2015 № 100-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «О статусе наукограда Российской Федерации и федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» (далее — федеральный закон № 100-ФЗ) ознаменовало собой новый этап государственного регулирования развития наукоградов.

Основной целью федерального закона № 100-ФЗ, вступающего в силу с 01.01.2017 г., является развитие образовательной, научной, технической и инновационной деятельности в наукоградах на основе совершенствования деятельности органов местного самоуправления. Речь, таким образом, идет о четкой проекции проблемы развития наукоградов на региональный уровень.

При этом нельзя согласиться с высказываемым мнением о том, что наукограды ошибочно отнесены к области государственной научно-технической политики, продуцируя, тем

самым, конфликт с региональной политикой [4]. С нашей точки зрения федеральный закон № 100-ФЗ закрепляет симбиоз науки и территории, отражая при этом роль науки в социально-экономическом развитии территории. Подтверждением этому является следующее положение п. 2 ст. 3, в котором отмечается: «При присуждении муниципальному образованию статуса наукограда Правительство Российской Федерации утверждает приоритетные для данного наукограда направления научной, научно-технической, инновационной деятельности, экспериментальных разработок, испытаний, подготовки кадров в соответствии с государственными приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники Российской Федерации».

В табл. 1 представлено сопоставление критериев НПК наукоградов, отражающее различие в период 1999–2015 гг. подходов к наделению муниципальных образований статусом наукограда Российской Федерации.

Таблица 1

**Сопоставление критериев НПК наукоградов,
утвержденных федеральными законами № 70-ФЗ и № 100-ФЗ**

№ п/п	Критерии	В действующей редакции закона № 70-ФЗ	В редакции закона № 100-ФЗ
1	Доля численности работающих в организациях НПК в численности работающих на территории муниципального образования	Не менее 15,0 %	Не менее 20,0 % (за исключением работающих в организациях инфраструктуры наукограда)
2	Доля стоимостного объема научно-технической продукции (соответствующей приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации) в общей стоимости объема продукции всех хозяйствующих субъектов, расположенных на территории муниципального образования*	Не менее 50,0 %	—
3	Доля стоимости основных фондов НПК, фактически используемых при производстве научно-технической продукции, в общей стоимости фактически используемых основных фондов всех хозяйствующих субъектов (за исключением жилищно-коммунальной и социальной сферы)*	Не менее 50,0 %	—
4	Доля научных работников (исследователей) и профессорско-преподавательского состава в среднесписочной численности работников НПК	—	Не менее 20,0 %
5	Доля общего объема товаров (выполненных работ, оказанных услуг) и затрат на инвестиции в основной капитал и основные средства, необходимые для производства высокотехнологичной промышленной продукции и/или инновационных товаров в общем объеме произведенных товаров (выполненных работ, оказанных услуг)	—	Не менее 50,0 %

Примечание: используется только один из критериев, обозначенных символом «*».

По своей сути введение федеральным законом № 100-ФЗ трех критериев вместо двух не отражает обоснованность и достаточность сведений о состоянии научно-технического и инновационного потенциала наукограда, хотя и позволяет опираться на данные государственного статистического учета. Однако же роль суммарного показателя, учитывающего

объем производства высокотехнологичной промышленной продукции и/или инновационных товаров (выполнение инновационных работ, оказание инновационных услуг) и необходимые для этого затраты на инвестиции в основной капитал и основные средства (критерий № 5) существенно выше, чем критерия № 2. Наличие сведений об инвестициях организаций НПК дает возможность оценить долгосрочные возможности наукограда, что важно для принятия решения о подтверждении статуса наукограда Российской Федерации.

Нововведением федерального закона № 100-ФЗ, как это видно из данных табл. 1, является принятие в качестве критерия доли научных работников (исследователей) и профессорско-преподавательского состава в общей среднесписочной численности работников НПК, которая должна составлять не менее 20,0 %.

Значимость для получения статуса наукограда приобретает введенный критерий № 4, который, по своей сути, акцентирует внимание на научно-образовательной составляющей НПК наукограда.

При этом следует отметить различие подходов, используемых для расчета критериев № 1 и № 4. В первом случае в расчет принимается численность не только работающих в НПК, но и работающих в организациях других сфер деятельности. При расчете критерия № 4 не учитывается общая численность занятых на территории наукограда; расчеты основываются на оценке общей численности занятых в НПК и таких категорий как научный работник и профессорско-преподавательский состав. Однако различие в базах учета не позволяет дать оценку того, насколько установленный прирост (с 15,0 % до 20,0 %) является существенным для подтверждения (утверждения) статуса наукограда.

В целом вносимые изменения в критерии присвоения муниципальному образованию статуса наукограда направлены, прежде всего, на выделение среди муниципальных образований городского типа территориальных единиц, имеющих одновременно высокий научный и инновационный потенциалы. Исходя из основных положений федерального закона № 100-ФЗ, можно сделать вывод о том, что основной целью закона является продолжение развития наукоградов в русле государственной научно-технической политики.

Минобрнауки России как федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности, наделяется новыми полномочиями. В их числе: согласование с муниципалитетами наукоградов разрабатываемых ими стратегий социально-экономического развития муниципального образования в части разработки мероприятий по развитию научного, научно-технического и инновационного потенциала организаций НПК, а также способов и механизмов развития потенциала наукограда.

Наряду с этим расширяются права органов местного самоуправления, являющихся составными частями системы управления того или иного субъекта РФ. Федеральным законом № 100-ФЗ (п. 4 ст. 2.1) предусмотрено, что план мероприятий по реализации стратегии социально-экономического развития муниципального образования, претендующего на присвоение статуса наукограда или сохранение такого статуса, включает в себя мероприятия, способствующие:

- развитию НПК наукограда, в том числе малых и средних предприятий;
- реализации инновационных проектов, направленных на создание и развитие производства высокотехнологичной промышленной продукции и/или инновационных товаров и услуг в соответствии с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники Российской Федерации;
- сохранение и развитие инфраструктуры наукограда.

Федеральный закон № 100-ФЗ увеличивает срок действия статуса наукограда Российской Федерации с 5 до 15 лет. Условием является наличие стратегии социально-экономического

развития муниципального образования и плана мероприятий по ее реализации, согласованных, как отмечалось ранее, с Минобрнауки России. Порядок прекращения действия статуса наукограда определен в пункте 4 статьи 3 федерального закона № 100-ФЗ.

Меняется формат государственной поддержки развития наукоградов. Предусматривается, что межбюджетные трансферты, наряду с обеспечением поддержания инфраструктуры муниципального образования (исходя из численности проживающего населения), должны быть направлены на реализацию инновационных проектов, связанных с созданием и развитием производства высокотехнологичной промышленной продукции и (или) инновационных товаров и услуг в соответствии с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники Российской Федерации. При этом часть такого рода межбюджетных трансфертов должна осуществляться по результатам конкурсного отбора. Объем таких средств и порядок проведения конкурсного отбора устанавливаются Правительством Российской Федерации.

Введение конкурсов по отбору финансируемых проектов направлено на стимулирование наукоградов к осуществлению конкретных мероприятий, ориентированных на развитие научной, научно-технической и инновационной деятельности, создание условий для устойчивого развития НПК наукоградов, интеграцию его возможностей для реализации программ комплексного социально-экономического развития наукоградов.

Применение механизма конкурсного финансирования должно быть основано на эффективном использовании бюджетных средств. Особенно это касается реализации высокорисковых инновационных проектов. Даже в такой крупной инвестиционной структуре как АО «Роснано», использующей для обеспечения инвестиционного прорыва в российских высоких технологиях механизм прямых и венчурных инвестиций, проблема использования бюджетных средств недостаточно проработана.

В частности результаты аудита деятельности АО «Роснано за 2010–2015 гг., проведенного Счетной палатой Российской Федерации, отразили высокую зависимость финансирования инвестиционных проектов от финансирования с привлечением государственных гарантий. По состоянию на сентябрь 2015 г. госкомпания профинансировала 21 проект на 60,5 млрд руб., из них 42,6 % (25,8 млрд руб.) составили государственные гарантии [6].

Ст. 8.1 федерального закона № 100-ФЗ расширяет условия софинансирования проектов, прошедших конкурсный отбор. Для выполнения мероприятий, предусмотренных в планах по реализации стратегий социально-экономического развития наукоградов, органам местного самоуправления наукограда предоставляются следующие возможности:

- использовать находящееся в муниципальной собственности имущество, в том числе предоставление его организациям НПК наукограда на условиях и порядке, определяемых муниципалитетом;
- участвовать в государственных программах, реализуемых субъектами РФ и предусматривать поддержку инновационных проектов, развитие инфраструктуры муниципальных образований (если условиями реализации программ это допускается).

Наукоград как составная часть того или иного субъекта РФ является объектом региональной инновационной политики, включающей и муниципальный уровень. В полномочия органов местного самоуправления наукоградов входит разработка собственных программ социально-экономического развития, в которых учитывается исторически сложившаяся специализация предприятий и организаций НПК (в частности, моно- или полиструктурность в специализации научных исследований).

Анализ основных положений программ социально-экономического развития наукоградов позволяет сделать вывод о том, что при их разработке учитываются следующие основные факторы:

- наличие цикла создания научно-технического продукта (полного или неполного) от фундаментальных исследований до реализации продукции;

— степень автономности (внутренней и внешней в случае удаленности от крупных городов, в том числе с научно-производственными функциями) научно-технических объектов в НПК.

Особо следует отметить, что тенденцией последних десяти лет является преобладание в бюджетах программ социально-экономического развития наукоградов, формируемых из различных источников, значительной доли затрат, приходящихся не на поддержку и развитие НПК, а на поддержку инженерно-коммунальной и социальной инфраструктуры.

В качестве примера в таблице 2 приведена структура затрат по трем программам социально-экономического развития рабочего поселка Кольцово Новосибирской области как наукограда Российской Федерации [7, 8]. В программах 2002–2007 и 2008–2012 гг. отмечалось преобладание суммарной доли затрат на социальную и инженерно-коммунальную инфраструктуры (73,8% и 53,4% соответственно). Только в программе 2013–2018 гг. структура затрат по программе изменилась в сторону ориентации на развитие и укрепление НПК наукограда.

Таблица 2

Структура затрат программ социально-экономического развития наукограда Кольцово за 2002–2018 гг., в процентах

Основные направления расходования средств	2002–2007 гг.	2008–2012 гг.	2013–2018 гг.
Укрепление экономики и развитие научно-производственного комплекса наукограда	16,9	32,1	54,8
Создание, поддержка и развитие инновационной инфраструктуры	9,2	14,5	0,9
Развитие и модернизация инженерно-коммунальной инфраструктуры и информатизация	23,3	6,4	32,0
Поддержка и развитие социальной инфраструктуры	50,5	47,0	12,3

При этом снижение в программе 2013–2018 гг. доли затрат на создание, поддержку и развитие инновационной инфраструктуры (0,9% от общего объема средств, предназначенных для реализации программы) следует рассматривать как негативный факт, что, однако, объясняется недостаточностью ресурсов для реализации программы в целом. Решение этой проблемы предполагается путем формирования организации с функцией управляющего центра по инновационным технологиям (ЦИТ) [9]. В задачи ЦИТ входит:

- организация процесса отбора, экспертизы и реализации проектов по созданию инновационных продуктов и коммерциализации научно-технологических разработок;
- организация процессов доработки инновационных технологий и продукции совместно с их непосредственными разработчиками, поддержки испытаний, апробации и процессов правового оформления — патентования, сертификации, лицензирования, получения разрешительной документации;
- проведение экспериментального применения отработанной технологии и продукции на базе имеющихся технологических возможностей организаций наукограда, формирование методических рекомендаций по освоению и использованию продукции и технологий;
- экспертиза инвестиционных проектов по разработке новых технологий и производству наукоемкой продукции;
- поиск и привлечение инвесторов, партнеров и гарантов, формирование научно-производственно-сбытовых коопераций по разработке, продвижению инновационных технологий и продукции, а также их сбыту;

- поддержка в продвижении наукоемких товаров и технологий на российский и зарубежный рынки;
- реализация интеллектуальной собственности научно-исследовательских организаций наукограда.

Создание ЦИТ означает централизацию управления.

Материалы отчетов о ходе реализации первых двух программ наукограда Кольцово свидетельствуют, что основным источником финансирования программ являлись внебюджетные средства (преимущественно частные инвестиции), составляющие 89,7 % по программе 2002–2007 гг. и 79,0 % по программе 2008–2012 гг. [7, 8]. Данный факт свидетельствует о благоприятном инвестиционном климате, сложившемся в наукограде Кольцово.

В отличие от наукограда Кольцово бюджет программы комплексного социально-экономического развития города Дубны на 2007–2011 гг. в значительной своей части был сформирован за счет бюджетных средств. Доля внебюджетных инвестиций составила 33,9 %. При этом большая часть средств бюджета (53,0 %), предназначенных для выполнения программы, была направлена на развитие особой экономической зоны «Дубна» [10].

С нашей точки зрения при составлении программ социально-экономического развития наукоградов органы их исполнительной власти ориентируются на основные направления в области инновационной деятельности, которые были сформулированы в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 № 1662-р (ред. от 08.08.2009). Эти направления сводятся к следующим основным положениям:

- обеспечение распространения спроса на инновации от узкого числа секторов на большую часть отраслей экономики;
- повышение эффективности сектора генерации знаний, усиление интеграции в мировую науку и мировой рынок инноваций, придание импульса соответствию инноваций рыночным потребностям;
- преодоление фрагментарности созданной инновационной инфраструктуры.

Мониторинг программ социально-экономического развития наукоградов позволил обобщить задачи, которые ставят перед собой органы исполнительной власти этих муниципальных образований:

- создание условий для генерации новых технологий, продуктов, процессов в приоритетных для наукоградов сферах деятельности;
- вовлечение имеющихся научно-исследовательских, технологических и инновационных разработок в процесс коммерциализации технологий и повышения качества жизни;
- управление полным жизненным циклом инноваций: «развитие и стимулирование интеллектуальной среды — стимулирование проведения прикладных научных и опытно-конструкторских работ — создание высокотехнологичных производств и эффективных систем внедрения — продвижения инновационной продукции»;
- координация, оптимизация и повышение эффективности работы существующих элементов инновационной системы;
- управление интеграционными процессами для превращения наукограда в центр межрегиональных инновационных научно-производственных коопераций и кластерных структур.

В заключение следует подчеркнуть основные положения, отражающие процесс трансформации подхода к государственному регулированию научно-технической и инновационной деятельности наукоградов.

Первоначальные меры, предпринимаемые государством в период 1999–2004 гг., обеспечили сохранение и поддержку муниципальных образований с высоким научно-техническим потенциалом и градообразующим НПК. Однако сокращение прямой государственной поддержки (отказ от финансирования в рамках ФЦП и введение финансирования в форме

субсидий) обусловило замедление процессов диверсификации производственной сферы наукограда.

Принятие федерального закона № 100-ФЗ (2015 г.) и внесение изменений в федеральный закон № 70-ФЗ свидетельствуют об активизации государственной политики, направленной на стимулирование перехода наукограда на режим устойчивого развития, что предполагает сохранение качественной определенности города, то есть его наукоемкого и высокотехнологического производства. Данный подход предполагает использование внутренних механизмов развития, а дальнейший поиск вариантов устойчивого развития наукоградов связан с усилением партнерских отношений с государством.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Государственного задания на 2016 год по проекту 2.45.2016/НМ «Организация и проведение мониторинга инновационной деятельности субъектов Российской Федерации».

Список литературы

1. Миндели Л.Э., Мартыненко А.В., Гудкова А.А., Диссон В.А. Реформирование российской науки: анализ и проблемы. М.: ЦИСН, 2001.
2. Иванов В.В., Матирко В.И. Наукограды России: от методологии к практике. Программа ЕС-TACIS, серия «Инновационное развитие территорий России и ЕС: опыт, проблемы, перспективы», Москва, 2001.
3. Игарская Б. Новые смыслы наукоградов. Available at: <http://www.ksonline.ru/stats/-/3670/> (дата обращения 18.04.2016).
4. Гусев А.Б. Наукограды: забытый жанр или ренессанс? Available at: www.riep.ru/upload/iblock/001f1c4ca495a99df (дата обращения 18.04.2016).
5. Родюков С.В. Проблемы финансового обеспечения наукоградов Российской Федерации // Инновации и инвестиции. 2011. № 31 (214).
6. Доложили по Чубайсу: какие нарушения Счетная палата нашла в «Роснано». Available at: www.rbc.ru (дата обращения 27.04.2016).
7. Итоги реализации Программы развития рабочего поселка Кольцово как наукограда Российской Федерации на период 2003–2007 годы. Available at: <http://www.kolcovo.ru/Naukograd/pravo.php> (дата обращения 01.06.2016).
8. Программа социально-экономического развития рабочего поселка Кольцово как наукограда на период 2008–2012 годы. Available at: <http://www.kolcovo.ru/Naukograd/pravo.php> (дата обращения 01.06.2016).
9. Комплексная программа социально-экономического развития рабочего поселка Кольцово Новосибирской области как наукограда Российской Федерации на 2013–2020 годы (в ред. решений Совета депутатов рабочего поселка Кольцово от 23.10.2013 № 46, от 26.02.2014 № 18, от 09.04.2014 № 24, от 19.11.2014 № 83, от 17.12.2014 № 91, от 28.01.2015 № 102, от 17.06.2015 № 26). Available at: <http://www.kolcovo.ru/Naukograd/pravo.php> (дата обращения 03.06.2016).
10. Программа комплексного социально-экономического развития города Дубны как наукограда Российской Федерации на 2007–2011 годы («Город Дубна — центр генерации и коммерциализации знаний»). Available at: <http://naukograd-dubna.ru/about/ekonomika-goroda/tselevye-programmy-administratsii/5250/> (дата обращения 08.06.2016).

References

1. Mindeli L.E., Martynenko A.V., Gudkova A.A., Disson V.A. (2001) *Reformirovanie rossiyskoy nauki: analiz i problem* [Reforming Russian science: analysis and problems], Moscow. CSRS.
2. Ivanov V.V., Matirko V.I. (2001) *Naukogrady Rossii: ot metodologii k praktike. Programma ES-TACIS* [Science cities of Russia: from methodology to practice. The EU-TACIS] *Seriya «Innovatsionnoe razvitiye territoriy Rossii i ES: opyt, problemy, perspektivy»* [The series «Innovative development of territories of Russia and EU: experience, problems, prospects»], Moscow.

3. Igarskaya B. *Novye smysly naukogradov* [New meanings of science cities]. Available at: <http://www.ksonline.ru/stats/-/3670> (accessed 18.04.2016).
4. Gusev A.B. *Naukogrady: zabytyy zhanr ili renessans?* [Science cities: the forgotten genre or Renaissance?]. Available at: www.riep.ru/upload/iblock/001f1c4ca495a99df (accessed 18.04.2016).
5. Rodyukov S.V. (2011) *Problemy finansovogo obespecheniya naukogradov Rossiyskoy Federatsii* [Problems of financial support of science cities of the Russian Federation] *Innovatsii i investitsii* [Innovations and investments]. No. 31 (214).
6. *Dolozhili po Chubaysu: kakie narusheniya Schetnaya palata nashla v «Rosnano»* [Report on Chubais: what violations did the Audit Chamber find in «ROSNANO»]. Available at: www.rbc.ru (accessed 27.04.2016).
7. *Itogi realizatsii Programmy razvitiya rabocheho poselka Kol'tsovo kak naukograda Rossiyskoy Federatsii na period 2003–2007 gody* [The Results of implementation of development Program of the workers' settlement Koltsovo as a science city of the Russian Federation for the period of 2003–2007]. Available at: <http://www.kolcovo.ru/Naukograd/pravo.php> (accessed 01.06.2016).
8. The Program of socio-economic development of the workers' settlement Koltsovo as a science city for the period of 2008–2012. Available at: <http://www.kolcovo.ru/Naukograd/pravo.php> (accessed 01.06.2016).
9. *Kompleksnaya programma sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya rabocheho poselka Kol'tsovo Novosibirskoy oblasti kak naukograda Rossiyskoy Federatsii na 2013–2020 gody (v red. resheniy Soveta deputatov rabocheho poselka Kol'tsovo ot 23.10.2013 No. 46 26.02.2014 No. 18, 09.04.2014 No. 24 19.11.2014 No. 83, 17.12.2014 No. 91, 28.01.2015 No. 102, 17.06.2015 No. 26)* [Comprehensive program of socio-economic development of the workers' settlement Koltsovo of the Novosibirsk region as a science city of the Russian Federation for 2013–2020 (in edition of decisions of Council of deputies of workers' settlement Koltsovo of 23.10.2013 No. 46, 26.02.2014 No. 18, dated 09.04.2014 No. 24 dated 19.11.2014 No. 83, 17.12.2014 No. 91, dated 28.01.2015 No. 102, from 17.06.2015 No. 26). Available at: <http://www.kolcovo.ru/Naukograd/pravo.php> (accessed 03.06.2016).
10. *Programma kompleksnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya goroda Dubny kak naukograda Rossiyskoy Federatsii na 2007–2011 gody («Gorod Dubna – tsentr generatsii i kommertsializatsii znaniy»)* [Program of comprehensive socio-economic development of the city of Dubna as a science city of the Russian Federation for 2007–2011 («The Dubna center of generation and commercialization of knowledge»)]. Available at: <http://naukograd-dubna.ru/about/ekonomika-goroda/tselevye-programmy-administratsii/5250> (accessed 08.06.2016).

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

П.Н. Алексеев, зам. рук. Курчатовского ядерно-технологического комплекса по направлению перспективных энергетических технологий, канд. физ.-мат. наук

В статье показано, что проведенные исследования в области совершенствования структуры ядерной энергетики свидетельствуют о принципиальной возможности внедрения смешанного топливного торий-уран-плутониевого цикла, с целью увеличения нейтронного потенциала системы ядерной энергетики. Ядерный топливный цикл, по сути, является системообразующим для развития всей ядерной энергетики, поэтому важно понять: каким будет ядерный топливный цикл в ближайшие десятилетия, какие реальные проблемы он будет решать и на какие перспективы будет ориентирован.

Требования к реакторам должны формулироваться исходя из возможностей ядерного топливного цикла, их эффективного использования в условиях замкнутого топливного цикла, иначе это может привести к риску неподготовленности к развитию ядерной энергетики после 2020 г. и отставанию от мирового технологического уровня.

Ключевые слова: ядерно-технологический комплекс, ядерный топливный цикл, нейтронный потенциал, ядерная энергетика.

DIRECTIONS OF NUCLEAR ENERGY DEVELOPMENT

P.N. Alexeyev, Deputy Director, Kurchatov Nuclear-Technological Complex for Promising Energy Technologies, Doctor of Physics and Mathematics

The article shows that the studies in the field of improvement of structure of nuclear power engineering indicate the possibility of introduction of the mixed fuel thorium-uranium-plutonium cycle, with the aim of increasing the neutron potential of nuclear energy. The nuclear fuel cycle, in fact, is the backbone for the development of the whole nuclear energy, so it is important to understand: what will the nuclear fuel cycle be in the coming decades, what are the real problems it will solve and what prospects will be targeted.

Requirements for reactors should be formulated based on the capabilities of the nuclear fuel cycle, their effective use in a closed fuel cycle, otherwise it may lead to the risk of lack of preparation for the development of nuclear energy after 2020 and lagging behind the world technological level.

Keywords: Nuclear-Technological Complex, nuclear fuel cycle, nuclear power engineering.

Введение

Корректировка энергетической стратегии России с ее пролонгацией до 2035 г. связана, прежде всего, с тем, что произошла существенная трансформация на мировых энергетических рынках, вызванная ориентацией ряда крупнейших импортеров на энергетическое самообеспечение. Внутри страны снизились темпы экономического роста, в связи с чем, главным приоритетом становится не количественное наращивание объемов производства ТЭК, а качественное обновление (модернизация) энергетического сектора страны. В Энергетической стратегии центральной идеей является переход от ресурсно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию ТЭК. Энергетическая стратегия предусматривает значительное снижение энергоемкости российской экономики.

При целевом росте экономики в 2,5 раза потребление первичной энергии в России увеличится только на 25–27 %. При этом наибольшими темпами будет расти спрос на электроэнергию и моторное топливо (в 1,45–1,55 раза за 2010–2035 гг.).

Россия в прогнозируемый период может стать более чувствительной к негативным изменениям рыночной конъюнктуры. В базовом сценарии Стратегии ЭС-2035 экспорт нефти и газа на внешние рынки оказывается заметно ниже официальных отечественных прогнозов.

С учетом этих тенденций, проект энергетической стратегии до 2035 г. предусматривает:

- опережающее развитие электроэнергетики для реализации масштабной электрификации национального хозяйства с ростом установленной мощности электростанций более чем на 1/3, и выработки электроэнергии в 1,6 раза при увеличении доли АЭС с 16 до 22–23 %;
- развитие теплоснабжения России и ее регионов преимущественно на базе теплофикации с использованием современных экономически и экологически эффективных когенерационных установок широкого диапазона мощности.

Тезисы Энергетической стратегии не противоречат положениям Стратегии ядерной энергетики России до 2050 г, предложенной «Курчатовским институтом», цели которой были определены следующим образом:

- формирование полномасштабной структуры атомного индустриального комплекса, как энергетической базы устойчивого развития страны в стратегической перспективе;
- обеспечение геополитических интересов страны на мировом атомном энергетическом рынке в области реакторостроения и услуг замкнутого топливного цикла;
- создание структуры атомного энергопромышленного комплекса, обеспечивающего потребности ядерной энергетики в топливе на длительную перспективу, приемлемое обращение с облученным ядерным топливом и радиоактивными отходами.

Приоритетные задачи Стратегии ядерной энергетики России до 2050 г.:

- обеспечение электрогенерации на АЭС к 2050 г. до 20 % от общего объема выработки электроэнергии (что несколько отличается от предусмотренных Энергетической стратегией показателей);
- формирование замкнутого топливного цикла ядерной энергетики;
- развитие неэлектрического компонента ядерной энергетики в перспективе после 2030 г. для производства искусственного моторного топлива и водорода в объеме около 30 % современных потребностей;
- создание системы обращения и надежной изоляции радиоактивных отходов, и промышленных технологий выведения ядерных объектов из эксплуатации.

Основные положения Стратегии ядерной энергетики России до 2050 г.

Среди целевых задач дальнейшего развития ядерной энергетики, выделяются:

- формирование в общем топливно-энергетическом комплексе страны сектора региональной ядерной энергетики с широким диапазоном единичных мощностей ядерных источников. Его создание опирается на наличие в России достаточного потенциала необходимых реакторных технологий и машиностроения;
- внедрение атомных мощностей в энергоемкие отрасли промышленности и коммунального сектора, наряду с наращиванием производства электроэнергии. Это может обеспечить значительное замещение органического топлива в энергоемких отраслях промышленности и коммунального сектора к 2050 г. На базе освоенных технологий должны быть выбраны и разработаны ядерные энергоисточники коммунального тепла (АТЭЦ, АСТ), а в промышленном производстве начата разработка высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР), которые продемонстрировали способность производить тепло с температурой до 950 °С.

Стратегия предусматривает наличие и развитие следующих типов реакторов и их назначение:

- реакторы на тепловых нейтронах: производство энергии для различных потребителей (электроэнергия, коммунальное тепло, технологии, водород), широкий диапазон мощно-

стей (малые – автономные, средние – региональные, большие – сети), работа в режиме регулирования нагрузки, гибкий топливный цикл (Pu, U, Th);

– реакторы на быстрых нейтронах (БР): базовое производство энергии, расширенное воспроизводство топлива (Pu, U-233), замыкание топливного цикла по U, Pu и минорным актинидам.

Ближайшей целевой задачей модернизации ядерной энергетики по первому стратегическому направлению, является создание на базе АЭС-2006 усовершенствованного блока АЭС-ВВЭР-ТОИ электрической мощностью 1250 МВт (эл.) с внедрением до 2020 г. Одновременно по инициативе Курчатовского института поставлена задача создания четвертого поколения реакторов ВВЭР для работы в замкнутом топливном цикле. Это направление инновационного реактора с кардинально улучшенным использованием топлива получило название «СУПЕР-ВВЭР» (Эволюционный Супер-ВВЭР со спектральным регулированием – ВВЭР-С; инновационный Супер-ВВЭР с закритическими параметрами теплоносителя ВВЭР-СКД). С определенного периода, наращивание мощностей следует переключить с реактора ВВЭР-ТОИ на реактор ВВЭР-С, а затем на реактор ВВЭР-СКД.

В ВВЭР-С улучшение топливоиспользования будет реализовано за счет спектрального регулирования изменения реактивности в процессе выгорания топлива путем изменения водо-уранового отношения примерно в половине свежих кассет тепловыделяющих сборок (ТВС) с использованием подвижных вытеснителей и/или тяжелой воды. В этом случае возможен полный отказ от жидкостного борного регулирования в эксплуатационных режимах работы. В ВВЭР-С избыточные нейтроны вместо поглощения в борной кислоте, поглощаются ураном-238. Таким образом, компенсируется избыток топлива, который нужен на топливную кампанию, и при этом производится новое делящееся топливо. Диапазон изменения водо-уранового отношения примерно в половине более свежих ТВС активной зоны ВВЭР при опущенных и извлеченных вытеснителях меняется от 1,40–1,60 до 1,95–2,15. При этом существенно сокращается количество радиоактивных отходов (РАО) при эксплуатации АЭС с ВВЭР-С и облегчается реализация режимов маневрирования мощностью. Активную зону реактора ВВЭР-С можно полностью загрузить МОКС-топливом (Mixed-Oxide fuel). Таких тепловых реакторов ранее не было. Возможна была только частичная ~30–40 %-ная загрузка МОКС-топливом, чтобы обеспечить характеристики безопасности. По балансу делящихся изотопов реактор ВВЭР-С может работать ~30 лет на урановом топливе, а потом еще ~30 лет на своем же плутонии. В результате он сэкономит ~50 % природного урана, по сравнению с работой ВВЭР-ТОИ в открытом топливном цикле. Если рассматривать цены природного урана ~130–260 долл. за кг, то экономия за весь жизненный цикл будет эквивалентна капитальным затратам на энергоблок.

У ВВЭР-СКД более высокий коэффициент полезного действия (41–43 %), более высокий коэффициент воспроизводства топлива (0,9–1) за счет более жесткого спектра нейтронов; низкий расход природного урана. Рассматриваются две концепции ВВЭР-СКД: одноконтурная и двухконтурная реакторные установки.

Основные практические задачи этого направления модернизации:

– надежная, безопасная и экономически эффективная эксплуатация действующих АЭС, разработка процедур и технологий продления ресурса и вывода из эксплуатации, строительство АЭС с реакторами ВВЭР по усовершенствованным проектам;

– обеспечение маневренности энергоблоков;

– разработка усовершенствованной технологии переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и обращения с РАО действующих реакторов, со строительством завода по переработке ОЯТ оптимальной производительности;

– развитие инфраструктуры атомной промышленности с целью обеспечения заданного темпа строительства АЭС;

– внедрение энергоблоков средней мощности в региональную энергетику.

Второе стратегическое направление модернизации ядерной энергетики – реакторы на быстрых нейтронах, способные снабжать всю ядерно-энергетическую систему новым топливом, производимым из изотопов уран-238 и торий-232. Реализация этого направления предполагает создание структуры ядерной энергетики, которая на длительную перспективу гарантированно обеспечит потребности в топливе.

В Стратегии ядерной энергетики России до 2050 г. и на более дальний период рассмотрены также различные альтернативные перспективные концепции, включая возможное создание в будущем термоядерных источников нейтронов (ТИН). Термоядерные установки мощностного порядка 1 ГВт – могут производить тепло и генерировать нейтроны для работы искусственного ядерного горючего в количестве, эквивалентном количеству ядерного горючего, полученного при добыче природного урана в объеме 500 тонн в год.

Проблемы организации ядерного топливного цикла и перспективы использования ториевого топлива как дополнительного ресурса атомной энергетики

В июне 2014 г. Правительство РФ утвердило Государственную программу Российской Федерации «Развитие атомного энергопромышленного комплекса», охватывающую период до 2020 г. В Программе уточняются задания по уровню мощности АЭС и выработке ими электроэнергии и подтверждаются положения принятых ранее программ по необходимости повышения уровня ядерной и радиационной безопасности обращения с ОЯТ и РАО и замыкания ядерного топливного цикла на основе развития технологий быстрых реакторов с натриевым и свинцовым охлаждением. При этом в Программе не содержится конкретных подходов к обоснованию выбора типа быстрого реактора и топлива, технологий переработки ОЯТ и рефабрикации топлива.

Программа также не содержит предложений по дальнейшему развитию технологий ВВЭР (ВВЭР-С, реакторы средней мощности) и других тепловых реакторов (ВТГР) в плане их эффективного использования в условиях замкнутого топливного цикла, что может привести к риску неподготовленности к развитию ядерной энергетики (ЯЭ) после 2020 г. и отставанию от мирового технологического уровня.

Современный способ получения ядерной энергии связан с извлечением природного урана, обогащением части извлеченного урана до 4–5% ураном-235 (содержание которого в природном уране равно 0,7%) и облучением ядерного топлива в реакторе до выгорания 4–5% тяжелых атомов. При этом возникает на 1 ГВт·год (э) около 1 т продуктов деления (ПД), 15–20 т отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и 130–180 т отвалного урана (ОтУ).

В реакторах на тепловых нейтронах (ТР) этот отвалный уран, так же как и ОЯТ использовать не удастся и ОтУ по сути становится для ЯЭ дополнительным радиоактивным отходом, который нужно или утилизировать (но кто и где готов их потребить?) или хранить за чей-то счет до тех пор, пока не будут разработаны способы его утилизации. Таким образом, отвалный уран будет утилизирован или передан на баланс и под ответственность и заботу тех структур и производств, которые их смогут с пользой утилизировать, или захоронить за счет тех, кто извлек прибыль при производстве ядерной энергии, а если таковые уже отсутствуют, то за счет государства (Ядерное право, МАГАТЭ), выдавшего лицензию на работу АЭС.

То есть, при производстве ядерной энергии необходимо предусматривать средства на все эти шаги – за 60 лет работы блока АЭС мощностью 1000 МВт (эл) будут произведены: 60 т ПД; 900–1200 т ОЯТ; 9000–12000 т ОтУ. Проблема обращения с этими субстанциями в таких количествах может быть решена только обществом, принявшим на себя эту ответственность как в плане хранения, так и в плане разработки технологий утилизации и захоронения всего того, что не нашло применения, при соответствующих принятых договоренностях международного права и законах данного государства. При этом в явном виде проявляется схема современного эффективного использования ресурсов: прибыль приватизируется, риски национализуются. Если бы уже сейчас общество де факто не приняло на себя такую

ответственность, оно должно было бы принять закон, согласно которому можно было бы добывать ровно столько ресурса (урана), сколько его можно полностью использовать. В таком случае должна быть другая система ЯЭ.

Можно предположить, что это должна быть система реакторов на быстрых нейтронах, в которых ядерное горючее воспроизводится. В этом случае для первой загрузки и подпитки реактора топливом до выхода его в равновесный режим работы в замкнутом уран-плутониевом ядерном топливном цикле (ЯТЦ) нужно примерно 10–20 т урана-235, что потребует добычи 2000–4000 т природного урана. Этот природный уран даже в случае сжигания всех минорных актинидов (МА) в этих реакторах, может быть использован в течение 2000–4000 лет. Возникает вопрос — кто платит за безопасное в нужной степени хранение этого потенциала в этом случае (это уже не отход, а потенциал, с точки зрения нейтронной физики и нейтронного баланса) и как этот потенциал оправдан с точки зрения экономических и политических рисков на таких временных интервалах?

При такой стратегии возникают и другие исторические, юридические, философские, психологические, проблемы: если мы хотим развить систему ЯЭ до мощности хотя бы 2500 ГВт, нам нужно примерно за сто лет добыть от 5 до 10 млн т природного урана.

Коллективная эффективная доза на временном интервале 10 тыс. лет (Ядерное право, МАГАТЭ) при этом будет оценена примерно от 1,5 до 5 млн человеко-Зиверт (чел.-Зв), что по дозе эквивалентно от 3 до 8 Чернобыльских выбросов, оставаясь в парадигме беспороговой линейной концепции воздействия радиации на человечество.

И даже многокомпонентная структура системы ЯЭ с хорошими БР, ТР и жидкосолевыми реакторами-мусорщиками для утилизации МА позволяют снизить эти оценки лишь примерно в 2–3 раза.

То есть процесс такого ускоренного ввода ЯЭ на нейтронном потенциале урана-235, практически, по современным взглядам на воздействие радиации на человечество, является аварией, разнесенной на тысячелетия. При этом с непонятными и пока не существующими механизмами в области экономики и права.

И трудно доказать каждому следующему за нами поколению, что мы хотим им добра (не ухудшая их ресурсной базы), проедаая дешевый нейтронный ресурс урана-235, не имея технологии эффективного (хотя бы всего на порядок) использования ОтУ.

Несколько смягчить ситуацию с таким неэффективным использованием природного урана можно за счет введения тория в систему ЯЭ как дополнительного ресурса.

Его извлечение, во-первых, неизбежно как побочного продукта при добыче редкоземельных металлов, а во-вторых, радиоактивность его при добыче в парадигме беспороговой линейной концепции для общества примерно на два порядка ниже, чем при добыче урана. Это если и не сильно облегчает решение экономического парадокса, то хотя бы проблему ресурсного обеспечения выводит из разряда технологических долговременных неявно выраженных вялотекущих (и этим как раз и страшных? — чем-то похоже на онкологию, но в рамках исторических рамок для человечества) катастроф.

Включение тория в топливную базу ЯЭ позволяет принципиально улучшить нейтронный баланс в ТР, а при введении в систему ЯЭ БР и ТИН с ториевыми зонами воспроизводства, создать принципиально более эффективную и понятную для современных экономических и экологических взглядов систему.

Сейчас ЯЭ вступает во вторую фазу своего развития, характеризующуюся тем, что уран-235 рассматривается не как основной источник получения энергии в ядерных реакторах, а как источник нейтронов и своего рода инвестиционный потенциал для построения системы ЯЭ, способной эффективно получать энергию из урана-238 и тория-232.

Этот переход осуществим только в системе ЯЭ, отвечающей требованиям устойчивого развития, нашедшим отражение в международном проекте создания инновационной системы ядерной энергетики ИНПРО (МАГАТЭ) и Генерации-4. Одним из существенных кри-

териев выполнения этих требований является наличие асимптотической структуры системы ЯЭ, на входе в которую были бы только энергетические ядерные ресурсы: отвалный уран и торий.

Такой переход от сегодняшнего состояния можно совершить при введении в систему реакторов на быстрых нейтронах и замыкании ЯТЦ по урану, плутонию и минорным актинидам (МА – нептуний, америций, кюрий), причем на асимптотике в системе ЯЭ должно быть не менее половины БР с большим коэффициентом воспроизводства плутония и порядка 10% реакторов утилизаторов МА, например, жидкосолевых реакторов (ЖСР). Но сейчас в мире работает большое число реакторов на тепловых нейтронах, и практически в ближайшие десятилетия не планируется строить сколько-нибудь значимое количество БР. Поэтому то, каким будет ядерный топливный цикл в ближайшие десятилетия, какие реальные проблемы он будет решать и на какие перспективы будет ориентирован, определяется на самом деле потребностями, интересами и ресурсными возможностями ТР легководного направления. И то, какие БР и с какой целью и какими задачами реально будут востребованы, будет определяться не их конкурентоспособностью с ТР, а тем как и в какой мере они будут способствовать решению проблем имеющихся, строящихся и планируемых к строительству реакторов легководного типа. В частности, требуют экономически эффективных решений проблемы обращения с постоянно увеличивающимся количеством ОЯТ и обеспеченности доступными топливными ресурсами на весь срок службы работающих и строящихся АЭС.

И если для БР наиболее эффективный топливный цикл можно организовать при использовании урана-238 в качестве практически неограниченного энергоресурса, то учитывая реально складывающуюся на ближайшие несколько десятилетий мировую конъюнктуру можно сделать вывод, что выгоднее в качестве энергетического ресурса становится вовлечение тория в ЯТЦ, поскольку он эффективнее по сравнению с ураном-238 взаимодействует с нейтронами в тепловом спектре нейтронов. Это, в частности, подтверждается резко возросшим интересом в мире к использованию тория в различных типах реакторов.

Вовлечение тория в ядерный топливный цикл как дополнительного ресурса помогает решать как проблемы ресурсообеспеченности ТР, поскольку получаемый при этом уран-233 более эффективен в ТР, чем плутоний, так и проблем обращения с РАО и их окончательного удаления из среды обитания, так как при использовании тория наработка МА снижается на порядки. Это, в свою очередь позволит улучшить экономическую эффективность и адаптационные способности ЯЭ за счет снижения необходимых для устойчивого развития доли БР и реакторов выжигателей МА в системе ЯЭ.

Еще долгое время в системе ЯЭ подавляющее количество реакторов будет работать на тепловых нейтронах. По сути БР сейчас должны не конкурировать с ТР, а помогать им решить проблему снижения риска потери ресурсообеспеченности в течение всего жизненного цикла. При превалировании в системе ЯЭ реакторов на тепловых нейтронах торий может оказаться очень эффективным дополнительным ресурсом, поскольку он принципиально лучше урана-238 в тепловом спектре нейтронов (более чем на 0,2 нейтрона на одно потребленное ядро). В реакторе на быстрых нейтронах с жестким спектром уран-238 может быть лучше тория-232 почти на 0,4 нейтрона на потребленное ядро (ядро урана-238 переведенное в продукты деления с учетом деления получаемых из него ядер плутония, америция, кюрия и пр.). Загружая уран-плутониевое топливо в активную зону и ториевое топливо в зоны воспроизводства БР, и используя уран-ториевое топливо в ТР можно существенно облегчить решение проблем ресурсообеспеченности ЯЭ и обращения с минорными актинидами и плутонием в ЯТЦ. Без наработки избыточного плутония или урана-233 в зонах воспроизводства реакторы на быстрых нейтронах еще долго не будут востребованы. Владельцам и создателям реакторов на тепловых нейтронах в ближайшем будущем, пока еще доступен нейтронный источник в виде природного урана-235, выгоднее перейти на использование тория как источника энергии, чем вкладывать свои ресурсы, необходимые для воспроизвод-

ства и развития имеющейся структуры и интересов, в различные быстрые реакторы, разработчики которых самозабвенно играют в конкуренцию между собой по показателям нераспространения и безопасности.

Вложения же в разработку БР сейчас можно оправдывать тем, что они демонстрируют наличие потенциала востребованности в будущем того огромного количества отвалного урана (по сути отхода на ближайшие как минимум сотни лет, которого накапливается на порядок больше чем ОЯТ), который накоплен и продолжает накапливаться, и в отсутствии перспектив у БР может быть спровоцирована проблема как этот отвалный уран рассматривать: как отход — и кто платит, и что с ним делать; или как богатство, которым следует гордиться и вкладывать ресурсы в поиск путей его эффективного использования.

НИОКР широкого плана по использованию тория в ядерной энергетике (ЯЭ) и эксплуатация реакторов с ториевым топливом проводились в Канаде, Германии, Индии, Японии, Великобритании, Соединенных Штатах и в Российской Федерации. Перспективные НИОКР по использованию тория в ядерной энергетике (ЯЭ) ведутся в направлении разработки нескольких концепций перспективных реакторов, включая: высокотемпературный газоохлаждаемый реактор (ВТГР); реактор на расплавленных солях (ЖСР); канальный реактор типа CANDU; перспективный тяжеловодный реактор (АНWR); быстрый реактор-размножитель (БР); термоядерные и электроядерные источники нейтронов с экранами на основе тория как в расплавах солей, так и в твердом виде. Проводятся радиационные испытания с целью определения возможностей промышленного использования торий-плутониевого оксидного топлива в энергетических реакторах.

В начале развития ЯЭ торий «проиграл» урану вследствие того, что в составе урана присутствует источник нейтронов — уран-235 (при его использовании можно создать свежее топливо с коэффициентом размножения нейтронов больше 1), а торий, как и уран-238, имеющиеся в изобилии по сравнению с ураном-235 в природе, являются источниками энергии, но для ее получения их нужно предварительно облучить и превратить соответственно в уран-233 и плутоний. При использовании урана-235 как источника нейтронов в уран-плутониевом топливном цикле можно организовать топливный цикл как на естественном уране (тяжеловодные и уран-графитовые реакторы с непрерывной перегрузкой топлива и малым выгоранием), так и на низкообогащенном уране (менее 5 % для легководных реакторов типа ВВЭР, PWR, BWR и менее 20 % для реакторов с быстрым и промежуточным спектром нейтронов). При использовании тория для получения энергии необходимо было использовать обогащенное не менее чем до 20 % урановое топливо, что ухудшало экономические показатели ториевого топливного цикла по сравнению с чисто урановым.

К настоящему времени ситуация изменилась. Накоплены значительные запасы оружейного и энергетического плутония и высокообогащенного урана, которые могут быть более эффективно использованы в качестве источников нейтронов в ториевом топливном цикле реакторов на тепловых нейтронах, поскольку в эксплуатации уже находятся более 330 ГВт (эл) и на стадии строительства еще более 65 ГВт (эл) легководных реакторов (ВВЭР, PWR, BWR), в которых торий можно использовать более эффективно, чем уран-238, а реакторы на быстрых нейтронах, в которых уран-238 и плутоний более эффективны, чем торий и уран-233, находятся на начальной фазе демонстрации своих возможностей и в ближайшие десятилетия не предвидится их масштабного внедрения. Несколько БР типа БН-1200, которые планируется ввести до 2035 г., можно будет перевести на использование тория в зонах воспроизводства и использовать для наработки в экранах этих реакторов урана-233 для ТР. К тому же, постоянно возрастающий интерес к увеличению добычи редкоземельных элементов позволяет уже сейчас актуализировать решение задач по добыче тория из руд, содержащих торий в качестве примесей.

Ториевый топливный цикл интересен для реакторов на тепловых нейтронах, поскольку основной делящийся изотоп этого топливного цикла уран-233 дает примерно 0,2 «дополни-

тельных» нейтрона (по сравнению с ураном-235 и плутонием-239), которые можно использовать для повышения эффективности топливного цикла и улучшения эксплуатационных свойств реакторов. Но только улучшения нейтронно-физических характеристик не достаточно для преодоления существующей инерции в развитии уран-плутониевого топливного цикла. Расширение топливной базы пока не актуально, хотя ясно, что уже строящиеся сейчас реакторы в течение срока службы (60 лет) столкнутся с дефицитом доступного урана-235, который необходим и для получения энергии в существующих реакторах и для наращивания нейтронного потенциала увеличивающейся в масштабах системы ядерной энергетики.

Стимулом к внедрению тория в легководное направление может также стать необходимость снижения наработки минорных актиноидов (Np, Am, Cm) при использовании (утилизации) плутония, а также улучшение эксплуатационных свойств топлива при введении тория (увеличение температуры плавления и теплопроводности, снижение выхода газа под оболочку и термического расширения, снижение остаточного тепловыделения). Для более эффективного использования тория вполне возможно придется несколько изменить водно-топливное отношение, снизить диаметр твэлов и модифицировать систему управления и защиты, что уже рассматривалось и для уран-плутониевого смешанного топлива существующих легководных реакторов.

Вовлечение тория в ядерный топливный цикл в связи с масштабностью и сложностью задачи потребует реализации нескольких этапов:

1-й — 2015–2017 гг.: разработка и обоснование технологических основ вовлечения тория в ядерную энергетику в целях инновационного развития топливно-энергетического комплекса России;

2-й — 2018–2025 гг.: научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по обоснованию технологических и проектных решений вовлечения тория в ядерную энергетику, технико-экономические обоснования;

3-й — 2026–2035 гг.: опытно-конструкторские работы по технологическим и проектным решениям вовлечения тория в ядерную энергетику, изготовление головных образцов, лицензирование;

4-й — 2036–2050 гг.: промышленное производство ториевого топлива и перевод работы ядерной энергетики на уран-ториевый топливный цикл.

Для нашей страны временные этапы внедрения тория в ядерной энергетике по степени обоснованности и оправданности интереса, по областям использования тория и по времени, в котором может появиться реальный интерес и реальный прогресс, можно ранжировать следующим образом:

В ближайшие 15–20 лет — использование тория в существующих ВВЭР и БН для улучшения их эксплуатационных характеристик и безопасности их работы, практически без изменения их конструкции (добавление тория для улучшения теплопроводности, увеличения температуры плавления, снижения температурного расширения топлива, уменьшения выделения газа под оболочку). Это позволит накопить технологические знания и практический эксплуатационный опыт для работы с торием на следующих этапах, и принципиально расширить возможности работы легководных реакторов в плане соответствия требованиям развивающейся системы ЯЭ (создание реакторов Супер-ВВЭР).

В среднесрочной перспективе (2030–2050 гг.) — оптимизация конструкции и режимов работы твэлов, тепловыделяющих сборок активной зоны существующих реакторов с учетом возможности использования тория и урана-233 для улучшения безопасности и экономичности АЭС, снижения скорости наработки трансурановых нуклидов в системе ЯЭ. При этом следует анализировать всевозможные топливные циклы, типы топлива, различные типы ЯЭУ, причем в различных комбинациях. Доведение технологических заделов по переработке облученного топлива, содержащего торий и уран-233, до промышленных масштабов продемонстрирует дальнейшие эффективные пути решения многих проблем ЯТЦ (минимиза-

ция количества минорных актинидов, увеличение нейтронного потенциала системы ЯЭ, возможности расширения использования высокотемпературных и жидкотопливных реакторов, облегчение путей решения проблемы окончательного захоронения долгоживущих РАО). Ограничивающим фактором на этом этапе будет недостаточное количество плутония для одновременного разворачивания программы ввода реакторов на быстрых нейтронах и введения тория в систему ЯЭ. Решить эту проблему предстоит на следующем этапе.

В долгосрочной перспективе (за 2050 годом) — исследование и создание способов наработки урана-233 как в критических, так и в подкритических реакторах, с использованием термоядерных и электроядерных источников нейтронов в жидкотопливных системах; развертывание полномасштабного вовлечения тория в ЯТЦ как для реакторов на тепловых нейтронах, так и в реакторах на быстрых нейтронах с ториевыми зонами воспроизводства.

Проведенные исследования свидетельствуют о принципиальной возможности внедрения смешанного топливного торий-уран-плутониевого цикла, который позволит, во-первых, оптимизировать нейтронный потенциал и баланс плутония в системе ЯЭ; во-вторых, улучшить эксплуатационные характеристики легководных реакторов ВВЭР, повысить уровень их безопасности; в-третьих, своевременно внедрить необходимую для устойчивого развития системы ЯЭ долю быстрых реакторов для более эффективного перевода плутония из ОЯТ реакторов на тепловых нейтронах в уран-233, который более эффективно, чем плутоний может использоваться в реакторах на тепловых нейтронах; в-четвертых, наработка плутония, так же как и наработка минорных актинидов в системе будет принципиально снижена, что позволит облегчить решение задачи затруднения несанкционированного использования плутония и окончательного удаления избыточного количества МА из среды обитания.

Замыкание топливного цикла ядерной энергетики предполагает решение двух главных задач, определяющих успешное развитие отрасли. Первая — это обращение с ОЯТ и РАО, при котором из облученного топлива будут практически полностью удалены все радиоактивные изотопы, надежно изолированы и на очень длительное время захоронены в геологических формациях, пригодных для этих целей. Вторая задача — долгосрочное топливообеспечение ядерной энергетики. Следует организовать топливный цикл таким образом, чтобы вновь накопленных в ОЯТ делящихся изотопов было достаточно для создания новых топливных загрузок. Физика системы ядерных реакторов на быстрых и тепловых нейтронах допускает такую возможность. Количество вновь наработанных делящихся изотопов в системе быстрых и тепловых реакторов может быть достаточно, чтобы в перспективе практически полностью отказаться от добычи природного урана.

Для этого необходимо продолжить поиск путей модернизации проектируемых и строящихся в настоящее время реакторов ВВЭР для конкурентоспособной работы в структуре атомной энергетики будущего в условиях исчерпания запасов дешевого природного урана и перехода к замкнутому ядерному топливному циклу с использованием смешанного таблеточного МОКС- и РЕМИКС- топлива (REgenerated MIXture of U-Pu oxides), а затем и торий-уранового топлива для работы в замкнутом топливном цикле. Использование продуктов переработки ОЯТ в замкнутом топливном цикле ведет к экономии природного урана. Разработан проект ВВЭР-ТОИ мощностью 1250 МВт(э), продолжающий линию развития концепции реакторов ВВЭР. Госкорпорация «Росатом» определилась с его первоначальной реализацией (АЭС «Аккую» и Курская АЭС-2). В перспективе предполагается загрузка активной зоны ВВЭР-ТОИ МОКС- и РЕМИКС-топливом.

Существует возможность использовать в качестве варианта замыкания топливного цикла тепловых реакторов топливо на основе уран-плутониевого регенерата (неразделенной смеси изотопов урана и плутония), выделенного из отработавшего топлива этих реакторов, очищенного от других актиноидов и продуктов деления и смешанного с обогащенным не более 20% природным ураном. Такое топливо получило название РЕМИКС-топливо. Влияющие на безопасность работы ВВЭР-1000 нейтронно-физические характеристики активной зоны

со 100%-ной загрузкой традиционным урановым и регенерированным уран-плутониевым РЕМИКС-топливом в случае многократного рециклирования практически не отличаются, так как массовая доля плутония в регенерированном свежем топливе составляет примерно 1–2 %.

При многократном рециклировании РЕМИКС-топлива заметной деградации изотопного состава плутония не происходит (изотопный состав плутония изменяется слабо при переходе от рецикла к рециклу). Применение РЕМИКС-топлива в РУ ВВЭР позволяет сократить объемы ОЯТ. Помимо этого, совместное выделение урана и плутония из ОЯТ исключает необходимость выделения плутония в чистом виде при переработке отработавшего топлива. Это снижает риск несанкционированного распространения плутония. Наряду с МОКС-топливом, РЕМИКС-топливо может быть использовано в парке действующих и перспективных реакторов ВВЭР большой мощности при условии некоторой модернизации радиационной защиты тракта свежего топлива, как у нас, так и за рубежом. При этом экономится до 30 % природного урана.

Помимо уже довольно общепринятых, можно предложить такие технологии: жидкосолевые реакторы, бланкеты термоядерных источников нейтронов и т. п., но это требует времени и ресурсов для НИР. При этом одной из основных задач отрасли является решение проблемы управления нуклидными потоками внутри системы ядерной энергетики при поддержании необходимого темпа роста ее нейтронного потенциала.

Оценивая сложности развития атомной энергетики на основе реакции деления, связанные с необходимостью обеспечения высоких темпов наработки нового топлива, важно рассмотреть использование термоядерной реакции для расширенного воспроизводства топлива для атомной энергетики на этапе высоких темпов ее развития. Достигнутые за последнее время успехи и имеющийся опыт разработки и создания термоядерных реакторов, в частности ИТЭР, позволяют в качестве масштабного источника нейтронов в ториевом топливном цикле рассматривать гибридные термоядерные установки с ториевым жидкотопливным бланкетом.

Проблемы оптимизации структуры ядерной энергетики страны

Основной проблемой, сдерживающей поиск актуальных решений в плане развития ЯЭ как системы является то, что это требует серьезного научного подхода, развития методов моделирования нелинейных открытых систем с неопределенными условиями долговременного развития и принципиальной невозможностью определить не только уже существующие потенциалы, но и исходные данные, необходимые для решения задач прогнозирования в традиционных постановках.

Кроме принципиальных сложностей этического, аксиологического, теоретического, философского планов, это, в частности, связано с тем, что в современных условиях в области ЯЭ нет возможности выполнять серьезные исследования вне рамок конкретных проектных разработок. Это приводит к тому, что появление довольно спекулятивных не проверенных на уровне НИР идей или просто мнений, позволяет получить средства на проекты, у которых просто нет приемлемых перспектив уже в рамках тех довольно несложных моделей, которые используются специалистами для оценки потенциалов устойчивого развития в рамках международных проектов, но которые еще не стали по разным причинам (наука в настоящее время в основном построена по цеховому принципу для облегчения решения проблем выживания) рутинным инструментом для выработки стратегических подходов. Это выливается в то, что в области ЯЭ в реальности строятся проекты не совсем инновационные, но с проверенной на практике элементной базой. В области БР строительство, проектирование и НИОКР ведутся одновременно и при этом НИОКР имеет подчиненное положение и часто НИР заканчивается или продолжается даже после пуска объектов.

В результате следует констатировать тот факт, что последние десятилетия работы по конкретным техническим проектам не только не привели к созданию чего-либо действительно

перспективного в плане создания целостной системы ЯЭ, отвечающей принципам устойчивого развития и решения проблем энергетической безопасности, но даже не привели хотя бы к демонстрации востребованности проектов кем-либо, кроме их создателей.

Конструкторы и проектанты ядерных энергетических установок по своей сути должны быть консервативны. Они не обязаны обладать необходимыми компетенциями для принятия решений в области организации ядерного топливного цикла, который, по сути является системообразующим для развития всей ЯЭ. Тип топлива, глубина его выгорания, требования к его охлаждению после облучения, проблемы транспортировки, возможности разделения нуклидов, дальнейшего использования или помещения в конечные состояния, определяются возможностями технологий и предприятий ЯТЦ. А специалисты по обращению с ОЯТ и РАО в ядерном топливном цикле не готовы принимать решения, отвечающие уровню создания ЯТЦ как базовой фундаментальной основы инновационной системы ЯЭ, отвечающей требованиям устойчивого развития и решения проблем энергетической безопасности.

При переходе от непосредственного использования делящихся нуклидов «со склада» (уран-235, уран-233, плутоний) к этапу получения энергии из урана-238 и тория-232 практически невозможно гарантировать на входе в реакторы стабильный состав топлива. Основной задачей становится решение проблемы управления нуклидными потоками внутри системы ЯЭ при поддержании необходимого темпа роста ее нейтронного потенциала. Решение этой задачи позволит обеспечить необходимый запас делящихся нуклидов на складах в условиях, когда невозможно произвольно управлять им с помощью наращивания добычи урана, тратя на получение каждого ядра принципиально меньше 1 МэВ (работа экскаватора, химические процессы кондиционирования, обогащение, удаление отходов горного производства). При этом для увеличения количества делящихся нуклидов в развивающейся энергетике даже при энергетических установках, способных обеспечивать себя топливом за счет работы в режиме расширенного воспроизводства, на получение каждого дополнительного ядра, необходимого для наращивания мощности ЯЭ необходимо тратить от 500 МэВ (очень хороший бридер с избыточной наработкой примерно 300 кг плутония в год на 1 ГВт) до 1500 МэВ (реактор типа БН-1200 с наработкой примерно 100 кг плутония в год на 1 ГВт). Эффективно использовать эти нуклиды можно только в качестве своего рода инвестиционного ресурса в системе, способной эффективно переводить сырьевые нуклиды в делящиеся. После замыкания ЯТЦ запасы плутония на складах могут быстро иссякнуть при невнимательном отношении разработчиков как тепловых, так и быстрых реакторов к требованиям со стороны развивающейся системы ЯЭ.

Как и в экономике, где можно представить, что может быть плохая экономика при хорошей энергетике и богатой ресурсной базе, но не может быть хорошей экономики при плохой энергетике и недостаточной ресурсной базе, так и в ЯЭ при хорошей нейтронной физике и хорошем нейтронном балансе можно представить плохую ЯЭ, но при плохом нейтронном балансе и при плохой ресурсной обеспеченности невозможно представить хорошую ЯЭ даже при ее нулевой стоимости и абсолютной безопасности.

Качество современной ЯЭ тесно связано с успехами реакторной нейтронной физики. Дальнейшее развитие ЯЭ как системы связано с необходимостью развития нейтронной физики применительно ко всему ядерному топливному циклу. Основная проблема при этом сводится к необходимости увеличения скорости превращения урана-238 и тория-232 в делящиеся нуклиды, расчету нуклидных потоков между различными энергетическими установками и предприятиями ЯТЦ, оценке возможности поддержания нейтронного потенциала на требуемых временных интервалах.

Даже поддержание нейтронного баланса в системе ЯЭ принципиально усложняется за счет того, что из образовавшихся в результате деления ядра нейтронов как минимум один нейтрон необходимо тратить на воспроизводство делящегося нуклида (помимо нейтрона, расходуемого на поддержание цепной реакции, нейтронов на поглощение без деления в

делящихся нуклидах, и потери нейтронов в продуктах деления, конструкционных материалах, теплоносителях, элементах управления и защиты).

Можно констатировать, что необходимо более серьезно подходить к разработке согласованных технических заданий на реакторные установки, энергоблоки, технологий ЯТЦ на основе постоянно совершенствуемых методологий и методик развития системы ЯЭ. В качестве инструмента следует рассматривать подходы, принятые на площадках ИНПРО (международный проект по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам) и Генерации-4, участники которых приняли решение о том, что требования к реакторам должны формулироваться исходя из возможностей ядерного топливного цикла на основе методологии ИНПРО.

Выводы

Своевременное начало использования ториевого топлива в ядерном топливном цикле имеет значительный положительный потенциал. Он обусловлен физическими свойствами ториевой керамики и значительными запасами тория в природе. Не менее важным аргументом для применения тория является меньшее количество трансурановых нуклидов в облученном ториевом топливе по сравнению с облученным урановым топливом, что облегчает решение проблем завершающей стадии ядерного топливного цикла, связанных с долгоживущей радиоактивностью минорных актинидов. Однако при одинаковой энерговыработке, ядра дочерних продуктов тория-232 и урана-233 (типа протактиния-231 и тория-229 соответственно) обладают большей радиотоксичностью, чем нуклиды накопленные в облученном урановом топливе в период времени между 20 000 и 1 000 000 лет после производства энергии. С точки зрения минимизации радиотоксичности и поддержания нейтронного потенциала в будущей системе ядерной энергетики наиболее привлекательным является комбинированный ядерный топливный цикл с вовлечением накопленного плутония, запасов урана и тория. При этом торий целесообразно размещать в воспроизводящих экранах реакторов на быстрых нейтронах.

Индустриальной инфраструктуры и необходимого объема исследований для проектирования и лицензирования ториевого топлива, чтобы иметь возможность в ближайшей перспективе внедрить ториевое топливо в действующие реакторы не существует. Однако, развитию технологии ториевого топлива непреодолимых технических препятствий не будет, поскольку прошлые усилия по демонстрации этой технологии для энергетического реактора крупного масштаба были успешны. Переработка и изготовление регенерированного ториевого топлива для повторного использования также требует существенного объема научных исследований.

Первое применение тория возможно в виде матрицы для утилизации плутония в странах, накопивших избыточный плутоний. Здесь, когда технология плутоний-ториевого топлива будет осуществлена на индустриальном уровне, меньшее накопление трансурановых нуклидов, чем в смешанном уран-плутониевом топливе, позволило бы минимизировать количество накопленного плутония. При наличии производства по переработке плутоний-ториевого облученного топлива может быть организовано преобразование уран-плутониевого топливного цикла в уран-ториевый топливный цикл. Для обоснования и реализации данной возможности необходима специальная программа научных исследований и развитие соответствующей инфраструктуры, прежде чем коммерческое использование тория станет реальным процессом.

В этом отношении, однократное использование топлива на основе тория в легководных энергетических реакторах не решает кардинально проблему экономии природного урана, по сравнению с многократным рециклированием ториевого и уранового топлива в замкнутом ядерном топливном цикле.

Использование топлива на основе тория в замкнутом топливном цикле наиболее эффективно для структуры атомной энергетики из тепловых и быстрых реакторов. Однако ком-

мерческая привлекательность такого использования тория зависит от цены природного урана, стоимости переработки облученного ториевого топлива и изготовления регенерированного топлива из урана-233 и плутония. Необходимо определить инвестиции и эксплуатационные расходы на переработку и рефабрикацию облученного топлива и затраты, связанные с заключительной стадией ядерного топливного цикла. Обоснование технической осуществимости и экономические системные исследования необходимы, чтобы разработать коммерчески жизнеспособную стратегию вовлечения ториевого топлива в ядерный топливный цикл.

Целесообразно рассмотреть использование тория в реакторах на расплавах солей, которые могут использоваться в долгосрочной перспективе, после того, когда они докажут достаточную техническую и коммерческую жизнеспособность. Эта перспектива явилась одним из оснований для включения жидкосолевых реакторов для изучения в шесть выбранных перспективных реакторных направлений в международном проекте Поколение-4 (GIF).

Все перечисленные выше возможности применения тория как ядерного топлива должны доказать коммерческую жизнеспособность. Это не ограничивается обоснованием производства топлива на основе тория на индустриальном уровне, необходима также и отработка технологий переработки и рефабрикации облученного ториевого топлива на основе урана-233 с соответствующей радиационной защитой и решением проблем нераспространения.

Значительный объем научных и технологических исследований, и соответствующий период времени требуются для вовлечения тория в ядерный топливный цикл. Исследования включают определение обратных связей в активной зоне с ториевым топливом на основе урана-233. Все необходимые для лицензирования требования должны быть выполнены. Должен быть создан базис для коммерческого использования ториевого топлива в замкнутом топливном цикле.

Задачи количественного определения потенциальных достоинств использования тория в системе атомной энергетики с быстрыми реакторами и обоснование наилучших сценариев вовлечения тория в ядерный топливный цикл, заслуживают внимания быть рассмотренными в рамках международных проектов ИНПРО, Поколение-4 (GIF) и Международных центров ядерного топливного цикла (МЦЯТЦ).

Ядерная энергетика, которая сейчас создана, в силу отсутствия необходимой научно-технической зрелости и недостаточного предвидения последствий, обусловленного естественным недостатком опыта на первоначальных этапах развития, а также в силу экономической, мировоззренческой и социальной неготовности общества, не продемонстрировала всех тех преимуществ и потенциальных возможностей, которые ей присущи. В настоящее время ядерная энергетика оказалась заложницей прошлых гигантских государственных вложений в урановый и уран-плутониевый топливные циклы. Они позволили ей довольно быстро появиться в сегодняшнем виде, но они создали структуру, которая практически не может развиваться дальше в условиях конкурентных рыночных отношений, не допускающих гигантских долговременных вложений денег и ресурсов. Современная структура ядерной энергетики сдерживает возникновение новых структур, поскольку отвлекает на самосохранение и масштабирование ранее сделанного основные ресурсы, поэтому на создание нового их практически не остается.

При расстановке приоритетов в НИОКР можно вполне руководствоваться высказыванием Г. Бете (лауреата Нобелевской премии по физике 1967 г.), что в качестве первого приоритета следует рассматривать замыкание топливного цикла (без чего невозможны ни бридинг, ни трансмутация, ни ториевый топливный цикл), а в качестве второго приоритета — привлечение тория в ядерную энергетику, на первых порах, хотя бы, в качестве топлива для действующих реакторов.

В НИЦ «Курчатовский институт» был выполнен существенный объем расчетно-экспериментальных исследований по отработке стержневых ТВЭЛов с уран-ториевым топливом для

легководных энергетических реакторов, микротоплива для высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов, расплавов ториевых фторидных солей для ЖСР и blankets гибридных систем. Данные исследования могут быть продолжены на критических сборках «П» и АСТРА и исследовательском реакторе ИР-8 в НИЦ КИ, а также на реакторе ВК-50 в ОАО «ГНЦ НИИАР». С помощью внедрения ториевого топлива можно существенно расширить кампанию перспективных реакторов ВК-100, ВТГР-100, НИКА-330, ВТРС-50, которые целесообразно рассмотреть, например, для выбора автономного источника энергообеспечения г. Севастополя.

Освоение тория не предполагает замещения урановой атомной энергетики на ториевую по всему комплексу аспектов, изложенных в требованиях пользователей ИНПРО к будущей крупномасштабной атомной энергетике, но требует корректировки программы НИОКР в обеспечение развития атомной энергетики. Целесообразно включение НИР и ОКР по комбинированному ядерному топливному циклу с вовлечением накопленного плутония, запасов урана и тория, по инновационным композитным и аморфизированным реакторным материалам, по ВК, ВТГР и жидкосольевым реакторам в Программу приоритетных работ в рамках новой технологической платформы.

ГРАЖДАНСКИЕ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИЕ ВОЙНЫ

Д.Б. Изюмов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, izyumov@extech.ru

Е.Л. Кондратюк, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, kel@extech.ru

В статье рассмотрена концепция «гражданских сетецентрических войн», их цель и принципы ведения, основные черты и этапы проведения таких войн. Представлены взаимосвязи основных элементов и сред, порождающих «гражданские сетецентрические войны». Приведены результаты анализа терминологии «гражданской сетецентрической войны».

Ключевые слова: информация, сетецентрическая война, гражданская сетецентрическая война, концепция, информационно-коммуникационные сети, сетевая война, взаимосвязь информационной, когнитивно-социальной и физической сред сети.

CIVILIAN NETWORK-CENTRIC WARFARE

D.B. Izyumov, Head of Department, SRI FRCEC, izyumov@extech.ru

E.L. Kondratyuk, Senior Researcher, SRI FRCEC, kel@extech.ru

The article discusses the concept of «civil network-centric warfare», the aim and principles of management, basic features and stages of these wars. It presents the relationship of the main elements and environments, generating a «civic network-centric warfare». The article presents the results of the analysis of terminology, «civilian-centric warfare».

Keywords: information, network-centric warfare, network-centric civil war, the concept of information and communication network, the network war, the relationship of informational, cognitive, social and physical environments network.

В настоящее время существующее и довольно распространенное понятие «сетецентрическая война» — война, в которой увеличение боевой мощи группировки войск (сил) достигается за счет создания информационно-коммуникативной сети, связывающей источники информации (разведки), органы управления и средства поражения (подавления) — неразрывно связано с сетецентричными боевыми действиями (Network-Centric Warfare) и относится к сугубо военной терминологии [1]. В данном контексте сетецентризм способствует доведению до участников боевых операций достоверной и полной информации об обстановке практически в реальном масштабе времени.

Однако, помимо понятия «горячей» сетецентрической войны, связанной с организацией и проведением боевых действий, сетецентрические действия можно проводить и в рамках сугубо гражданских отношений, имеющих все признаки подобной войны, за исключением признаков среды и условий, в которой она проводится.

«Сетецентрическая война» в контексте невоенных взаимоотношений представляет собой мероприятия, проводимые в интересах повышения конкурентоспособности, обеспечения информационного превосходства различных организаций и институтов и объединения в единую сеть субъектов гражданских правоотношений, связанных общей целью.

В общем случае, сеть представляет собой не только объединенные в единый информационный комплекс компьютеры, но и информационно-технические «гражданские» сети, характеризующиеся устойчивостью и развитием сетевой архитектуры.

Анализ показывает, что к настоящему времени сетевые идеи были уверенно и успешно применены в широком спектре ряда практических вопросов. Например, при разработке

надежных масштабируемых сетей, объединяющих проводную и беспроводную связь, при анализе метаболических и генетических регуляторных сетей, в целях развития стратегии вакцинации в борьбе с болезнями, и других прикладных проблем. Однако при осуществлении государственного или корпоративного управления подобные идеи осознано и масштабно не применялись.

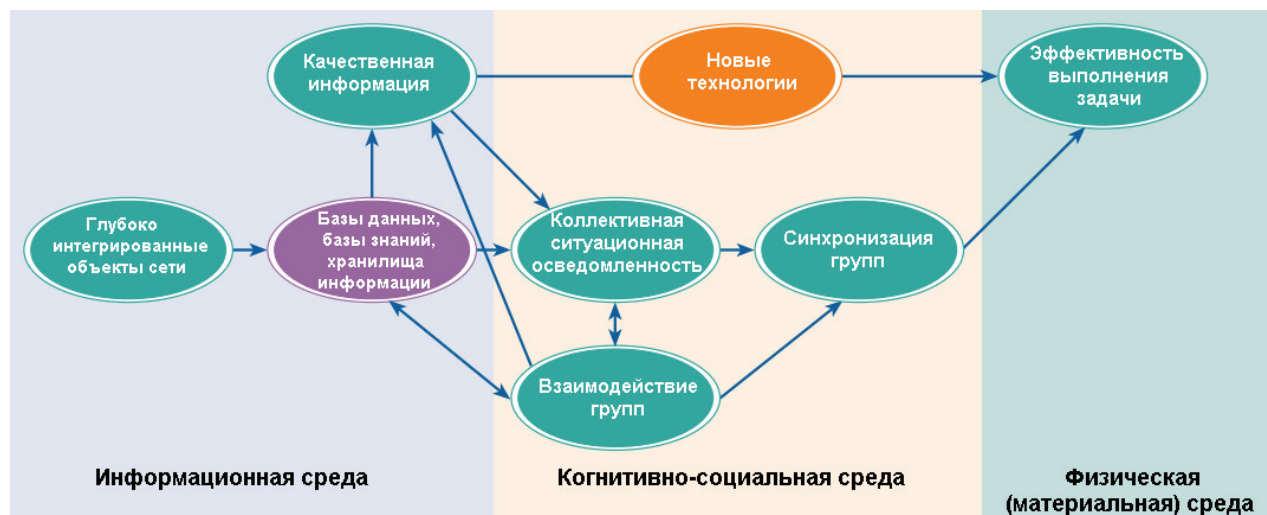


Рис. 1. Взаимосвязи основных элементов в рамках концепции «гражданских сетевых войн»

Ввиду изложенного, концепция «гражданских сетевых войн» предполагает взаимодействие цифровых сетей с целью обеспечения и вертикальной, и горизонтальной интеграции (экономической, торговой, научной, производственной и пр.) всех участников такой войны. Концепция основывается на информационном превосходстве или же приоритете информационно-когнитивной сферы деятельности организации (групп организаций) над физической средой функционирования конкурирующих групп (рис. 1).

Проведение «гражданской сетевой войны» подразумевает обязательное наличие трех составляющих: информационно-телекоммуникационной, социально-когнитивной и материально-физической (рис. 2).

Информационно-телекоммуникационная составляющая предполагает наличие совокупности подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных больших объемов и многообразных по своему содержанию, в условиях их непрерывного прироста, распределения по многочисленным узлам сетей, альтернативных традиционным системам управления базами данных и решениям уровня «конкурентной разведки» (Business Intelligence).

Материально-физическая составляющая представлена вычислительной сетью физических предметов, оснащенных встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, предполагающая организацию сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы. Зачастую материально-физическая составляющая «гражданской сетевой войны» исключает из части процессов необходимость вовлечения человека.

В свою очередь, *когнитивно-социальная составляющая* связана с процессами познания моделей поведения, психологии, нейрофизиологии, когнитивной лингвистики и основными постулатами теории искусственного интеллекта.

При детальном анализе рис. 2, авторами которого являются военные специалисты США, можно видеть возникновение промежуточных сфер.

Информационно-когнитивная сфера деятельности участников «гражданских сетевых войн» включает информационную (базы данных, базы знаний, хранилища информации, качественно обработанную и проанализированную информацию) и когнитивно-социальную среды (непосредственно взаимодействующие группы контрагентов). Заинтересованные в подобных сетях контрагенты нацелены на повышение коллективной ситуационной осведомленности, тесном взаимодействии и самосинхронизации. Последнее предполагает единую терминологию, достижение единого (общего, одинакового) понимания внешних и внутренних факторов в любой момент времени и обеспечение рационального, синергетического взаимодействия в своей сфере деятельности.



Рис. 1. Взаимосвязи основных элементов в рамках концепции «гражданских сетевых войн»

Результатом взаимодействия информационной и физической сфер является координация действий внутри сети в соответствии с поступающими информационными «сигналами», что вызывает оперативную реакцию системы (побуждает к конкретным, материализованным действиям).

Взаимосвязь когнитивной и физической сфер подразумевает планирование и организацию деятельности, всестороннее обеспечение и поддержку элементов сети, конечной целью

которой является максимально эффективное оперативное управление. Данная деятельность во взаимосвязи с информационно-когнитивной и информационно-физическими сферами внутри сети позволяет привести все механизмы системы «гражданской сетевцентрической войны» в действие. Отсутствие любого из этих элементов приводит к дисбалансу и будет представлять собой обычную информационную войну, рекламу, процесс оперативного управления организацией или что-либо иное.

Таким образом, концепция «гражданских сетевцентрических войн» предусматривает увеличение потенциала организации или гражданского института за счет образования информационно-коммутиционной сети, объединяющей всевозможные источники информации (в том числе информацию, получаемую средствами технической, экономической и иных видов разведки), органы управления и принятия решений (мозговые центры и пр.) и средства подавления конкурентов, а также обеспечивающих доведение до участников сети достоверной и полной информации об обстановке в режиме, максимально приближенному к реальному времени.

Осуществление данного процесса предполагает объединение различных субъектов (организаций, НИИ, производств, некоммерческих организаций и пр.), функционирующих в определенных сферах и областях деятельности, в единые концерны, корпорации, кластеры и платформы в целях:

- повышения своих конкурентных преимуществ;
- рентабельности производственной или иной деятельности организаций, вовлеченных в такие «войны»;
- промышленного, коммерческого, научного, кадрового и иного шпионажа;
- активизации усилий в области создания перспективных технологий, новой продукции и/или оказании качественно новых услуг;
- объединения дополнительных ресурсов для проведения научных исследований и разработок;
- организации эффективного взаимодействия всех заинтересованных сторон.

В определенной степени, примером может послужить объединение организаций в технологические платформы – коммуникационные площадки для взаимодействия бизнеса, науки, потребителей и государства по вопросам модернизации и научно-технического развития по определенным технологическим направлениям.

Другим примером организации сетей «гражданских сетевцентрических войн» могут служить создаваемые в настоящее время в Пентагоне межфункциональные группы («Cross-functional teams» – CFTs) [2]. Данные группы создаются с целью оптимизации системы принятия решений, выработки эффективного и молниеносного решения возникшей проблемы, в интересах создания временного запаса и обеспечения доминирующих позиций в любом возникающем кризисе. Данная концепция уже широко применяется бизнесом и гражданскими органами управления США.

Организации, объединенные в рассматриваемые сети, обладают значительными преимуществами благодаря единым базам данных, единому электронному документообороту, высокой скорости передачи и объема обмениваемой между собой информации (например, раскрытие своим партнерам коммерческой тайны, передача прав интеллектуальной собственности и др.). В конечном итоге, «гражданские сетевцентрические войны» направлены на завоевание монополистических позиций групп/объединений организаций в определенных областях и сферах деятельности.

Концепция «гражданских сетевцентрических войн» предполагает проведение интеллектуальных разработок и мозговых штурмов, экспериментов и моделирования, направленных на дальнейшее совершенствование в информационно-телекоммуникационном пространстве с применением информационно-коммуникационных технологий.

Таким образом, *принципами ведения* «гражданских сетецентрических войн» являются:

- возможность качественно нового порядка и уровня обмена профильной информацией между организациями, объединенными высоко надежными защищенными сетями;
- организация обмена информацией в целях повышения ее качества и уровня общей информированности организаций о происходящем;
- высокоэффективное взаимодействие и сотрудничество организаций, объединенных в такую сеть.

Концепция предполагает перевод преимуществ, присущих отдельным инфокоммуникационным технологиям, в конкурентное преимущество за счет объединения в устойчивую сеть географически рассредоточенных и информационно обеспеченных сил. Такая сеть, соединенная с новыми технологиями и новым уровнем организации процессов и взаимодействия людей, предполагает новые формы и принципы организации.

Основные черты «гражданской сетецентрической войны»:

- широкая возможность использования географически распределенных субъектов. Ранее из-за различного рода ограничений предусматривалось расположение всех элементов системы в непосредственной близости к друг к другу. Концепция «гражданской сетецентрической войны» снимает эти ограничения;
- «гражданскую сетецентрическую войну» способны вести только высокоинтеллектуальные, технологически оснащенные и развитые субъекты. При задействовании знаний, полученных из всевозможных источников и расширенном понимании обстановки, они способны к большей эффективности, чем отдельная организация, осуществляющая автономные, сравнительно разрозненные действия;
- наличие эффективных высокозащищенных и надежных коммуникаций между субъектами. Это дает возможность географически распределенным субъектам проводить совместные действия, а также динамически распределять весь объем ответственности, наиболее эффективно адаптируясь к любой ситуации. Этому способствует постоянно растущая пропускная способность каналов связи для передачи информации.

Основные фазы (этапы) ведения «гражданской сетецентрической войны»:

- достижение информационного превосходства посредством дестабилизации, дезорганизации, опережающего подавления конкурента, его системы информационного обеспечения, а зачастую и проведение мероприятий по дискредитации конкурентов (завоевания господства в киберпространстве, СМИ и формирование негативного облика конкурента в массовом сознании);
- потеря конкурентом деловой репутации, финансирования, имеющихся контактов и пр. (промежуточная фаза «уничтожения» конкурента);
- уход конкурента с рынка, его банкротство и пр. (окончательное «уничтожение» конкурента).

Успешное осуществление каждой из фаз основывается на значительно меньшей продолжительности временных затрат, чем в рамках ведения честной конкурентной борьбы, подразумевающей создание инновационного (лучшего) продукта и, как следствие, ведет к существенному снижению затрат материальных и человеческих ресурсов.

Таким образом, целью статьи было выявление основных признаков концепции «гражданских сетецентрических войн» для дальнейшего обнаружения и анализа недобросовестных действий конкурентов или, наоборот, применения данной схемы в интересах развития российских элит, бизнеса и представителей науки и производства на мировой арене, с точки зрения завоевания ими доминирующих и лидирующих позиций в своих сферах деятельности.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.39.2016/НМ.

Список литературы

1. Office of Force Transformation. The Implementation of Network-Centric Warfare. January, 2005.
2. Lamb C.J. (2016) Cross-Functional Teams in Defense Reform: Help or Hindrance? STRATEGIC FORUM. National Defense University. August, 2016. Available at: <http://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/stratforum/SF-298.pdf?ver=2016-08-30-123820-727>.

References

1. Office of Force Transformation. The Implementation of Network-Centric Warfare. January, 2005.
2. Lamb C.J. (2016) Cross-Functional Teams in Defense Reform: Help or Hindrance? STRATEGIC FORUM. National Defense University. August, 2016. Available at: <http://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/stratforum/SF-298.pdf?ver=2016-08-30-123820-727>.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ТЕХНИКИ

И.И. Рябцев, зав. лаб. Института физики полупроводников СО РАН, д-р физ.-мат. наук

С.П. Юркевичус, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доц.,
jursp@extech.ru

Изложены научно-технические проблемы и перспективы создания квантовых компьютеров. Проведен краткий анализ состояния научных исследований в этой области за рубежом.

Ключевые слова: квантовый компьютер, кубит, квантовые операции, технологии квантовой обработки информации.

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF CREATION OF QUANTUM COMPUTERS TO PROMISING MODELS OF EQUIPMENT

I.I. Ryabtsev, Head of Laboratory, Institute of Semiconductor Physics SB RAS,
Ph.D. of Physics and Mathematics

S.P. Jurkiewichus, Leading Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, Associate
Professor, *jursp@extech.ru*

The article presents scientific and technological problems and prospects of creation of quantum computers and gives the short analysis of the state of research in this area abroad.

Keywords: quantum computer, qubit, quantum operations, technology quantum information processing.

Введение

Интерес к квантовым компьютерам обусловлен как видимыми в недалеком будущем пределами возможностей современных компьютеров, так и совершенно иными принципами работы, основанными на быстрой параллельной обработке информации [1]. В общем случае, под квантовым компьютером понимается вычислительная система, в основе работы которой лежат законы квантовой механики [2]. Благодаря дискретности состояний, квантовые объекты (молекулы, атомы, электроны и т.д.) могут представлять отдельные биты информации или логические элементы. Например, если квантовый объект способен находиться в двух стационарных состояниях, то их можно принять за логические $|0\rangle$ и $|1\rangle$. Такой объект называется кубитом (quantum+bit=qubit), или квантовым битом информации. В отличие от обычного бита, кубит может находиться в суперпозиции квантовых состояний $a|0\rangle+b|1\rangle$. Квантовая система из N кубитов (например, ансамбль двухуровневых атомов) представляет собой квантовый регистр. Число базисных состояний регистра равно 2^N , что является основой для выполнения быстрых алгоритмов параллельных вычислений, поскольку изменение состояния одного или нескольких кубитов будет изменять сразу все состояния квантового регистра. При вычислениях на классическом компьютере элементарная логическая операция над такой суперпозицией потребовала бы 2^N шагов. Возникающий таким образом квантовый параллелизм является главным практическим преимуществом квантового компьютера.

Анализ состояния научных исследований и степени их реализации

До настоящего времени наилучший путь практической реализации квантового компьютера остается неизвестным. Разработка реального квантового компьютера требует последовательного решения ряда сложных научных и технических задач. На первом этапе необходимо выбрать наиболее подходящие квантовые объекты в качестве кубитов. Они должны удовлетворять ряду критериев, сформулированным в работах ДиВинченцо [3]: 1) возможность инициализации кубитов (задание начальных состояний); 2) возможность индивидуальной адресации и управления состоянием отдельных кубитов; 3) достаточно большие времена сохранения когерентности квантовых состояний; 4) возможность масштабирования к большому числу кубитов (для полноценного квантового компьютера необходимо 500–1000 кубитов); 5) возможность выполнения набора универсальных одно- и двухкубитовых квантовых операций.

Поскольку эти требования весьма противоречивы, следует параллельно выполнять исследования с различными вариантами физической реализации кубитов: одиночными ионами, нейтральными атомами, квантовыми точками и примесными атомами в полупроводниках, точечными дефектами в алмазе, сверхпроводниковыми джозефсоновскими контактами и т.д. Как правило, каждый из этих кубитов хорошо удовлетворяет одним критериям и не удовлетворяет другим. Например одиночные ионы в радиочастотных ловушках позволяют выполнять одно- и многокубитовые операции с высокой точностью, однако не позволяют создать квантовый регистр с достаточно большим числом кубитов (более 20–30). Квантовые точки и точечные дефекты хорошо масштабируются, но имеют короткие времена когерентности (менее 10 нс). Сверхпроводниковые кубиты требуют охлаждения до сверхнизких температур (менее 50 мК) и также имеют проблему масштабирования.

Ранее в многочисленных теоретических и экспериментальных работах рассматривались различные варианты кубитов. Предлагалось использовать сложные молекулы [4], одиночные ионы в электростатических ловушках [5], квантовые точки в полупроводниках [6], джозефсоновские контакты в сверхпроводниках [7] и др. Простейшие квантовые вычисления были впервые продемонстрированы на органических молекулах с использованием техники ядерного магнитного резонанса в жидкостях [8]. Однако они, по-видимому, не имеют перспектив практического использования из-за трудности масштабирования к большому числу кубитов и малой скорости выполнения квантовых операций. Подобные проблемы возникают и в экспериментах с одиночными ионами в электростатических ловушках, в которых на сегодняшний день достигнуты наибольшие успехи в реализации простых квантовых алгоритмов [9]. В то же время, кубиты в полупроводниках и сверхпроводниках находятся в начальной стадии разработки и испытывают проблемы быстрой декогерентизации, а также отсутствия эффективного контроля и управления их квантовыми состояниями.

Сравнительно недавно появились предложения об использовании в качестве кубитов холодных нейтральных атомов [10], которые могут образовывать большие упорядоченные ансамбли в оптических решетках. Это стало возможным благодаря значительным успехам в области лазерного охлаждения и захвата атомов, достигнутым в последние годы [11], в том числе и получению Бозе-конденсата из газа холодных атомов. Нейтральные атомы слабо взаимодействуют с окружением, а квантовые операции с ними могут выполняться одновременно во всем ансамбле. Холодные атомы в оптических решетках удовлетворяют практически всем критериям ДиВинченцо: они дают возможность инициализации, управления состоянием и положением одиночных кубитов с помощью индивидуальных лазерных импульсов, обладают большими временами сохранения когерентности и возможностью масштабирования к большому числу кубитов в оптических решетках [12].

В случае атомов щелочных металлов двухуровневые кубиты представлены двумя сверхтонкими подуровнями основного S-состояния валентного электрона. Однокубитовая операция NOT реализуется посредством рамановских переходов между этими подуровнями под

действием двухчастотных лазерных импульсов, которые инвертируют состояние кубита [13]. Также может применяться индивидуальная адресация резонансным СВЧ-полем при подстройке частоты сверхтонкого расщепления с помощью светового сдвига уровней в жестко сфокусированном лазерном поле [14]. Двухкубитовые операции выполняются путем их кратковременного лазерного возбуждения в высоколежащие (ридберговские) состояния, которые обладают большими дипольными моментами и обеспечивают сильное диполь-дипольное взаимодействие. В 2010 г. группой из США были впервые экспериментально реализованы двухкубитовые квантовые операции на основе эффекта дипольной блокады при лазерном возбуждении ридберговских состояний [15]. Выполнение логической операции CNOT было продемонстрировано для двух атомов Rb, захваченных в две оптические дипольные ловушки, разнесенные на расстояние 10 мкм. Длительность последовательности лазерных импульсов, необходимых для выполнения логической операции, составила 7 мкс, но полный экспериментальный цикл длился около секунды. В настоящее время этой группой выполняются исследования по увеличению числа дипольных ловушек и повышению точности выполнения квантовых операций. Несколько других научных групп из США и Европы также работают в этом направлении.

Другим перспективным вариантом признаны твердотельные кубиты на основе центров азотных вакансий (NV-центров) в кристаллах алмаза [16]. Их преимуществом является то, что они допускают масштабирование до произвольного числа кубитов, упорядоченных в заданные пространственные структуры. Оптически активные примесные центры в твердых телах обладают существенно более высокой однородностью свойств по сравнению с искусственными квантовыми точками. В частности, отрицательно заряженные NV-центры в алмазе рассматриваются сегодня как наиболее перспективная система для реализации работающего при комнатной температуре квантового компьютера [17]. Структура их энергетических уровней напоминает структуру уровней свободных атомов щелочных металлов — основное состояние содержит два сверхтонких подуровня с интервалом 2,8 ГГц, которые могут служить двумя рабочими уровнями кубита, и, кроме того, из этих подуровней имеется узкий оптический переход на длине волны 637 нм в первое возбужденное состояние, имеющее время жизни около 10 нс. Этот переход может использоваться для индивидуальной адресации кубитов путем жесткой фокусировки резонансного лазерного излучения. Индивидуальная адресация требуется для записи и считывания информации, а также для выполнения квантовых операций над заданными кубитами посредством оптических рамановских переходов через возбужденное состояние в бихроматическом лазерном поле. Двухкубитовые квантовые операции над NV-центрами могут выполняться путем обмена фотонами при кратковременном лазерном возбуждении в долгоживущий верхний энергетический уровень, а также с использованием магнитодипольного взаимодействия между спинами ядер соседних NV-центров [17]. Основными фундаментальными задачами, которые решаются зарубежными исследователями в этом направлении, являются создание квантовых регистров в виде алмазных наноструктур с решетками одиночных NV-центров или их ансамблей, исследование оптических свойств отдельных NV-центров, а также изучение возможности экспериментальной реализации универсальных одно- и двухкубитовых квантовых логических операций над ними оптическими методами.

Таким образом, в настоящее время перспективными считаются два варианта кубитов: 1) одиночные нейтральные атомы щелочных металлов, захваченные в оптические пространственные решетки; 2) твердотельные кубиты на основе центров окраски (NV-центров) в кристаллах алмаза. Их преимуществом является то, что оба варианта допускают масштабирование до большого числа кубитов, упорядоченных в заданные пространственные структуры.

Среди перечисленных выше типов кубитов нейтральные атомы в оптических ловушках наиболее полно удовлетворяют критериям ДиВинченцо. Однако практическая реализация прототипа квантового компьютера на нейтральных атомах может столкнуться с рядом труд-

ностей, основными из которых являются сложность реализации детерминированной загрузки одиночных атомов в узлы оптических ловушек и длительного удержания их там, сложность реализации когерентного лазерного возбуждения ридберговских атомов в оптических ловушках для выполнения двухкубитовых операций и сложность выполнения последовательных квантовых операций над большим числом кубитов в квантовом регистре.

Статус прохождения стадий разработки квантовых вычислителей в мире

За рубежом имеется большое число научных групп и компаний, занимающихся созданием прототипа квантового компьютера. В настоящее время наиболее активные исследования ведут следующие группы:

- D. Wineland, NIST, USA, эксперименты с квантовым регистром кубитов на одиночных ионах Hg⁺ (статусы 1.1, 2.1–2.3, 3.1–3.3, 4.1, 4.7, 6.1, 6.2, 7.1, 7.4);
- C. Monroe, NIST, USA, эксперименты с квантовым регистром кубитов на одиночных ионах Yb⁺ (статусы 1.1, 2.1–2.3, 3.1–3.3, 4.1, 4.7, 6.1, 6.2, 7.1, 7.4);
- R. Blatt, Innsbruck University, Austria, эксперименты с квантовым регистром кубитов на одиночных ионах Ca⁺ (статусы 1.1, 2.1–2.3, 3.1–3.3, 4.1, 4.7, 6.1, 6.2, 7.1, 7.4);
- J. Du, University of Science and Technology, Hefei, China, эксперименты с квантовым регистром кубитов в сложных молекулах методом ЯМР (статусы 1.1, 2.1–2.3, 3.1–3.3, 4.7, 6.1, 6.2, 7.4);
- R. Laflamme, University of Waterloo, Canada, эксперименты с квантовым регистром кубитов в сложных молекулах методом ЯМР (статусы 1.1, 2.1–2.3, 3.1–3.3, 4.7, 6.1, 6.2, 7.4);
- D.G. Cory, University of Waterloo, Canada, эксперименты с кубитами на одиночных атомах фосфора в матрице кремния (статусы 1.1, 2.1);
- A. Morello, University of New South Wales, Australia, эксперименты с кубитами на одиночных атомах фосфора или кремния в твердотельных матрицах (статусы 1.1, 2.1);
- P. Bertet, Quantronics Group, CEA Saclay, France, эксперименты с одиночными сверхпроводниковыми кубитами (статусы 1.1, 2.1);
- I. Bloch, Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany, эксперименты с квантовым регистром кубитов на нейтральных атомах в оптических решетках (статусы 1.1, 2.1–2.3, 6.1);
- M. Saffman, University of Wisconsin-Madison, Madison, USA, эксперименты с квантовым регистром кубитов на нейтральных атомах в оптических дипольных ловушках (статусы 1.1, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 3.4, 6.1, 6.2).

Стадии разработки

1. Создание кубита. Демонстрация возможности приготовления и считывания двух состояний кубита.
2. Однокубитные операции:
 - демонстрация возможности количественного контроля за процессом декогеренции;
 - демонстрация времени когерентности намного большего чем период осцилляций Раби;
 - демонстрация возможности управления обеими степенями свободы на сфере Блоха.
3. Двухкубитные операции:
 - реализация когерентных двухкубитовых квантовых логических операций;
 - генерация и характеризация запутанных состояний;
 - демонстрация времени когерентности намного большего чем время работы квантового двухкубитного вентиля;
 - томография квантового состояния и процесса взаимодействия двух кубитов;
 - демонстрация существования субпространства без декогерентности для двух кубитов (decoherence-free subspace, DFS);
 - демонстрация квантового двухкубитного алгоритма.

4. Операции над 3–10 физическими кубитами:

- порождение Greenberger, Horne, and Zeilinger (GHZ) связанных состояний между тремя кубитами;
- генерация максимально-связанных состояний четырех и более физических кубитов;
- томография квантового состояния и процесса взаимодействия;
- демонстрация DFS;
- демонстрация передачи квантовой информации (телепортация и т.д.) между физическими кубитами;
- демонстрация работы алгоритма/алгоритмов квантовой коррекции ошибок;
- демонстрация простых квантовых алгоритмов (Дойча-Йожи и т.д.);
- демонстрация квантовых логических операций с коррекцией ошибок для повышения точности с целью реализации масштабирования.

5. Операции над одним логическим кубитом:

- создание одиночного логического кубита и продление времени жизни состояния с использованием периодической коррекции ошибок;
- демонстрация возможности квантового управления одиночным логическим кубитом с коррекцией ошибок.

6. Операции с двумя логическими кубитами:

- реализация логических операций;
- генерация запутанных состояний Белла для двух логических кубитов;
- демонстрация логических операций с коррекцией ошибок.

7. Операции с 3–10 логическими кубитами:

- генерация GHZ-состояний для трех логических кубитов;
- генерация максимально-связанных состояний четырех и более логических кубитов;
- демонстрация передачи квантовой информации между логическими кубитами;
- демонстрация простых квантовых алгоритмов (Дойча-Йожи Джоса и т.д.) с логическими кубитами;
- демонстрация реализации простых квантовых алгоритмов с логическими кубитами и коррекцией ошибок.

Факторы сдерживания и ускорения разработки квантового компьютера в России

В ближайшие 5 лет в Российской Федерации необходимо начать исследования по физической реализации различных типов кубитов, представленных одиночными ионами, нейтральными атомами, квантовыми точками и примесными атомами в полупроводниках, точечными дефектами в алмазе, сверхпроводниковыми джозефсоновскими контактами и т.д. НИР должны вестись по всем этим направлениям с целью определения наиболее перспективных вариантов, на основе которых в дальнейшем может быть создан первый российский прототип квантового компьютера.

Поскольку в конечном итоге квантовый компьютер должен быть достаточно компактным и построен на основе твердотельных кубитов, значительные усилия следует направить на реализацию кубитов на квантовых точках и точечных дефектах. В то же время, с кубитами на ионах и нейтральных атомах будет проще и быстрее получить высокую точность квантовых вычислений и продемонстрировать возможность реализации простейших квантовых алгоритмов, поэтому они также должны получить поддержку для их реализации.

В ближайшие 10 лет должны быть выполнены НИОКР, направленные на создание и тестирование первого прототипа российского квантового компьютера. С учетом бурного роста числа экспериментальных работ по созданию квантового компьютера в мире, можно ожидать, что первый полноценный прототип квантового компьютера будет создан за рубежом в течение ближайших 10–15 лет. В интересах России является исключительно важным устранить отставание в этой области и создать прототип квантового компьютера не позднее, чем за рубежом.

Для достижения поставленных целей на 5–10 лет необходимо обеспечить проведение исследований по физической реализации кубитов и квантовых регистров на самой современной экспериментальной и технологической базе. Для твердотельных кубитов необходимо приобрести и запустить технологические установки с чистыми помещениями и высокой точностью исполнения нано- и микроструктур, а также средств их диагностики и пост-процессинга. Для атомов и ионов в ловушках необходимо обеспечить специальные сверхвысоковакуумные установки, управляющие лазеры с предельно узкими ширинами линий, системы оптической регистрации с предельной чувствительностью и разнообразные оптоэлектронные приборы с низкими потерями на поглощение и рассеяние. Также необходимо разработать и создать современные элементы интегральной фотоники на основе оптических волноводов для управления кубитами в квантовом регистре.

Для создания компактного прототипа квантового компьютера необходимо создать новые, максимально компактные устройства квантовой оптики. Например, узкополосные лазерные источники в настоящее время реализуются с применением громоздких внешних интерферометров. Для создания компактных узкополосных лазеров необходимо создать соответствующие изделия интегральной оптики и перейти на малогабаритные полупроводниковые лазеры со встроенными интерферометрами. Также, для индивидуальной оптической адресации к отдельным кубитам, необходимо разработать и создать малогабаритные оптические интерфейсы высокого качества. Представляет интерес и развитие малогабаритных систем построения изображений и счетчиков фотонов.

Физические методы, используемые при реализации прототипа квантового компьютера, в полной мере могут быть затем использованы в других квантовых технологиях — квантовой криптографии, квантовых сенсорах и оптических атомных стандартах частоты. Например, применение перепутанных квантовых состояний может улучшить точность измерений в квантовых сенсорах и стандартах частоты, а в системах квантовой криптографии — увеличить степень защищенности и быстродействие. В прототипах квантового компьютера могут быть найдены и другие полезные элементы — источники и детекторы одиночных фотонов, узкополосные лазеры, элементы интегральной оптики и т. д.

Практическая реализация квантовых компьютеров потребует новых теоретических исследований, направленных на оптимизацию и адаптацию квантовых алгоритмов применительно к конкретной физической реализации кубитов и квантового регистра. В ряде случаев вместо стандартных алгоритмов квантовых вычислений могут оказаться полезными альтернативные «топологические» квантовые вычисления [18], а также квантовые симуляторы для определенных типов квантовых регистров [19].

Заключение. Создание квантового компьютера позволит решать математические и физические задачи, для которых на обычных компьютерах потребовались бы десятки и сотни лет. В частности, задача факторизации (разложение большого числа на простые множители), которая является основой современной криптографии, может быть решена за время, степенным образом зависящее от длины числа, в отличие от экспоненциально большого времени, требуемого классическим компьютером. Разработаны также эффективные квантовые алгоритмы для быстрого поиска в больших базах данных, решения ряда математических задач и моделирования физических объектов с большим числом взаимодействующих частиц. Во многих странах мира ведутся работы по созданию алгоритмов и элементной базы квантовых вычислений, в том числе и в военных целях. Считается, что введение в состав бортовой аппаратуры элементов, реализующих квантовые алгоритмы решения и распараллеливания вычислений, позволит повысить оперативность и точность управления образцами ВВСТ.

Список литературы (References)

1. Feynman R.P., Int. J. Theor. Phys. 21, 467 (1982).
2. DiVincenzo D.P., Science 270, 255 (1995).

3. DiVincenzo D.P., Fortschr. Phys. 48, 771 (2000).
4. Vandersypen L.M.K., Chuang I.L., Rev. Mod. Phys. 76, 1037 (2004).
5. Leibfried D. et al., Rev. Mod. Phys. 75, 281 (2003).
6. Loss D., DiVincenzo D.P., Phys. Rev. A. 57, 120 (1998).
7. Makhlin Y., Schön G., Shnirman A., Rev. Mod. Phys. 73, 357 (2001).
8. Lu D. et al., arXiv:1501.01353.
9. Wineland D.J., Rev. Mod. Phys., 85, 1103 (2013).
10. Brennen G.K. et al., Phys. Rev. Lett. 82, 1060 (1999).
11. Grimm R. et al., Adv. At. Mol. Opt. Phys. 42, 95 (2000).
12. Weitenberg C. et al., Nature, 471, 319 (2011).
13. Yavuz D.D. et al., Phys. Rev. Lett., 96, 063001 (2006).
14. Weitenberg C. et al., Nature, 471, 319 (2011).
15. Isenhower L. et al., Phys. Rev. Lett. 104, 010503 (2010).
16. Fuchs G.D. et al., Nature Phys. 6, 668 (2010).
17. Neumann P. et al., Nature Phys. 6, 249 (2010).
18. Devitt S.J., arXiv:1405.4943v1.
19. Johnson T.H. et al., arXiv:1405.2831v1.

РАЗВИТИЕ РЫНКА НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Д.В. Беликов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, belikovdi@extech.ru
И.И. Бобринецкий, вед. науч. сотр. НИУ МИЭТ, д-р техн. наук, netadm@miee.ru

В статье приведены результаты анализа рынка углеродных наноматериалов, достигнутые результаты и направления их возможных применений. Показана динамика публикационной активности некоторых направлений разработки устройств с применением углеродных нанотрубок.

Ключевые слова: углеродные наноструктурированные материалы, углеродные нанотрубки, композиционные материалы, алмазоподобные покрытия, органическая электроника, мемристор, динамика рынка, публикационная активность.

MARKET DEVELOPMENT OF NEW CARBON NANOMATERIALS

D.V. Belikov, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, belikovdi@extech.ru
I.I. Bobrinetsky, Leading Researcher, NRU MIET, Ph. D. of Engineering, netadm@miee.ru

The article presents the results of market analysis of carbon nanomaterials, the results achieved and their possible applications. It shows the dynamics of publication activity of some directions of development of devices using carbon nanotubes.

Keywords: carbon nanostructured materials, carbon nanotubes, composite materials, diamond like coatings (diamond like carbon), organic electronics, memristor, market dynamics, publication activity.

Спрос на углеродные наноструктурированные материалы зависит от целого ряда различных факторов. В то время как экономика оказывает основное влияние на размер и рост рынка, существует ряд других факторов, которые могут рассматриваться как имеющие непосредственное влияние на спрос. Или, во всяком случае, природа этого спроса независит от промышленного производства и роста экономики.

Алмазоподобные покрытия (diamond like carbon) на основе та:С находят широкое применение в массовом производстве продукции, включая жесткие магнитные диски, автомобильные двигатели, уплотнения клапанов, режущие и формовочные инструменты, нефтегазовое оборудование. Интерес к данным материалам подтверждается динамикой публикационной активности в данной области, приведенной на рис. 1 (проведен на основе данных базы Scopus).

Функциональные покрытия на основе алмазоподобных наноструктур с существенными преимуществами могут быть использованы: в микроэлектронике — гидрофобные покрытия для смартфонов и самосмазывающие поверхности для магнитных жестких дисков, в оптике — просветляющие покрытия в широком оптическом диапазоне, в строительстве — фотокаталитические и «умные» покрытия, которые меняют свои свойства в зависимости от окружающей среды (например, изменения прозрачности стекол в зависимости от интенсивности излучения, изменения свойств покрытий от температуры).

В настоящее время существует необходимость замены покрытий из хрупкого и дорогого оксида индия-олова [1], используемого в устройствах отображения информации, солнечных батареях, сенсорных экранах, в качестве оптически прозрачных электродов для органических светоизлучающих диодов (OLED), в виде нагревательных элементов на стекле и полимерных пленках.

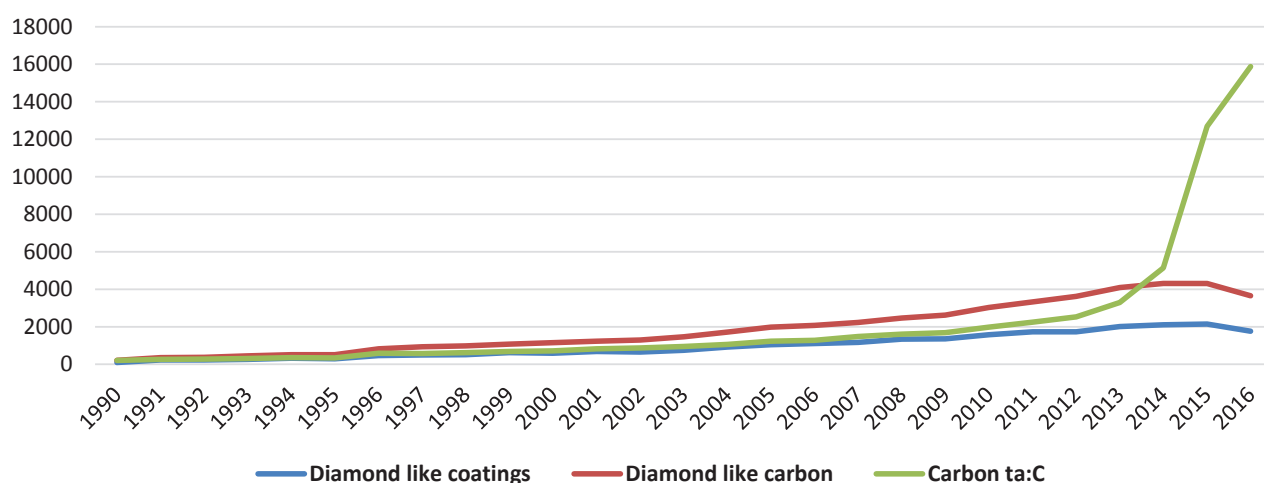


Рис. 1. Динамика публикационной активности в области алмазоподобных покрытий

В последней программе финансирования науки ЕС Горизонт 2020, принятой на период с 2014 по 2020 год, повышенное внимание уделено будущим и возникающим технологиям. Один из двух флагманских проектов «Графен» получил финансирование в размере одного миллиарда евро. Консорциум объединяет 23 страны (в основном из Европы) и 142 научно-исследовательских коллективов и промышленных партнеров [2].

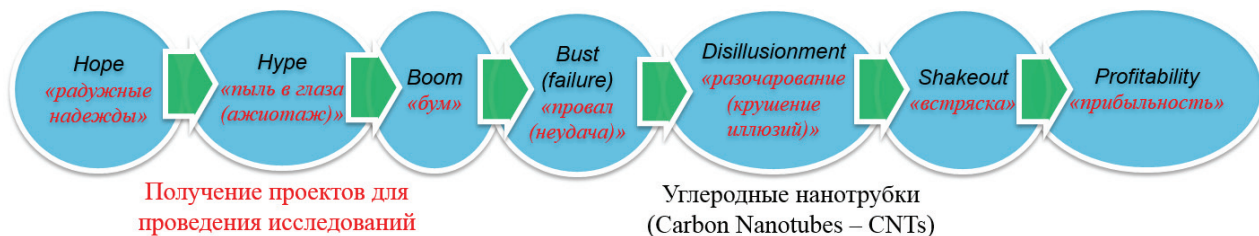


Рис. 2. Этапы развития новых технологий на примере углеродных нанотрубок

Считается, что любая новая технология проходит «Цикл зрелости технологий» [3]: «hope – hype – boom – bust (failure) – disillusionment – shakeout – profitability», т.е. «радужные надежды – пыль в глаза (ажиотаж) – бум – провал (неудача) – разочарование (крушение иллюзий) – встряска – прибыльность» (рис. 2).

На первых трех этапах научные коллективы получают проекты для проведения исследований, результатом которых является вал публикаций в научных журналах и выступлений на конференциях. Если исходить из этой схемы, то графен, углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерены, материалы для высокотемпературной сверхпроводимости и многие другие открытия последних десятилетий прошли «пик завышенных ожиданий».

Хотя треть статей (доля от общего числа составляет 34 %) о графене публикуется научными учреждениями и фирмами из Европы, главными держателями патентов (из приблизительно 14 000 патентов на июль 2014 г.) выступают фирмы и университеты Китая (40 %), США (23 %) и Южной Кореи (21 %), а европейская доля составляет 9 %. Среди фирм и университетов Самсунг является лидером по количеству патентов [4].

В конце 2010 г., мощности по производству УНТ (однослойных и многослойных) оценивались в 2500 т и, как ожидается, превысят в 2016 г. 12800 т [1] со среднегодовым темпом роста в размере 32,5 % (рис. 3). В том же году, на Азиатско-Тихоокеанский регион приходилась наибольшая доля производства углеродных нанотрубок в 1122,6 тонн (44 %), опередив Северную Америку – 740,1 т (29 %) и Европу – 608,5 т (24 %). По прогнозу в конце 2016 г. рынок углеродных нанотрубок будет оцениваться в 1,1 млрд долл. США.

Несмотря на наличие более ста производителей в сфере углеродных нанотрубок, наибольшая доля рынка сосредоточена у четырех относительно крупных компаний: Showa Denko K.K (Япония) – 20 %, CNano Technology Limited (США) – 20 %, Nanocyl S.A. (Бельгия) – 16 %, Bayer MaterialScience AG (Германия) – 10 % (на 2013 г. мощность промпроизводства – 3000 т/год). Пластики и композиты, топливопроводные системы, аккумуляторы и автоэмиссионные приборы являются наиболее популярным и коммерчески жизнеспособным текущим применением.

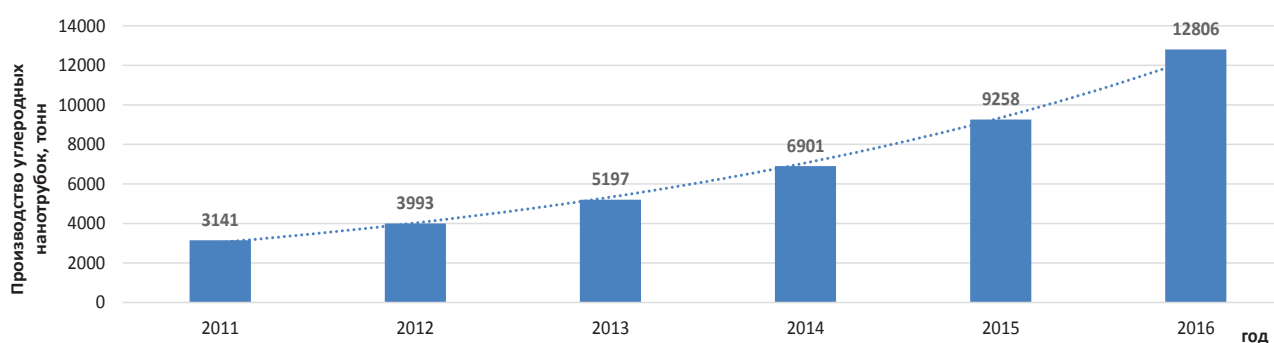


Рис. 3. Динамика мирового рынка углеродных нанотрубок с 2011 по 2016 гг.

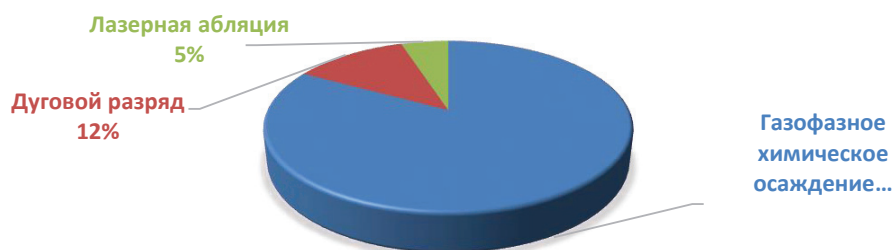


Рис. 4. Методы, используемые для синтеза углеродных нанотрубок

Наиболее широко используемыми методами для синтеза углеродных нанотрубок [1,5] являются: газофазное химическое осаждение (ГФХО) кристаллического наноуглерода на металлических катализаторах (Chemical Vapor Deposition – CVD-процесс и Catalytic Chemical Vapor Deposition – CCVD-процесс), дуговой разряд (испарение графита и последующая конденсация продукта при осаждении паров) и лазерная абляция. Благодаря сравнительно низкой энергоемкости и легкой масштабируемости процесса, высокой степени контроля, сравнительно «мягким» технологическим параметрам синтеза, применению дешевого и доступного углеродсодержащего сырья, простоте конструкций и технологичности изготовления используемой аппаратуры, отсутствию необходимости дорогой очистки от примесей, в 2010 г. методы ГФХО охватили около 83 % мирового рынка производства УНТ (рис. 4).

Наибольшую долю глобального рынка углеродных нанотрубок занимают пластмассы и композиционные материалы с объемом продаж 472,9 млн долл. в 2010 г., представляющих 69% рынка (рис. 5). Существенным фактором, формирующим спрос на углеродные материалы, является их применение в качестве электропроводящих и термостойких компонентов (наполнителей) для пластмасс автомобильной отрасли и композитов для аэрокосмической и оборонной промышленности. Важным аспектом является соотношение углеродного материала в полимерных композитах, которое позволяет достичь необходимой электропроводности при небольших нагрузках.

Любые автомобильные детали, контактирующие с топливом, должны обладать электростатическими свойствами. Углепластики являются альтернативным материалом для автомобилестроения с точки зрения снятия электростатического заряда.

Говоря об объемах потребления углеродных материалов в производстве композитов различного назначения, видимо, речь идет не столько о УНТ и изолированных ультрадисперсных объектах, сколько о углеродных волокнах, имеющих микронную и субмикронную структуру. По прогнозу [1] пластмассы и композиты будут оставаться наиболее значимым рынком вплоть до 2017 г.

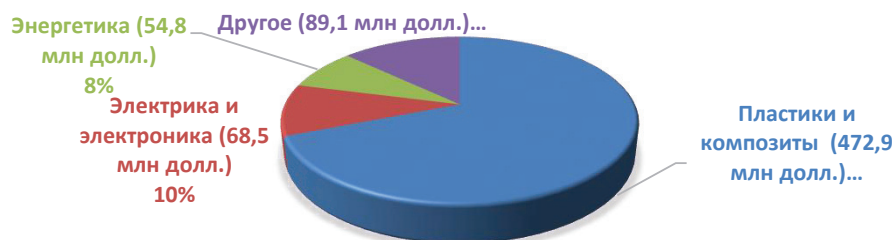


Рис. 5. Структура глобального рынка индустрии углеродных нанотрубок

На электротехническую и электронную отрасли промышленности приходится 10% рыночной доли углеродных нанотрубок (рис. 5). Предел традиционных вычислительных мощностей, связанный с ограничением механизма электронного транспорта в современных полупроводниковых материалах заставляет искать новые методы и пути развития электронной компонентной базы. Среди них известны, например, методы замещения традиционных материалов на углеродные (графен, нанотрубки, алмазы), а также методы, направленные на использование новых принципов функционирования, среди которых выделяются технологии на основе эффектов квантовой электроники, реализации нейроподобных сетей и систем с адаптивной логикой [6].

Исследователи полагают [7], что благодаря их достижениям в скором времени появится новый класс графеновой наноэлектроники с базовой толщиной транзисторов до 10 нм. Благодаря высокой подвижности (значительно большей, чем подвижность в кремнии, используемом в микроэлектронике) $10^4 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ быстродействие такого транзистора будет заметно выше. Несмотря на то, что разработанное устройство уже способно работать как транзистор, оно обладает большим током утечки. Использовать напрямую графен при создании полевого транзистора без токов утечки не представляется возможным из-за отсутствия запрещенной зоны в этом материале, поскольку нельзя добиться существенной разности в сопротивлении при любых приложенных к затвору напряжениях, то есть не получается задать два состояния, пригодных для двоичной логики: проводящее и непроводящее. Затвор к нему еще не создан.

В электронику и системы хранения данных, скорее всего, рынок увидит крупнейшие проникновения к 2020 г. Улучшенные свойства углеродных нанотрубок позволят производителям электроники удовлетворить жесткие потребности рынка в различных разработках, включая межсоединения, дисплеи, память, устройства записи и хранения информации, технологии хранения энергии.

Библиометрический анализ публикационной активности в области органической электроники на основе данных базы Scopus и Google Scholar представлен на рисунках 6, 7. Данные разнятся (видимо, из-за учета патентов), но в целом динамика имеет общую тенденцию.

Согласно исследованиям ВШЭ [8], мировой рынок электроники на основе графена может достичь 1,5 млрд долл. в 2016–2020 гг., при среднегодовом темпе роста 46,8%.

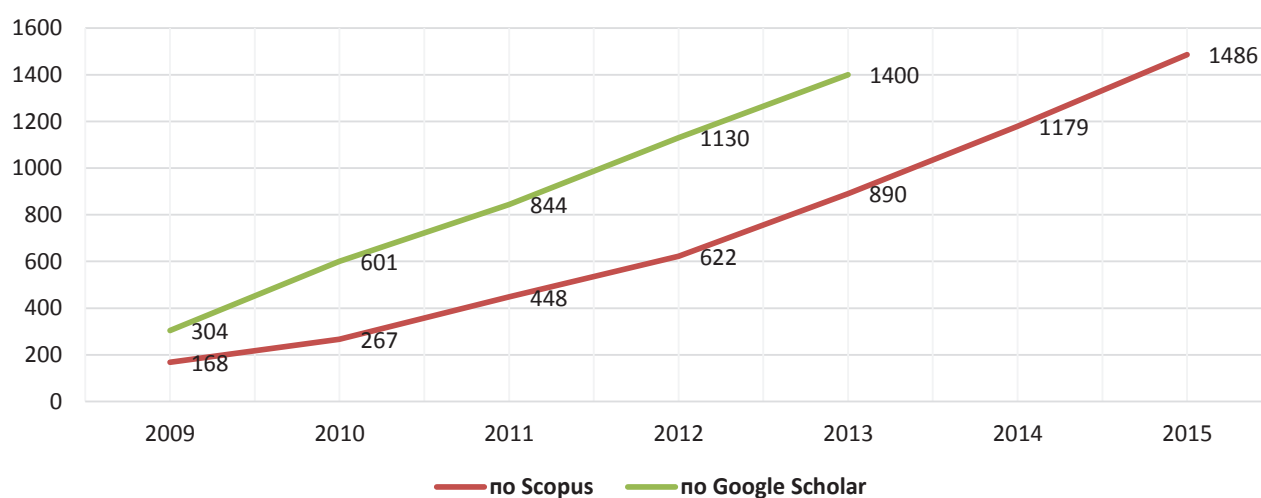


Рис. 7. Динамика публикационной активности в области мемристивной памяти (memristor)

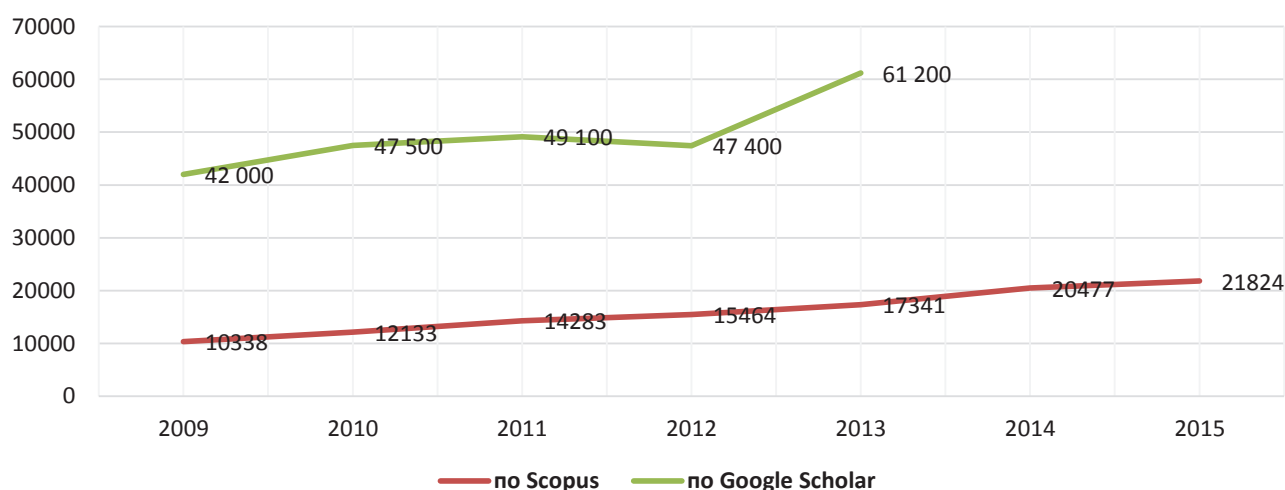


Рис. 6. Динамика публикационной активности в области органической электроники (organic electronics)

Одно из важных направлений применения углеродных материалов — интегрированные сенсорно-диагностические системы для контроля окружающей среды и состояния человека. Недавно осуществлен очередной прорыв в технологии: компания исследователей на базе инжиниринговой фирмы BOSH совместно с учеными из Института исследований твердого тела Макса-Планка, создали на основе графена магнитный датчик в 100 раз чувствительнее, чем эквивалентное устройство на основе кремния [2]. Области применения датчиков и сенсоров: от экологического мониторинга до промышленной безопасности.

С повышением производственных требований для аккумуляторов, лопастей ветрогенераторов, фотоэлектрических преобразователей (новые сенсibilизированные красителем солнечные батареи и наноструктурированные тонкие пленки) и других разработок [9] энергетический сектор также ожидает быстрый рост в ближайшие годы.

Повышенный спрос на большие лопасти ветряных турбин (более 60 м), увеличение мощности и качества побуждают производителей к использованию углеродных материалов. Вследствие нестационарной природы ветра большие лопасти подвергаются действию высоких механических напряжений в процессе эксплуатации. Снижение веса также является ключевым фактором. Углеродные волокна являются идеальным выбором из-за их высокой ударной прочности и малого веса, что позволяет выдерживать высокие механические нагрузки и максимально увеличить срок службы и эффективность.

Углеродные нанокompозиты начинают использовать как сверхъемкие электроды в двух и трехмерных структурах с большой площадью поверхности. Ожидается, что такие суперконденсаторы смогут хранить огромные объемы энергии.

Растущий спрос на передовую и сложную медицину и диагностическое оборудование также является важным фактором развития рынка углеродных материалов. Углеродные материалы обладают возможностью биологической совместимости, что позволяет использовать их уникальные проводящие свойства, например в нейроиmплантах и биологических каркасах для ускоренной регенерации тканей. Медицинские системы будут потребителями полученных результатов как в области создания более управляемых диагностических и операционных систем, так и при обеспечении повышения эффективности, так называемой «персонализированной медицины» в области производства нового типа лекарственных препаратов.

С усложнением систем ожидается, что требования к свойствам нанотрубок будут возрастать, тогда как себестоимость самого «чистого продукта» будет снижаться. Соответственно функционализация и цена композитов на их основе будут возрастать. При этом области применения находятся в широком диапазоне: от создания одномолекулярных сенсорных структур, до строительных материалов.

Следующее поколение продуктов с использованием углеродных нанотрубок в нанoeлектромеханических системах, электродах суперконденсаторов, электрокабелях, структурных композитах применяемых для аэрокосмической и автомобильной отраслей, фотоэлектрических устройствах, прозрачных проводящих пленках, полевых транзисторах, гибкой электронике и системах доставки лекарственных средств, по мнению экспертов Федерального реестра, в течение ближайшего десятилетия будет приносить значительное увеличение доходов игроков рынка [9].

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполненной ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по заданию № 2.39.2016/НМ Министерства образования и науки России на выполнение работ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Available at: <http://www.nanowerk.com> «Global carbon nanotubes market — industry beckons».
2. Графеновый флагман Graphene Flagship. Available at: <http://graphene-flagship.eu>.

3. Available at: <http://www.gartner.com>.
4. Ferrari_Nanoscale, 2015.
5. Мищенко С.В., Ткачев А.Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.
6. Беликов Д.В., Марышев Е.А., Миронов Н.А. Проблемы создания и внедрения перспективных материалов для системы вооружения – взгляд экспертов Федерального реестра научно-технической сферы / М.: Инноватика и экспертиза: науч. тр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 2 (17), 2016.
7. Carbon-Based Electronics: Researchers Develop Foundation for Circuitry and Devices Based on Graphite March 14, 2006. Available at: gtrsearchnews.gatech.edu.
8. Глобальные технологические тренды / М.: Трендлеттер НИУ ВШЭ. Вып. 3, 2015.
9. Аналитические материалы по управлению, финансированию и перспективам развития сферы науки и технологий за рубежом в приоритетном направлении научно-технического развития «Новые материалы и индустрия наносистем». Научно-технический отчет, г. Москва, 2015 г. Государственная регистрация № 115062510025. Место хранения – ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, инв. № 603. Зарегистрирован в Единой государственной информационной системе учета НИОКР. Available at: www.rosrid.ru.

References

1. Available at: <http://www.nanowerk.com> «Global carbon nanotubes market – industry beckons».
2. Graphene Flagship. Available at: <http://graphene-flagship.eu>.
3. Available at: <http://www.gartner.com>.
4. Ferrari_Nanoscale, 2015.
5. Mishchenko S.V., Tkachev A.G. (2008) *Uglerodnye nanomaterialy. Proizvodstvo, svoystva, primeneniye* [Carbon nanomaterials. Production, properties, application] *Mashinostroenie* [Mashinostroenie Publishers], Moscow, 320 p.
6. Belikov D.V., Maryshev E.A., Mironov N.A. (2016) *Problemy sozdaniya i vnedreniya perspektivnykh materialov dlya sistemy vooruzheniya – vzglyad ekspertov Federal'nogo reestra nauchno-tekhnicheskoy sfery* [Problems of creation and implementation of advanced materials for weapon systems – the experts of the Federal Roster of scientific and technological sphere] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expert examination: scientific works of SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 2 (17).
7. Carbon-Based Electronics: Researchers Develop Foundation for Circuitry and Devices Based on Graphite March 14, 2006. Available at: gtrsearchnews.gatech.edu.
8. *Global'nye tekhnologicheskie trendy* [Global technology trends]. *Trendletter NIU VShE* [Trendletter HSE]. Moscow. Vol. 3, 2015.
9. *Analiticheskie materialy po upravleniyu, finansirovaniyu i perspektivam razvitiya sfery nauki i tekhnologiy za rubezhom v prioritetnom napravlenii nauchno-tekhnicheskogo razvitiya «Novye materialy i industriya nano-sistem»* [Analytical materials concerning the management, financing and prospects of development of science and technology abroad in priority scientific and technological development «New materials and industry of nanosystems»] *Nauchno-tekhnicheskiiy otchet, g. Moskva, 2015 g. Gosudarstvennaya registratsiya No. 115062510025. Mesto khraneniya – FGBNU NII RINKTsE, inv. No. 603. Zaregistririvan v Edinoi gosudarstvennoy informatsionnoy sisteme ucheta NIOKR* [Technological report, Moscow, 2015. State registration No. 115062510025. The storage location is Sri FRCEC, inv. No. 603. Registered in the Unified state information accounting system of research and development]. Available at: www.rosrid.ru.

ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ВЗГЛЯД ЭКСПЕРТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

Г.И. Бахтурин, ген. дир. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, bgi@extech.ru

А.Б. Логунов, рук. напр. Комплекса R&D ОАО «РТИ», канд. воен. наук, ivlev.69@mail.ru

Н.А. Миронов, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, namir@extech.ru

В статье приводятся результаты экспертно-аналитических исследований состояния и перспектив использования новых производственных технологий в отечественной экономике и за рубежом. Основное внимание уделено вопросам структуризации новых технологий для повышения эффективности их разработки и использования в сфере производства. Новые производственные технологии могут рассматриваться как специфическая область научно-технологического развития, транслирующая достижения по приоритетным направлениям исследований и разработок, а также результаты разработки критических технологий в процесс производства товаров и услуг.

Ключевые слова: новые производственные технологии, структуризация проблематики, экспертно-аналитические исследования, приоритеты развития, государственная поддержка, Федеральный реестр экспертов Минобрнауки России

NEW MANUFACTURING TECHNOLOGIES: VIEW EXPERT OF SCIENTIFIC-TECHNICAL SPHERE

G.I. Bakhturin, General Director, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, bgi@extech.ru

A.B. Logunov, Head of Section, Complex R&D management JSC «RTI», Doctor of Military Science, ivlev.69@mail.ru

N.A. Mironov, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, namir@extech.ru

Specification of the new technologies (NMTs) domain and its structuring are essential for the prioritization of national manufacturing production development. The problem is to be solved differently in different countries. Generally NMTs can be considered as a specific way of science and technology development that corresponds to the priority directions of national R&D and results of critical technologies implementation in production.

Keywords: new manufacturing technologies, structuring a domain, expert-analytical research, development priorities, government support, the Federal Register of Experts of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

Введение

Важным условием развития инновационной экономики является создание современной производственной базы и повышение на этой основе глобальной конкурентоспособности отечественной промышленности, что в последние годы ясно осознается в России. Повышенное внимание государственных органов и корпоративного сектора уделяется интенсификации внедрения в производственные процессы принципиально новых, инновационных технологий [1]. Приняты разные определения совокупности таких технологий: «пер-

спективные производственные», «прорывные производственные», «новые производственные» [2]. В качестве ключевого фактора, объединяющего такие, в целом очень разные, технологии, выступает их ориентация на улучшение структуры производства, создание новых рынков и отраслей, рост производительности труда и качества трудовых ресурсов. То есть, эти технологии разрабатываются и внедряются именно для нужд производства и потенциально сильно востребованы отраслями экономики.

В настоящее время в ряде промышленно развитых и развивающихся стран принимаются широкомасштабные программы поддержки развития таких технологий в различных секторах промышленности. Особенно отчетливо эти тренды просматриваются в США, Китае, отдельных европейских государствах, ЕС в целом. В научно-технологической сфере России также накоплен опыт, который может быть использован для выстраивания новых производственных технологий [2].

В статье приводятся результаты экспертно-аналитического исследования состояния и перспектив внедрения новых производственных технологий. Акцент сделан на обобщении мнений отечественных экспертов. Основное внимание уделено вопросу структуризации таких технологий для повышения эффективности их разработки и использования. Методологической основой проведения исследования выбраны классические, детально проработанные в НИУ ВШЭ подходы к подготовке Долгосрочного прогноза важнейших направлений научно-технологического развития Российской Федерации [3]. При этом термины «передовые производственные технологии» и «новые производственные технологии» употребляются как синонимы.

Определение новых производственных технологий — отечественные подходы и статистические наблюдения

Термин «новые производственные технологии» (НПТ) или «передовые производственные технологии» введен в России постановлением Федеральной службы государственной статистики от 7 ноября 2006 г. № 63 «Об утверждении Порядка заполнения и представления форм федерального государственного статистического наблюдения № 1 — технологии «Сведения о создании и использовании передовых производных технологий». В эту категорию включены «технологии и технологические процессы, включающие машины, аппараты, оборудование и приборы, основанные на микроэлектронике или управляемые с помощью компьютера и используемые при проектировании, производстве или обработке продукции» [4]. Основные группы наблюдаемых передовых производственных технологий и их состав приведены в табл. 1.

При этом новыми технологиями в России (код 01) или за рубежом (код 02) считаются технологии, не имеющие, соответственно, отечественных или зарубежных аналогов [4]. Принципиально новыми считаются технологии (код 03), созданные впервые, не имеющие отечественных или зарубежных аналогов, обладающие качественно новыми характеристиками, отвечающими требованиям современного уровня или превосходящими его [4]. Они базируются на крупных пионерных или (и) высокорезультативных изобретениях.

О состоянии разработок и внедрении передовых производственных технологий свидетельствуют данные статистических наблюдений. Так, в период с середины 2000-х годов отечественная экономика демонстрировала растущую динамику по созданию передовых производственных технологий (табл. 2) [5, 6]. Можно предположить, что наметилась тенденция постепенного перехода экономики на новый технологический уровень производства (при сохранении невысоких по сравнению с другими развитыми странами масштабов внедрения передовых технологий). При этом лишь около 60% передовых производственных технологий могут использоваться у нас в стране без нарушения прав на промышленную собственность (табл. 3) [5, 6]. Преобладают такие направления, как производство, обработка и сборка (основное); проектирование и инжиниринг; аппаратура автоматизированного наблюдения (контроля); связь и управление.

Таблица 1

Основные группы передовых производственных технологий

Коды	Наименование	Состав
1	Проектирование и инжиниринг, включая компьютерное проектирование	Использование компьютеров с целью изображения и проектирования составных частей или продукции, анализа и тестирования спроектированной продукции или составных частей
2	Производство, обработка и сборка	Управляемое компьютерами или микропроцессорами оборудование с автоматизированной обработкой материалов одним или большим числом способов и сборкой конечной продукции в один или большее число приемов
3	Автоматизированная транспортировка материалов и деталей	Оборудование и транспортные средства с компьютерным или микропроцессорным управлением, предназначенное для выполнения автоматизированных погрузочно-разгрузочных операций, хранения и складирования материалов, деталей или готовой продукции
4	Аппаратура автоматизированного наблюдения и/или контроля поступающих материалов, технологического процесса, готовых изделий (конечного продукта)	Аппаратура, состоящая из автоматизированного измерительного преобразователя (датчика) и информационных видеосистем (систем технического зрения)
5	Связь и управление	Технические средства информационно-телекоммуникационных сетей для обмена технической, проектно-конструкторской, технологической информацией между различными структурными подразделениями предприятия, с субподрядчиками, поставщиками и/или потребителями (клиентами)
6	Производственная информационная система	Автоматизированная система, применяемая для планирования и управления производственными ресурсами
7	Интегрированное управление и контроль с использованием искусственного интеллекта и/или экспертных систем	Полностью автоматизированное производство, в котором все производственные технологические процессы интегрированы в единую систему, и которое управляется централизованно с помощью главного компьютера цеха или предприятия

Таблица 2

Создание передовых производственных технологий по видам

Наименование передовых производственных технологий	Годы					
	2000	2005	2007	2010	2011	2012
	Количество технологий					
Проектирование и инжиниринг	165	138	177	216	316	305
Производство, обработка и сборка	281	291	365	383	405	548
Автоматизированная транспортировка материалов и деталей	20	9	8	18	24	23
Аппаратура автоматизированного наблюдения и/или контроля	76	91	110	116	128	121
Связь и управление	90	57	67	70	154	204
Производственная информационная система	18	21	14	20	51	60
Интегрированное управление и контроль	38	30	39	41	60	62
Всего	688	637	780	864	1138	1323

Таблица 3

Динамика создания принципиально новых производственных технологий

Показатель	Годы							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	Количество							
Число созданных передовых производственных технологий	673	735	780	787	789	864	1138	1323
Из них обладают патентной чистотой, %	46,3	55,2	51,4	60,9	55,8	60,9	58,8	59,4
Число созданных принципиально новых производственных технологий	60	52	75	45	105	102	110	135
Доля принципиально новых технологий, %	9,4	7,1	9,6	5,7	13,3	11,8	9,6	10,2

Как показывают приведенные данные, тенденция к росту количества созданных принципиально новых технологий не устойчива (табл. 3). Интенсивность их создания в 2010–2012 гг. оставалась примерно на уровне 2009 г. Рост произошел за счет технологий, новых для России. Они составили 86% общего числа передовых производственных технологий. Это привело к снижению доли принципиально новых технологий в общем числе передовых производственных технологий [6, 7].

Фактическая доля передовых производственных технологий, созданных в России, в общем числе используемых технологий с разными сроками внедрения не превышает 5–10%; соответственно зарубежные передовые производственные технологии в этом массиве составляют 90–95%. Такое соотношение отражает высокую технологическую зависимость России от других стран [7].

Определение новых производственных технологий – зарубежные подходы

Перспективное промышленное производство, например, в США (по данным Совета при Президенте США по науке и технологиям, President's Council of Advisors on Science and Technology – PCAST) определяется как совокупность усилий, каждое из которых: а) основывается на глубоком внедрении информационных технологий и передового программного обеспечения, автоматизации производственных процессов, высокоточных датчиков и сетей и/или; б) использует передовые материалы и новые возможности, связанные с научными достижениями в области физики, биологии, химии (например, нанотехнологиями). Такое производство включает в себя как новые способы производства существующих продуктов, так и производство новых продуктов, выпускаемых на основе перспективных, передовых технологий (advanced manufacturing technologies) [8].

Исходя из этого определения, НРТ подразумевают:

- внедрение новых способов производства существующих продуктов и/или производство новых продуктов, выпускаемых на основе перспективных, передовых технологий (информатизация, автоматизация, высокоточные измерения и обработка материалов);
- использование передовых материалов и новых возможностей производства, связанных с научными достижениями в области физики, биологии, химии.

Следует отметить, что специально занимавшийся вопросом определения новых промышленных технологий Институт анализа военных проблем США (Institute for Defense Analyses) в докладе «Новые глобальные тенденции в передовом производстве» (Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing) намерено использовать расширенное (универсальное) понятие «передовое производство», охватывающее большинство аспектов данной тематики – это производство, основанное на улучшенных существующих и/или специально создаваемых новых материалах, изделиях и процессах, посредством внедрения достижений науки, техники, высокоточных и информационных технологий, интегрированных с рабочей силой высокой

производительности, инновационным бизнесом или организационными моделями [9]. Американские эксперты уверены, что данное определение едино как для традиционных, так и для высокотехнологичных секторов экономики.

В Европейском Союзе передовые промышленные технологии рассматривают в рамках ключевых перспективных технологий (key enabling technologies) как подмножество последних. Оно включает все технологии, которые значительно увеличивают темпы производства, снижают стоимость или расходование материалов, улучшают операционную точность, а также способствуют уменьшению загрязнения окружающей среды. НПТ идентифицируются через комбинацию различных технологий и методик, нацеленных на улучшение процессов промышленного производства. Такие технологии включают, наряду с другими, технологии материаловедения; электронные и компьютерные технологии; метрологические технологии; логистические технологии [10]. Таким образом формируется шестая комплексная группа ключевых перспективных технологий (Key Enabling Technologies, KET), помимо фотоники, нанотехнологий, новых материалов, микро-, наноэлектроники, биотехнологий [11].

Главным трендом развития НПТ в последние 40 лет специалисты Евросоюза считают внедрение в производство информационных технологий и автоматизацию.

Оценки экспертов США в области наиболее значимых новых производственных технологий представлены на рис. 1 [9], а европейских экспертов — на рис. 2 [10].

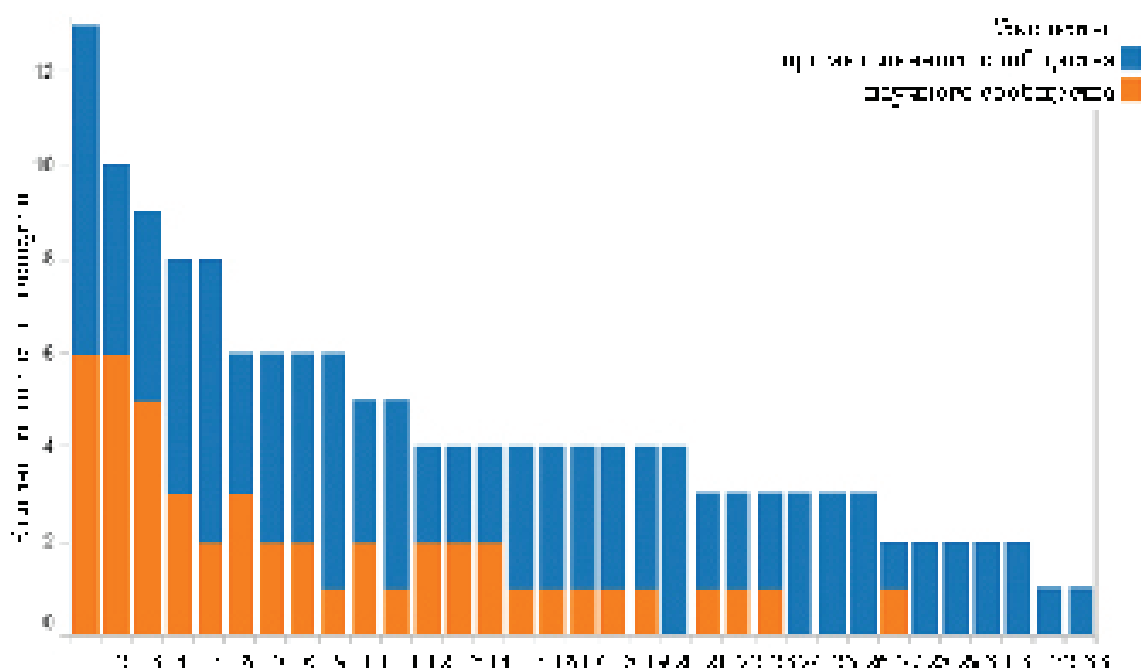


Рис. 1. Значимость новых производственных технологий, мнения американских экспертов

1 — технологии измерения и точного зондирования; 2 — нанопроизводство; 3 — информационные технологии; 4 — наноматериалы; 5 — энергоэффективное производство; 6 — системы технического зрения; 7 — непрерывный контроль производственных процессов; 8 — гибкая электроника; 9 — управление технологическими процессами; 10 — адаптивное управление; 11 — нанесение покрытий; 12 — керамическое производство; 13 — технологии переработки отходов; 14 — моделирующая и испытательная инфраструктура; 15 — биопроизводство; 16 — биотопливо; 17 — геномика материалов; 18 — оптоэлектроника; 19 — прецизионная обработка; 20 — легкие материалы; 21 — аддитивное производство; 22 — промышленная робототехника; 23 — медицинские приборы и клиническая медицина на базе нанотехнологий; 24 — конструкционная керамика; 25 — композиционная сборка; 26 — высокотемпературная обработка; 27 — мобильная робототехника; 28 — проводящие струйные технологии; 29 — высокоскоростное смешивание; 30 — техническое реагирование; 31 — технологии сепарации; 32 — технологии струйной обработки металлов; 33 — высокоэффективная производственная рекуперация теплоты

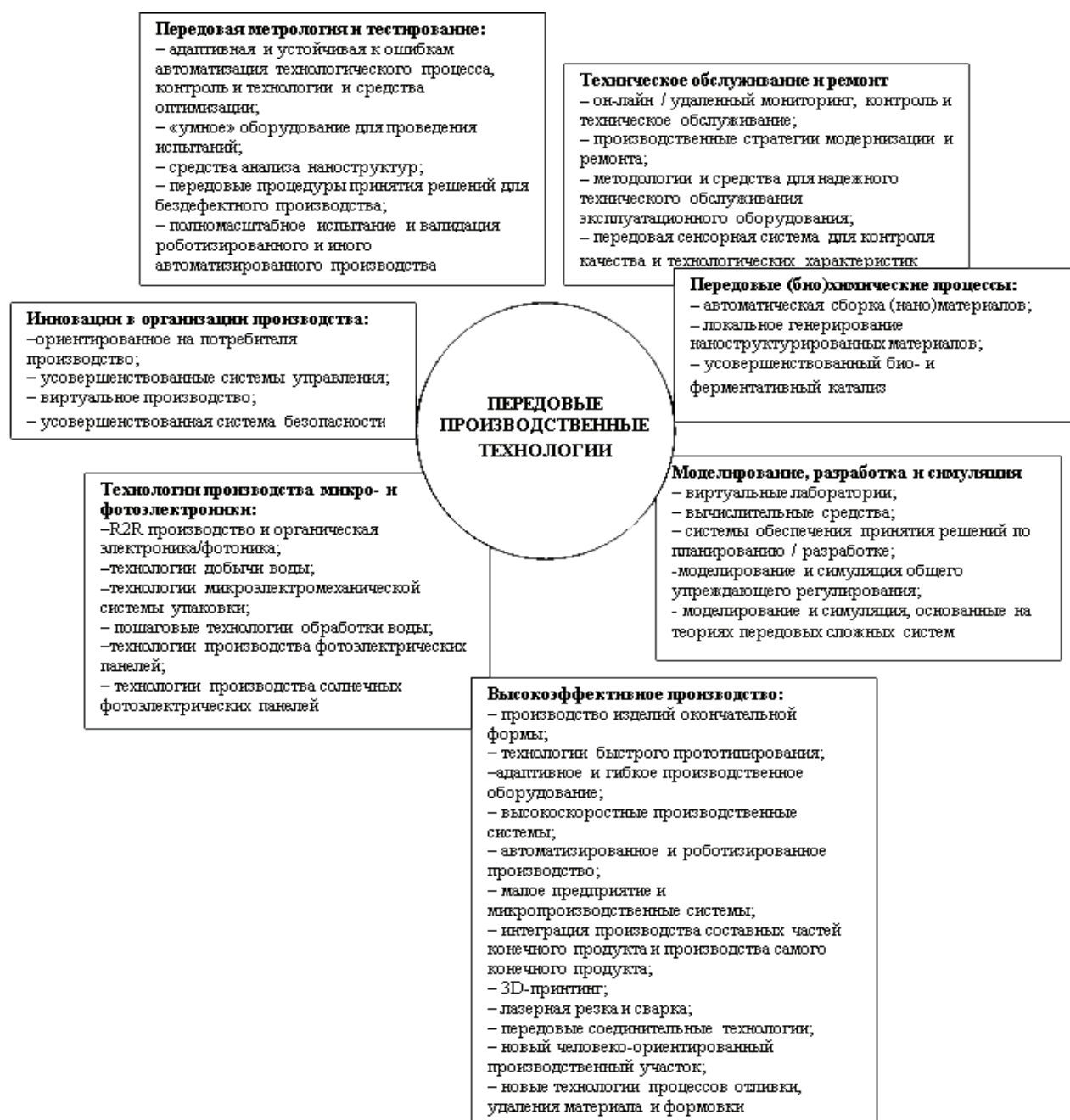


Рис. 2. Передовые производственные технологии в Евросоюзе

Сравнение и обобщение изложенных подходов к структуризации новых производственных технологий, используемых Россией, США и Евросоюзом было подробно проведено И. Дежиной и А. Пономаревым в работе «Перспективные производственные технологии: новые акценты в развитии промышленности» [12]. Предложенные подходы к определению и классификации таких технологий взяты за основу в настоящей статье. Так, «перспективные производственные технологии определяются как комплекс процессов проектирования и изготовления на современном технологическом уровне кастомизированных (индивидуа-

лизированных) материальных объектов (товаров) различной сложности, стоимость которых сопоставима со стоимостью товаров массового производства, в том числе в странах с дешевой рабочей силой» [12].

Опираясь на этот подход, были выделены структурные элементы новых производственных технологий (рис. 3):

1. Системы автоматизированного проектирования и моделирования изделий.
2. Новые материалы и композиции (конструкции) из материалов.
3. Гибкие автоматизированные системы управления производством.
4. Исполнительные устройства нового поколения, обеспечивающие формирование изделий с заданными параметрами.
5. Системы контроля производственных процессов.



Рис. 3. Структурные элементы новых производственных технологий

Элементы структуры НПТ при этом оказываются инварианты к производству продукции в конкретной отрасли и могут быть проанализированы.

Опрос экспертов научно-технической сферы: организация и методология

Для подтверждения предложенной структуризации направления технологического развития «Новые производственные технологии» и с целью создания аналитической основы для формирования приоритетов поддержки отечественных НПТ в феврале–марте 2014 г. был проведен экспресс-опрос экспертов научно-технической сферы, аккредитованных в Федеральном реестре экспертов Минобрнауки России (ФРЭ). Основной задачей опроса стало обобщение экспертных предложений о структуризации проблематики новых производственных технологий, а также об уровне и тенденциях их развития.

Экспресс-опрос был проведен через анкетирование ученых и специалистов, аккредитованных в ФРЭ. Для получения суждений экспертов ФРЭ был специально разработан шаблон аналитического документа, представляющий собой расширенный вариант опросного листа по изучаемой теме.

Шаблон экспресс-опроса был размещен на персональной странице экспертов Федерального реестра на сайте reestr.extech.ru для заполнения в режиме удаленного доступа. Этот метод был ранее неоднократно апробирован и применяется в работе с экспертами Федерального реестра при определении перспективных направлений исследований в рамках тематических направлений. Он в целом не отличается от методов Форсайт-исследований при работе с сетевым сообществом экспертов [13].

В шаблоне было предложено сформулировать экспертное мнение по:

- структуре проблематики новых производственных технологий;
- актуальным для развития российской промышленности направлениям применения новых производственных технологий;
- состоянию работ по развитию важных элементов новых производственных технологий в России и за рубежом;
- мерам и механизмам государственной поддержки развития нового поколения производственных технологий.

Ответы экспертов оформлялись в виде специально разработанного единого аналитического документа.

В экспресс-опросе, проведенном РИНКЦЭ, приняли участие 79 высококвалифицированных ученых и специалистов из 62 научно-исследовательских, производственных организаций и ВУЗов (в том числе научных учреждений – 24, из них 14 академические институты; 37 ВУЗов; 1 промышленная компания). В состав экспертного пула вошли: 1 академик РАН, 56 докторов наук, 35 профессоров, и 23 кандидата наук.

Состав экспертного пула по организациям (лишь 1 эксперт от промышленности) объясняется особенностями формирования Федерального Реестра, в который привлекаются преимущественно представители исследовательских организаций и вузов.

Состав экспертного пула по приоритетным областям развития науки, технологий и техники распределился следующим образом:

- информационно-телекоммуникационные системы – 14 %;
- биотехнологии, медицина и здравоохранение – 13 %;
- новые материалы и нанотехнологии – 20 %;
- транспортные и космические системы – 9 %;
- рациональное природопользование – 14 %;
- энергоэффективность и энергосбережение – 30 %.

Эксперты отмечают, что выбор классификации технологических направлений связан с вопросами анализа и прогнозирования возможностей и направлений интеграции российских компаний в глобальные рынки, кооперации науки и бизнеса, востребованности научных разработок. При этом в отечественной практике существуют устоявшиеся подходы к группировке (классификации) производственных технологий: традиционная для техники по производительности; отраслевая (ГРНТИ); по вкладу в конечный продукт, по положению в производственном цикле и т. п.

В результате обработки и обобщения предложений, изложенных в аналитических документах, полученных от экспертов ФРЭ, был сделан вывод о том, что детальную классификацию технологий целесообразно осуществлять по следующим восьми признакам:

- отрасль применения;
- степень новизны;
- динамика развития;
- сфера применения технологии;
- назначение;
- отношение к ресурсам;
- уровень автоматизации;
- конкурентоспособность.

Для структуризации и обеспечения конкурентоспособности разрабатываемых новых производственных технологий необходимо, по мнению экспертов, соотнести их с требованиями мировых стандартов качества и безопасности – ISO 9001:2008 «Системы менеджмента качества» и ISO 9004:2009 «Менеджмент с целью достижения устойчивого успеха организации. Подход с позиции менеджмента качества» действующего подкомитета – SC2 «Системы качества» технического комитета ISO/TC176 «Менеджмент и контроль качества».

При разработке инструментария экспресс-опроса был учтен опыт проведения аналогичных мероприятий Еврокомиссией, в частности, при проведении тематических опросов PCAST в 2012 г. Анкеты были разосланы в университеты, крупные промышленные предприятия, а также в организации малого и среднего бизнеса. Число американских экспертов, принявших участие в анкетировании, не превышало 30 человек по конкретному задаваемому вопросу.

Обобщение мнений экспертов по структуризации проблематики новых производственных технологий

Экспертами был высказан целый ряд конкретных предложений по структуризации проблематики новых производственных технологий. Так, в связи с тем, что в каждом изделии, как правило, интегрируется множество различных технологий, представляется рациональным руководствоваться подходом, основанным на функциональном назначении разрабатываемой продукции. По своему содержанию он аналогичен так называемому «компонентному» методу исследования и мониторинга появления НТП, применяемому Еврокомиссией.

Элемент «Системы контроля производственных процессов» было предложено переименовать в «Системы объективного контроля производственных процессов»; «Системы автоматизированного проектирования и моделирования изделий» — в «Многомерные компьютерные системы проектирования и моделирования процессов и изделий, позволяющие оптимизировать процессы и конструкции по различным критериям (устойчивость, прочность, стойкость к агрессивным средам и т.п.)». Такое уточнение позволит существенно расширить круг решаемых технических проблем, включая задачи автоматического управления процессами.

Некоторые эксперты отметили, что направление «Многомерные компьютерные системы проектирования и моделирования изделий, позволяющие оптимизировать конструкции по различным критериям (прочность, стойкость к агрессивным средам и т.п.)» сформулировано слишком узко. Тенденция развития современных многомерных компьютерных систем — это создание проблемно-ориентированной среды, подразумевающее организацию модульной архитектуры программного комплекса с единым интерфейсом взаимодействия модулей. По сути, такая система позволяет, по аналогии с интернетом, создать Всемирную вычислительную сеть (World Wide Grid — WWG).

В предложенной классификации производственных технологий, по мнению экспертов, отсутствует понятие «Технологическое оборудование». Оно заменено более узким — «Исполнительные устройства нового поколения, обеспечивающие обработку («выращивание», формирование) материальных изделий (3D-принтеры, инфузионные технологии, методы обработки поверхностей, «ростовые» технологии)». Направление «исполнительные механизмы» предлагается заменить на «технологическое оборудование»; расширить раздел классификации, посвященный методам получения материальных изделий.

Респонденты ФРЭ предложили включить в перечень новых производственных технологий отдельный элемент «Робототехника» (вариант — «Манипуляционные и мобильные робототехнические системы двойного назначения»). Это межотраслевое научно-техническое направление, которое охватывает не только создание и производство робототехнических систем, но и самое широкое ее внедрение на производстве. При этом следует отметить, что робототехника входит отдельным компонентом в содержательную часть перечней новых производственных технологий в США и в странах ЕС.

Предложено также сформировать отдельное направление «Дисплеи и оптические устройства (проекторы, электронная бумага, перенастраиваемые оптические фильтры, линзы с переменным фокусным расстоянием, модуляторы оптического излучения)».

Целесообразно, по мнению экспертов, дополнить элемент «Гибкие автоматизированные системы управления производством» подразделом «Технологии обеспечения безопасности», а элемент «Системы контроля производственных процессов» — подразделом «Новые высокоскоростные комбинированные системы неразрушающего контроля, ранней диагностики, не-

прерывного мониторинга и подавления повреждений, вызывающих внезапное разрушение конструкционных материалов авиакосмической техники и транспортных средств». Они важны как в системах обеспечения безопасности полетов и увеличения технического ресурса высокоскоростных транспортных средств и летательных аппаратов нового поколения, так и в промышленных автоматизированных технологиях обработки материалов для увеличения производительности труда, сокращения неквалифицированного технического персонала и т.д.

В целом предложения экспертов по структуризации проблематики новых производственных технологий не затронули основной состав элементов разработанной структуры по существу, а лишь уточняли отдельные терминологические вопросы (табл. 4).

Таблица 4

Уточненный вариант структуризации новых производственных технологий

Базовая структуризация [12]	Структуризация на основании экспертных данных
Системы контроля производственных процессов	Системы объективного контроля производственных процессов (в т.ч. новые высокоскоростные комбинированные системы неразрушающего контроля, ранней диагностики, непрерывного мониторинга и подавления повреждений, вызывающих внезапное разрушение конструкционных материалов авиакосмической техники и транспортных средств)
Системы автоматизированного проектирования и моделирования изделий	Многомерные компьютерные системы проектирования и моделирования процессов и изделий, позволяющие оптимизировать процессы и конструкции по различным критериям (устойчивость, прочность, стойкость к агрессивным средам и т.п.)
Гибкие автоматизированные системы управления производством	Технологическое оборудование (в т.ч. технологии обеспечения безопасности)
Исполнительные устройства нового поколения, обеспечивающие формирование изделий с заданными параметрами	Без изменения
Новые материалы и композиции (конструкции) из материалов	Без изменения
—	Робототехника (Манипуляционные и мобильные робототехнические системы двойного назначения)
—	Дисплеи и оптические устройства (проекторы, электронная бумага, перенастраиваемые оптические фильтры, линзы с переменным фокусным расстоянием, модуляторы оптического излучения)

Таким образом, рассмотренную структуру направления технологического развития «Новые производственные технологии» можно принять за основу при решении задач, связанных, как с оценкой состояния отдельных структурных элементов, так и с формированием предложений по дальнейшему развитию направления в целом.

Четкое определение предметной области новых производственных технологий позволяет, в частности:

— формировать технологические цепочки производства продуктов в приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники, различных отраслях промышленности;

- подбирать специалистов для разработки новых производственных технологий;
- предъявлять требования к составу и содержанию обучения специалистов в приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники.

Обобщение мнений экспертов об уровне и тенденциях развития новых производственных технологий

Представленные экспертами сведения об уровне и тенденциях развития новых производственных технологий включали:

1. Предложения по направлениям применения новых производственных технологий.
2. Оценки состояния работ по развитию важных, с точки зрения экспертов, элементов новых производственных технологий в России и за рубежом.
3. Рекомендации по мерам и механизмам государственной поддержки развития нового поколения производственных технологий.

Предложения по направлениям применения новых производственных технологий. Большинство экспертов указали на необходимость развития всех основных элементов новых производственных технологий. При этом их рекомендации распределились следующим образом (табл. 5):

- системы контроля производственных процессов (датчики и соответствующие системы обработки данных, обеспечивающие контроль и регулировку параметров обрабатываемых изделий и технологических процессов) – 26 % всех предложений;
- многомерные компьютерные системы проектирования и моделирования изделий – 6 %;
- системы управления производством, обеспечивающие эффективную логистику, взаимодействие между исполнительными устройствами (включая «Интернет вещей», гибкую перенастройку производственных линий под индивидуализированные заказы) – 8 %;
- исполнительные устройства нового поколения, обеспечивающие обработку («выращивание», формирование) материальных изделий (3D-принтеры, инфузионные технологии, методы обработки поверхностей, «ростовые» технологии) – 11 %;
- новые материалы и композиции (конструкции) из материалов (включая композиционные материалы различных типов, материалы с заранее заданными свойствами) – 48 %.

Почти половину предложений по дальнейшему развитию НПТ получило направление, связанное с новыми материалами и композициями (36 %). Повышенный интерес был проявлен экспертами в таких конкретных тематических областях как новые материалы и нанотехнологии (14 предложений, 29 %) и энергоэффективность и энергосбережение (12 предложений, 32 %).

Второе по значимости направление – системы контроля производственных процессов (26 %). Наибольший интерес к их развитию проявили эксперты таких тематических областей, как энергоэффективность и энергосбережение (45 %), информационно-телекоммуникационные системы (25 %) и рациональное природопользование (20 %).

К развитию систем управления производством высказали интерес эксперты, занимающиеся информационно-телекоммуникационными системами (43 %), биотехнологией, медициной и здравоохранением (29 %).

Заинтересованность в развитии исполнительных устройств нового поколения была проявлена специалистами в области транспортных и космических систем (33 %), биотехнологий, медицины и здравоохранения (22 %), новых материалов и нанотехнологий (22 %).

Небольшое количество предложений от экспертов по совершенствованию многомерных компьютерных систем проектирования и моделирования изделий (6 %) может быть объяснено наличием и широким использованием в промышленности достаточно совершенных систем моделирования изделий (CAD) и контроля процессов производства (CAM).

Оценки состояния работ по развитию компонентов новых производственных технологий в России и за рубежом. Состояние работ в этой области оценивалось по наличию (количеству и наличию) ученых и центров компетенции, занимающихся проблемами разработки и

реализации различных элементов новых производственных технологий, количеству публикаций в российских и зарубежных источниках. Экспертами отмечена высокая активность деятельности в данной области, о чем свидетельствуют собранные сведения о 238 российских и 193 зарубежных ученых; 227 российских и 311 зарубежных центрах компетенции, занимающихся исследованиями и разработками различных компонентов, обеспечивающих реализацию новых производственных технологий. Сведения о проводимых работах представлены в более чем 250 зарубежных и 258 российских актуальных публикациях.

Таблица 5

Распределение предложений экспертов по направлениям применения новых производственных технологий (количество и %)

Тематическая область	Направление применения новых производственных технологий				
	Системы контроля	Многомерные системы проектирования и моделирования	Системы управления производством	Исполнительные устройства нового поколения	Новые материалы и композиты
Биотехнологии, медицина и здравоохранение	1	—	2	2	5
Новые материалы и нанотехнологии	—	—	—	2	14
ИКТ	5	2	3	1	—
Транспортно-космические системы	1	1	1	3	1
Рациональное природопользование	4	1	—	—	6
Энергоэффективность и энергосбережение	9	1	1	1	12
Всего предложений	20	5	7	9	38
% от общего количества предложений	26	6	8	11	49

Эти данные касаются в большинстве своем точечных исследовательских проектов и инициатив. При этом выделить какое-либо приоритетное направление развития новых производственных технологий в нашей стране не представляется возможным. Само «предметное поле» этих технологий остается фрагментарным. В то же время собранные эмпирические данные позволяют сделать вывод о том, что Россия сохраняет за собой отдельные компетенции по некоторым элементам таких технологий. И эти компетенции должны быть оценены и поддержаны как государством, так и корпоративным сектором. Описанные ситуация в целом подтверждает выводы, сделанные на основании статистических наблюдений за передовыми производственными технологиями, а также тот факт, что в России пока не сформированы предпосылки для реализации активной политики в сфере промышленного производства [14].

Рекомендации экспертов научно-технической сферы по развитию новых производственных технологий. Прежде всего рекомендации касались долгосрочного планового развития отечественной робототехники. Предложения включали программы по разработке и организации производства унифицированных компонентов (модулей) роботов, как основы развития отечественного роботостроения и гибкой автоматизации отраслей промышленности страны. Эксперты высказались за необходимость разработки и согласования со всеми заинтересованными организациями единой научно-технической концепции роботостроения.

В качестве мер поддержки развития нового поколения производственных технологий в целом респондентами было предложено предусмотреть:

- финансирование активных исследовательских центров по их приоритетным направлениям исследований (в рамках экспертного опроса таких центров было названо 227);
- создание нескольких отраслевых кластеров, разрабатывающих новое технологическое оборудование для реализации производственных процессов в тесном сотрудничестве с представителями промышленности;
- создание федерального центра координации исследований, финансирования и внедрения инновационных научных разработок (например, на базе федерального университета или института РАН).

Экспертами было отмечено, что НПТ должны базироваться на результатах, содержащихся в базе данных рассматриваемой области. Создание такой базы должно стать задачей государственного значения, решение которой существенно поможет в разработке технологий, опережающих мировой уровень.

По мнению опрошенных специалистов, дальнейшее развитие новых производственных технологий должно быть основано на государственной поддержке направлений и тематики исследований и разработок в виде выделения грантов (как для отдельных групп исследователей и разработчиков, так и для проведения совместных НИР и ОКР университетов, научных организаций, предприятий).

В качестве направлений и тем для государственной поддержки были, в частности рекомендованы:

- новые высокоскоростные комбинированные системы неразрушающего контроля, ранней диагностики, непрерывного мониторинга и подавления повреждений, вызывающих внезапное разрушение конструкционных материалов;
- создание центра по проектированию и изготовлению систем на базе 3D принтеров, позволяющих на качественно новом уровне решать проблемы моделирования композиционных материалов и изделий из них;
- создание интеллектуальных многомерных вычислительных сетей для комплексных исследований и разработок, позволяющих объединять гетерогенные вычислительные кластеры в интеллектуальную грид-систему, которая способна обеспечить самонастройку на решаемые задачи.

Следует отметить, что основные инструменты государственной научно-технической политики, в частности налоговые льготы, технологические платформы и т.д. не были как-то специально выделены экспертами. Этот результат в целом согласуется с выводами, полученными на основе проведенного в России специализированного обследования потребности организаций и вузов, выполняющих исследования и разработки, в налоговых льготах для научной и инновационной деятельности. Исследование продемонстрировало общий низкий спрос на эти регуляторы со стороны всех категорий опрошенных организаций, что в целом обусловлено как несовершенством налогового законодательства, делающего рассматриваемые стимулы неэффективными, так и реальной ситуацией в инновационной сфере [15].

Респондентами было отмечено, что сами по себе новые технологии не могут существовать без их носителей, и поэтому государственная поддержка, прежде всего, требуется вузам, готовящим квалифицированных специалистов.

Предложения по государственной поддержке подготовки специалистов для разработки, внедрения и использования новых производственных технологий, в частности предусматривали:

- подготовку и реализацию государственной программы по разработке и внедрению в практику новых образовательных технологий, направленных на развитие и создание технологий нового поколения, включая предметно-ориентированную подготовку высокопрофессиональных инженеров-разработчиков новой техники, владеющих современными приемами

и технологиями синтеза новых технических решений, удовлетворяющих требованиям конкурентоспособности; финансирование поисковых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в тех направлениях, в которых работают подразделения вузов;

– согласование работы научных и учебных заведений с предприятиями-производителями начиная с разработки макетных образцов новых технологических линий или их элементов и вплоть до запуска их в серийное производство;

– создание центров компетенции (Centers of Excellence) на базе университетов, имеющих весомый научно-технический задел и опыт международного сотрудничества по данному (или сопряженным) направлению, обеспечивающих, в том числе, целевую подготовку специалистов за рубежом; развитие технологий в рамках системы вузовских и промышленных технопарков; целевое финансирование проектов, ориентированных на развитие новейших технологий (через программы поддержки вузов, научных фондов, ФЦП).

Заключение

В целом направление «новые производственные технологии» может рассматриваться как специфическая область научно-технологического развития, в рамках которой транслируются достижения по приоритетным направлениям исследований и разработок, а также результаты разработки критических («стратегических», «ключевых» и т.п.) технологий в процесс производства товаров и услуг.

Обобщая предложения экспертов в области государственной поддержки развития новых производственных технологий, можно утверждать, что большинство из них вполне обоснованы и практичны. Они могут быть учтены при формировании проекта и дальнейшей реализации национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии», анонсированной на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 16 сентября 2014 г. [1].

При разработке проекта данной инициативы Минпромторгу России совместно с Минэкономразвития России, Минобрнауки России, Минтранс России, другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями, общественными объединениями предпринимателей поручено представить в правительство предложения по созданию проектных консорциумов с международным участием, ориентированных на внешние и внутренние рынки и состоящих, в том числе из ведущих высших учебных заведений и исследовательских центров, инжиниринговых компаний, производящих продукты и технологические решения в области новых производственных технологий [1].

Решение о разработке национальной инициативы свидетельствует о повышении внимания государства к вопросам реализации промышленной политики, модернизации процессов производства. Предлагается ввести передовые производственные технологии в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации с соответствующей корректировкой перечня критических технологий Российской Федерации.

10 февраля 2015 г., выступая на научно-практической конференции: «Аддитивные технологии в российской промышленности» во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов (ВИАМ), вице-премьер Правительства России Д. Рогозин заявил, что нужно думать о том, как преобразовать промышленную экономику Российской Федерации. В качестве одного из направлений работы он назвал выработку конкретного плана действий по созданию новой отрасли промышленности – аддитивного производства. Залогом успеха здесь рассматривается, в том числе, и подготовка кадров для новой промышленности и ее отраслей [16].

Таким образом, объективная оценка состояния исследований и разработок в области новых производственных технологий приобретает важное значение для реализации новой на-

циональной технологической инициативы. Опыт проведения таких оценок в РИНКЦЭ, обобщенный в статье, показал, что его результаты будут тем объективнее, чем большее количество экспертов примет участие в опросах. Кроме того, такие опросы должны проводиться на систематической основе в интересах выбора наиболее целесообразных направлений развития новых производственных технологий и оптимальных инструментов их государственной и корпоративной поддержки.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.39.2016/НМ.

Список литературы

1. О развитии новых производственных технологий. Заседание президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России. 16 сентября 2014. Available at: <http://government.ru/news/14787>. Дата обращения 25.10.2014.
2. Бахтурин Г.И. «Опыт зарубежных программ перехода к новому поколению производственных технологий», доклад на Втором заседании Рабочей Группы Экономического Совета при Президенте РФ по направлению «Отраслевая и инфраструктурная политика», 10 июня 2013 г.
3. Основные методологические подходы к актуализации долгосрочного прогноза важнейших направлений научно-технологического развития в Российской Федерации. ВШЭ. Available at: <http://www.hse.ru/data/2011/10/06/1270668149/001> – Исправленные Методология и план мероприятий ВШЭ_13.511.12.1001.pdf. Дата обращения 11.11.14 г.
4. Постановление Федеральной службы государственной статистики от 7 ноября 2006 г. № 63 «Об утверждении Порядка заполнения и представления форм федерального государственного статистического наблюдения № 1-технология «Сведения о создании и использовании передовых производных технологий». Росстат. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12051129>.
5. Наука. Инновации. Информационное общество: 2013: краткий статистический сборник. Под ред. Л.М. Гохберг, Я.И. Кузьминов, К.Э. Лайкам, С.В. Салихов. ВШЭ. Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013.
6. Наука России в цифрах: 2013. Статистический сборник М.: РИНКЦЭ, 2013.
7. Аганбеков С. Создаются ли в России инновации? // Экономический журнал. Выпуск № 25 / 2012, С. 8–20.
8. PCAST Report to the President Capturing a Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing. Report of the Advanced Manufacturing Partnership Steering Committee. Annex 1: Technology Development Workstream Report, President's Council of Advisors on Science and Technology, July 2012. PCAST. Available at: http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/amp_final_report_annex_1_technology_development_july_update.pdf. Дата обращения 16.07.2014.
9. Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing Stephanie Institute for defense analyses (IDA), IDA Paper P-4603, March 2012.
10. European Competitiveness in Key Enabling Technologies. Final Report. Centre for Economic Research (ZEW)., May 28th, 2010. ZEW. Available at: http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/final_report_kets_observatory_2013.pdf. Дата обращения 20.07.2014.
11. Deploying AMS in the EU: scope for policy interventions. High Level Group on Key Enabling Technologies. Thematic Report by the Working Team on Advanced Manufacturing Systems. Date of release: 9 December 2010. Available at: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/key_technologies/kets_high_level_group_en.htm. Дата обращения: 15.10.2014 г.
12. Дежина И., Пономарев А. Перспективные производственные технологии: новые акценты в развитии промышленности. Форсайт. Т.8, № 2, 2014 г. С. 16–29.
13. Боков М.Б. Специфика и процедуры получения прогнозного знания в Форсайте. Социологические исследования. 2013. № 3. С. 74–84.

14. Симачев Ю., Кузык М., Кузнецов Б., Погребняк Е. (2014) Россия на пути к новой технологической промышленной политике: среди манящих перспектив и фатальных ловушек, 2014. Т. 8. № 4. С. 6–23.

15. Гохберг Л., Китова Г., Рудь В. Налоговая поддержка науки и инноваций: спрос и эффекты. Форсайт. 2014. Т. 8 № 3. С. 18–41.

16. Рогозин Д. Цифровые фабрики в России, или на пути к новой промышленной революции. Росинформбюро, 12.02.2015. Available at: <http://rosinform.ru/2015/02/10/tsifrovye-fabriki-v-rossii-ili-na-puti-k-novoy-promyshlennoy-revolutsii>. Дата обращения 16.02.2015.

References

1. *Sovet pri Presidente Rossiyskoy Federatsii po modernizatsii ekonomiki I innovatsionnomu razvitiyu Rossii* [Council for Economic Modernisation and Innovative Development of Russia to the President of Russia] (2014) *O razvitii novuh proizvodstvennykh tekhnologiy* [About development of new manufacturing technologies] *Zasedaniye prezidiuma Soveta* [The Presidium of the Council meeting] 16.09.2014. Available at: <http://government.ru/news/14787> (accessed: 25.10.2014).

2. Bakhturin G.I. (2013) *Opyt zarubezhnykh program perehoda k novomu pokoleniyu proizvodstvennykh tekhnologiy* [The experience of foreign programs of renovation to the new generation of manufacturing technologies] *Doklad na Vtorom Zasedanii Rabochey gruppy Ekonomicheskogo Soveta pri Presidente RF po napravleniyu «Otraslevaya I infrastrukturalnaya politika»* [Report at the Second meeting of Working Party of the Council for Economic Modernisation and Innovative Development to the President of Russia, branch «Industry and infrastructure policy»]. 10.06.2013.

3. *Osnovnye metodologicheskie podhody k aktualizatsii dolgosrochnogo prognoza vazhneishih napravlenii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya v Rossiiskoi Gederatsii* [The main methodological approaches to long-time forecast actualization of the principal trends of scientific-technological development in the Russia Federation] HSE. Available at <http://www.hse.ru/data/2011/10/06/1270668149/001>. Исправленные Методология и план мероприятий ВШЭ_13.511.12.1001.pdf (accessed: 11.11.14).

4. *Postanovlenie ROSSTAT ot 7 noyabrya 2006 No. 63* [Decision of Federal State Statistic Service Of the Russian Federation No. 63 of November 7, 2006] *ROSSTAT* [FSSS]. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12051129> (accessed: 23.08.2014).

5. *Nauka. Innovatsii. Informatsionnoe obschestvo 2013: kratkiy statisticheskiy sbornik* [Science. Innovations. Informational Society: 2013: pocket data book] *Pod red.* [Editorial board] Gohberg L.M., Laikam K.E., Kuzminov Ya.I., Salikhov S.V. HSE. *Moskva: Natsionalny issledovatel'skiy universitet «Vysshaya Shkola Ekonomiki»* [Moscow: National Research University «Higher School of Economics» (HSE)], 2013.

6. (2013) *Nauka Rossii v tsifrah* [Russian Science in figures]: 2013. *Statisticheskii sbornik* [Statistics digest]. Moscow, SRI FRCEC.

7. Agabekov S. (2012) *Sozdayutsya li v Rossii innovatsii?* [Does Russia have innovations?] *Ekonomicheskii zhurnal* [Economic Journal], No 25, 2012, pp. 8–20.

8. PCAST (2012) Report to the President Capturing a Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing. Report of the Advanced Manufacturing Partnership Steering Committee. Annex 1: Technology Development Workstream Report, President's Council of Advisors on Science and Technology, July 2012. Available at: http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/amp_final_report_annex_1_technology_development_july_update.pdf (accessed 16.07.2014).

9. IDA (2012) Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing Stephanie Institute for defense analyses (IDA), IDA Paper P-4603, March 2012.

10. (ZEW) (2010) European Competitiveness in Key Enabling Technologies. Final Report. Centre for Economic Research (ZEW), May 28th, 2010. Available at: http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/final_report_kets_observatory_2013.pdf (accessed 20.07.2014).

11. Deploying AMS in the EU: scope for policy interventions. High Level Group on Key Enabling Technologies. Thematic Report by the Working Team on Advanced Manufacturing Systems. Date of release: 9 December 2010. Available at: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/key_technologies/kets_high_level_group_en.htm (accessed: 15.10.2014 г.).

12. Dezhina I., Ponomarev A. (2014) *Perspektivnye proizvodstvennye tekhnologii: novye aktsenty v razvitii promyshlennosti* [Advanced Manufacturing: New Emphasis in Industrial Development] *Forsayt* [Foresight-Russia], vol. 8, No. 2, pp. 16–29.13. Bokov M.B.] *Spetsifika I protsedury polucheniya prognoznogo znaniya v Forsaite* [Specification and procedures of forecasting in Foresight] *Sotsiologicheskie issledovaniya* [Sociological Research], No. 3. 2013, pp. 74–84.
14. Simachev Yu., Kuzyk M., Kuznetsov B., Pogrebnyak E. (2014) *Rossiya na puti k novoy technologicheskoy promyshlennoy politike: sredi manyaschih perspective i fatalnyh lovshek* [Russia on the way to new technology manufacturing policy: between inviting perspectives and fatal traps] *Forsayt* [Foresight-Russia], vol. 8, No. 4, pp. 6–23.
15. Gohberg L., Kitova G., Rud' V. (2014) *Nalogovaya podderzhka nauki I innovatsiy: spros i effecty* [Taxation support of science and innovations: demand and effects] *Forsayt* [Foresight], vol. 8, No. 3, pp. 18–41.
16. Rogozin D. (2015) *Tsifrovye fabriki v Rossii, ili na puti k novoi promyshlennoi revoliutsii* [Digital factories in Russia or on the way to new manufacturing revolution] *Rosinform biuro* [Rosinform] 12.02.20. Available at: <http://rosinform.ru/2015/02/10/tsifrovy-fabriki-v-rossii-ili-na-puti-k-novoy-promyshlennoy-revolutsii> (accessed: 16.02.2015).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ РЕГРЕССИОННОГО И НЕЙРОСЕТЕВОГО КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

И.Б. Колмаков, профессор кафедры информатики Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, д-р экон. наук, kolibor@rambler.ru

А.В. Кольцов, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, akoltsov@extech.ru

М.В. Доможаков, асп. каф. Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, matkhak@yandex.ru

Рассмотрена общая методология и архитектура системы нейросетевых моделей краткосрочного прогнозирования экономических показателей и ее реализации в виде интегрированной информационной системы на примере показателей «Внутренние затраты» сферы исследований и инноваций РФ. Проведен сравнительный анализ регрессионных и нейросетевых моделей краткосрочного прогнозирования на примере показателей «Внутренние затраты» сферы исследований и инноваций РФ. Применение подобной системы позволяет не только повысить точность и качество прогнозных расчетов, но и повысить обоснованность принимаемых решений для достижения целевых показателей.

Ключевые слова: сфера исследований и инноваций, системы регрессионных уравнений, модели краткосрочного прогноза, верификация прогноза, система нейросетевых моделей, система гибридных моделей.

COMPARATIVE ANALYSIS OF REGRESSION AND NEURAL NETWORK SHORT-TERM FORECASTING SYSTEMS

I.B. Kolmakov, Professor lecturer of Department, Russian Plekhanov University of Economics, Ph. D. of Economics, kolibor@rambler.ru

A.V. Koltsov, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Economics, akoltsov@extech.ru

M.V. Domozhakov, Post-Graduate Student, Russian Plekhanov University of Economics, matkhak@yandex.ru

A general strategy and architecture of the system of short-term forecasting neural network models of economic indicators and its implementation in the form of an integrated information system on the example of the scope of performance of research and innovation of the Russian economy. A system of distributed neural network models, a comparative analysis of econometric and neural network models for internal costs. The use of such a system can not only improve the accuracy and quality of the forecast calculations, but also to apply them in the loop control to achieve the targets.

Keywords: research and innovation, the system of regression equations, short-term forecasting model forecast verification system neural network models, the system of hybrid models.

Разработка систем прогнозирования экономики страны в целом и ее различных подсистем является одной из важнейших задач управления [1].

Становление конкурентоспособной национальной экономики в значительной степени зависит от уровня развития научно-технической и инновационной сфер, которые являются подсистемами национальной экономики. Для прогноза показателей научно-технической и

инновационной сфере использовались регрессионные методы. Прогнозирование показателей сферы исследований и инноваций с использованием только регрессионных моделей весьма проблематично, поскольку не существует жестких структурных пропорций показателей развития этой сферы относительно показателей развития других отраслей экономики [2, 3].

Первоначально была разработана распределенная информационно-аналитическая метасистема (РИАМС) для решения взаимосвязанных регрессионных уравнений [4]. Подход, использованный в программно-технологическом комплексе (ПТК), базируется на применении распределенной эконометрической модели, в которую встраиваются блоки, определяющие основные показатели развития сферы научных исследований и инноваций [3].

Основным источником отчетных данных являются публикации Росстата [5]. Анализ этих данных показал, что в процессе перехода на показатели СНС, приемлемые стабильные ряды отчетных данных для большинства показателей сферы научных исследований и инноваций появились только с 2004 г., так как некоторые из них ранее в полном объеме не наблюдались органами статистического учета. Процесс наблюдения продолжается: непрерывно происходит включение новых наблюдаемых показателей и отказ от наблюдения уже не используемых. Показатели сферы исследований и инноваций РФ в РИАМС представлены временными рядами за 2004–2015¹ гг. С одной стороны, небольшое количество статистических наблюдений не позволяет выявить тенденции в развитии показателя. С другой стороны, избыточное количество наблюдений может искажать траекторию модели, поскольку динамика данных ранних периодов может противоречить закономерностям текущих периодов.

Главные преимущества разработанной системы – оперативная возможность изменения сценарных условий и последующий перерасчет прогнозных значений. Для любого сценарно-фиксируемого изменения условий функционирования система РИАМС позволяет практически мгновенно получать расчетные прогнозные значения развития сферы исследований и инноваций.

Степень доверия к результатам прогноза, среди прочих факторов, зависит от стабильности, точности и качества расчетного прогноза. Многовариантность сценарных условий, задаваемых экспертно, предполагает многовариантность соответствующих этим сценарным условиям прогнозных расчетов. Одним из инструментов оценки точности и качества прогноза является ретроверификация, в ходе которой результаты ретропрогноза сравниваются с соответствующими отчетными данными. Технологически основное отличие прогноза от ретропрогноза состоит в том, что сценарные условия ретропрогноза становятся отчетными данными. Анализ результатов ретроверификации повышает степень доверия к прогнозам. Ретроверификация выполняется для каждого показателя построенных моделей. На основании сравнения расчетной и отчетной траекторий вычисляются оценки точности и качества и принимается решение о принадлежности показателя к категориям «плохой» – «хороший» [6].

В системе оценок качества регрессионных уравнений РИАМС использованы общепринятые критерии: коэффициент детерминации (R^2), критерий Дарбина-Уотсона (DW) и расчетное значение статистики Фишера (F -stat), сравниваемое с допустимым (F -доп). Оценкой точности прогноза служит относительная ошибка показателя (MAPE). Границы указанных критериев устанавливаются экспертно. Процессы ретроверификации автоматизированы и по результатам расчетов оценок точности и качества становятся доступны исследователям, которые могут судить о точности прогнозных моделей и получать характеристики качества прогноза показателей в категориях «плохой» – «хороший» для различных вариантов диапазонов оценок точности и качества [7].

В табл. 1 приведен пример категоризации характеристик ретроверификации показателей оценок качества и точности прогноза.

¹ Российский статистический ежегодник. Статистический сборник / Росстат РФ. М.: 2001–2015.

Таблица 1

Характеристики ретроверификации показателей

Категория	Оценки качества	Оценки точности
Хороший	$R^2 \geq 0,4$; $F\text{-stat} > F_{don}$; $0,6 \leq DW \leq 3,4$	$MAPE \leq 0,1$
Плохой	$R^2 < 0,4$; $F\text{-stat} < F_{don}$; $0,6 > DW$ или $DW > 3,4$	$MAPE > 0,1$

После получения предварительных результатов ретроверификации эконометрических моделей, улучшаются оценки качества и точности заменой в уравнениях моделей менее значимых факторов – аргументов на более значимые. Однако, для некоторых показателей существуют объективные причины, которые не позволяют достичь улучшения в рамках применения регрессионных моделей [7]. Одной из самых важных причин, ограничивающих возможность улучшить регрессионное уравнение для «плохого» показателя – отсутствие наблюдаемых Росстатом факторов, определяющих поведение исследуемого показателя. В случаях, когда использованы предельные возможности эконометрических моделей и результат прогноза оказывается «плохим», а потребности в прогнозе не удовлетворены, возникает необходимость использовать принципиально другие методы, модели и инструментальные средства для получения прогнозных значений востребованных показателей.

Авторами предложена методология прогнозирования [8], базирующаяся на применении распределенной информационной нейросетевой модели краткосрочных прогнозов (РИМП) [9, 10] и реализованная в виде инструментальных средств. Успешное применение РИМП позволило пойти дальше и разработать методологию гибридного прогнозирования показателей сферы научных исследований и инноваций [8, 11]. Основной принцип гибридного моделирования заключается в использовании двух распределенных систем:

- Распределенной информационно-аналитической метасистемы (РИАМС) [4, 7].
- Распределенной информационной нейросетевой системы моделей (РИМП) [8–10].

Подробное описание алгоритма гибридного прогнозирования приведено в работе [8] и блок-схема алгоритма представлена на рис. 1.

Ретроверификация в РИМП происходит следующим образом: отчетный ряд уменьшается до $n-1$ элементов, осуществляется прогноз на один период вперед, полученное расчетное значение сравнивается с n -ным отчетным наблюдением и делается вывод о точности ретропрогноза. В зависимости от четности n , возможны два режима ретроверификации:

- Если n – четное, то ретроверификация происходит в рамках проверки модели на последнем наблюдении тестовой выборки.
- Если n – нечетное, то ретроверификация осуществляется на отдельном расчетном n -ном элементе и сравнивается с соответствующим отчетным значением;

Критерием точности интеллектуальных нейросетевых систем (ИНС) служит средняя относительная ошибка $MAPE_{nn}$ последних 4-х расчетных значений. Если она меньше экспертно заданной величины, то модель относится к категории «хороших».

Успешное применение технологии ИНС для расширения возможностей регрессионного краткосрочного прогноза позволило сформулировать новые задачи:

1. Применить методологию и технологии ИНС для прогнозирования любых показателей сферы исследований и инноваций.
2. Сравнить результаты ретропрогнозирования в системах РИАМС и РИМП.
3. Сравнить трудоемкость:
 - а) подготовки систем к выполнению решений;
 - б) перенастройки исследуемых систем прогноза.
4. Сравнить быстродействие выполнения прогнозных расчетов.
5. Выработать рекомендации по рациональному использованию систем прогноза РИАМС и РИМП.

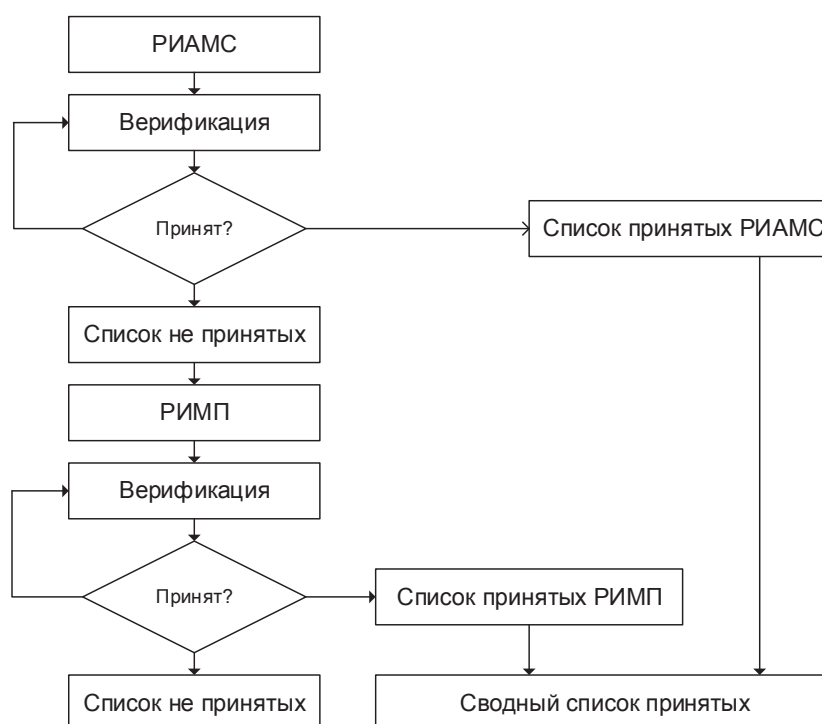


Рис. 1. Алгоритм работы системы гибридного прогнозирования

В настоящей статье поставленные задачи рассматриваются на примере прогноза показателей блока «Внутренние затраты» сферы исследований и инноваций. Согласно методологическим положениям Росстата, «Внутренние затраты на исследования и разработки» – это выраженные в денежной форме фактические затраты на выполнение исследований и разработок на территории страны (включая финансируемые из-за рубежа, но исключая выплаты, сделанные за рубежом). Их оценка базируется на статистическом учете затрат на выполнение исследований и разработок собственными силами организаций в течение отчетного года независимо от источника финансирования. Внутренние затраты на исследования и инноваций включают текущие и капитальные затраты. Внутренние текущие затраты – затраты на оплату труда, страховые взносы, затраты на приобретение оборудования за счет себестоимости работ, другие материальные затраты (стоимость приобретаемых со стороны сырья, материалов, комплектующих изделий, полуфабрикатов, топлива, энергии, работ и услуг производственного характера и др.), прочие текущие затраты².

Для решения поставленных задач были выбраны следующие показатели:

- Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего (SNFS-241).
- Внутренние затраты на исследования и разработки за счет собственных средств (SNFE-247).
- Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств предпринимательского сектора (SNFIN-253).
- Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору (SNFG-273).
- Внутренние затраты на исследования и разработки на оплату труда (SNFOT-289).

² Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/nauka/mnayka7.htm.

Регрессионный прогноз в системе РИАМС

В ходе исследования предполагалось, что в системе РИАМС подготовка решения ведется на листах системы EXCEL. Подготавливаются листы: «ИМЕН ПОКАЗАТЕЛЕЙ», «ДАННЫХ» и «УРАВНЕНИЙ». Причем, будучи однократно заполненными, они в дальнейшем обновляются только по мере необходимости. Все программы написаны в VBA (Visual Basic Application), скрыты от пользователя. Установки параметров расчетов, сценарных условий, численных значений критериев контроля и отбора производятся стандартными средствами EXCEL. Все этапы работ секционированы. Подготовка данных, выполнение расчетов, формирование наборов выходных документов осуществляются с помощью кнопочного управления. Расчет коэффициентов регрессионных уравнений и прогнозные расчеты выполняются в однократном режиме для любого числа показателей (от 1 до 1000, возможно и более). Поэтому базовая оценка быстродействия получается, как среднее время расчета одного показателя. Расчет каждого показателя сопровождается получением стандартных характеристик качества.

Результаты расчетов в РИАМС показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего» (SNFS)

Регрессионное уравнение для расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего» имеет вид:

$$SNFS = a_0 + a_1 \cdot SNFS_1 + a_2 \cdot SNW + a_3 \cdot ASGFBS + a_4 \cdot SNE + a_5 \cdot M_2,$$

где: a_0 — свободный член, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 — коэффициенты регрессионного уравнения;

SNFS — текущее значение расчетного показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего»;

SNFS_1 — предыдущее значение расчетного показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего»;

SNW — текущее значение показателя «Численность персонала, занятого исследованиями и разработками»;

ASGFBS — предыдущее значение расчетного показателя «Ассигнования на гражданскую науку из средств Федерального бюджета. Всего»;

SNE — предыдущее значение расчетного показателя «Число организаций, выполняющих исследования и разработки»;

M_2 — сценарный показатель, учитывающий влияние темпа роста денежной массы.

На рис. 2 приведены графики отчетных, расчетных и прогнозных значений показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего». Графики показывают, что расчетные значения с достаточно высокой точностью совпадают с отчетными.

При этом значения показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего» имеют устойчивую почти линейную тенденцию роста. С 2004 по 2014 год увеличение показателя составило более 400 %.

В табл. 2 приведены статистические характеристики расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего»

В табл. 2:

— Коэффициент детерминации — $R^2 = 0,9987$.

— Критерий Дарбина-Уотсона — $DW = 3,011$.

— F -статистика фактическая равна 469, что значительно превышает допустимое значение для расчетных степеней свободы (5,9) и позволяет принять гипотезу о допустимости использования принятых аргументов.

Высокие значения статистических характеристик позволяют сделать вывод о хорошем качестве регрессионной модели (большой точности совпадения расчетных данных с отчетными). Таблица статистических характеристик содержит и показатели t -статистики, что позволяет оценить вклад каждого фактора в расчет исследуемого показателя.

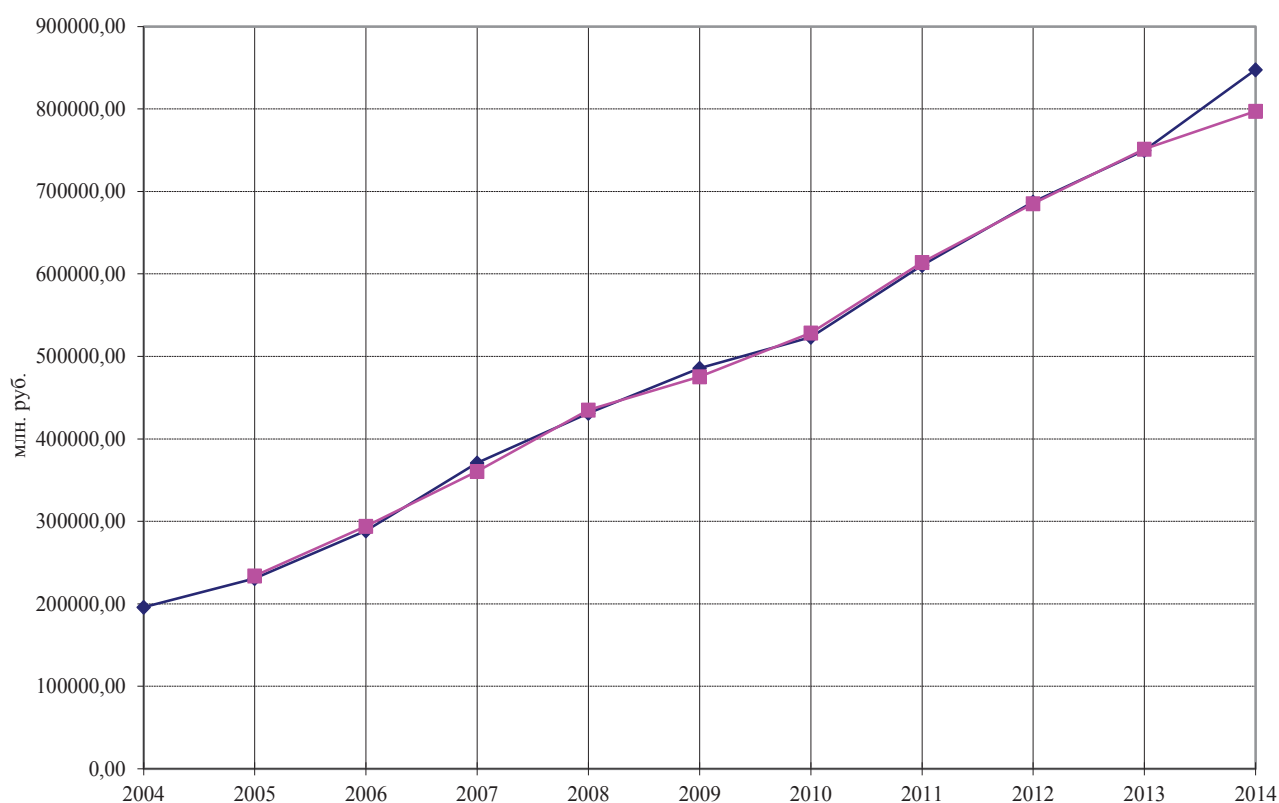


Рис. 2. Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего» (SNFS) в системе РИАМС

Таблица 2

Статистические характеристики расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего»

Статистики		Коэффициенты					
R^2	f -stat	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0,99872	4,69E+02	-7,22E+05	1,01E+00	-4,50E-01	-3,22E+01	2,91E+02	6,66E+04
Стандартные значения ошибок		Se_0	Se_1	Se_2	Se_3	Se_4	Se_5
		409862,8	0,26781	0,42554	306,9995	74,7568	41014,4
Вычисление T -статистики		a_0/Se_0	a_1/Se_1	a_2/Se_2	a_3/Se_3	a_4/Se_4	a_5/Se_5
		-1,761	3,75325	-1,0677	-0,10504	3,89587	1,62389
SNFS =		1	SNFS_1	SNW	ASGFBS	SNE	M_2

Поведение графиков отчетной и расчетной функций убеждают нас в том, что приближение достаточно точное, а отклонения незначительны. Хотя на самом важном шаге ретропрогнозное значение и отличается от отчетного, но сохраняется в пределах допустимого отклонения (10%).

Интеллектуальный нейросетевой прогноз в системе РИМП

Обратимся к прогнозу этого же показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего» – SNFS на этом же временном интервале 2004–2014 гг. с помощью методов нейросетевого моделирования в системе РИМП. В отличие от регрессионного прогноза, в ИНС нет групповых расчетов. Настройка и расчет каждого показателя осуществляется индивидуально. Методология и технологии прогноза с помощью ИНС подробно описаны в [8].

В разработанной системе прогноза с помощью ИНС реализована сеть прямого распространения – многослойный персептрон (МП). В сетях подобного типа входной сигнал распространяется в прямом направлении от слоя к слою. На рис. 3 представлен пример МП с двумя нейронами на входном слое, двумя на скрытом, и с одним нейроном на выходном слое.

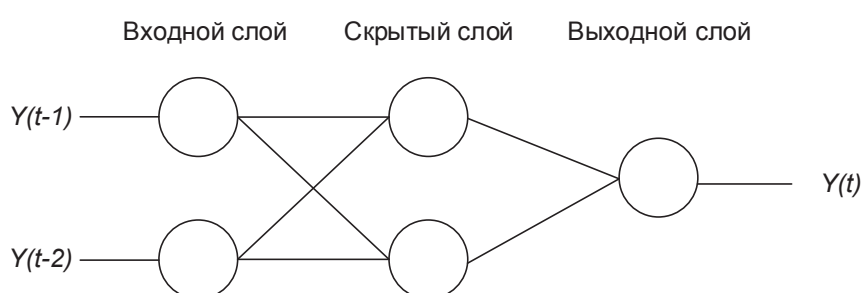


Рис. 3. Пример структуры многослойного персептрона

Многослойный персептрон имеет ряд управляемых параметров, которые формируют его структуру. Для выбранных показателей были проведены компьютерные эксперименты по нахождению оптимальных параметров нейронной сети. Для всех моделей были установлены следующие одинаковые параметры персептрона и условия расчета:

- 1) Количество нейронов на входном слое = 1.
- 2) Количество нейронов на выходном слое = 1.
- 3) Скорость обучения = 0,0001.
- 4) Момент обучения = 0,01.
- 5) Максимальное количество эпох обучения = 1000.
- 6) Максимальное время обучения = 10 мин.

Особую роль в МП выполняют функции активации на нейронах каждого слоя. Складывающиеся тенденции, влияние неэкономических факторов и мнения экспертов в РИМП предполагается учитывать за счет управления функцией активации выходного нейрона. Например, учитывая, что существуют «директивные» факторы (значения исследуемого показателя зависят от постановлений законодательной или исполнительной власти, или от решений руководства финансовыми органами) ограничения развития того или иного показателя, целесообразно использовать для расчетов убывающую экспоненциальную функцию активации:

$$f(x) = e^{-\alpha x},$$

где α – параметр, который задается экспертно.

Разбиение исследуемой выборки на обучающие и тестовые множества играет принципиальную роль в методологии ИНС прогноза [8]. При добавлении новых данных в отчетный

ряд, модель перестраивается в автоматическом режиме. Предусмотрены два режима перестроения моделей:

– скользящий — используется одно и то же количество наблюдений n для разбиения на обучающее и тестовое множества, устраняя начальные и включая новые прогнозные появляющиеся значения;

– нарастающий — в общую выборку включаются все новые прогнозные значения, появляющиеся на момент анализа наблюдения.

Разделение на режимы связано с тем, что отчетные данные за многие прошлые годы (например, за 20 лет) не всегда отражают текущие тенденции, и в совокупности модели могут дать искаженный тренд. Логичнее считать, что наиболее актуальными являются ближайшие прошлые значения отчетного временного ряда. Описываемый подход рассматривается нами как «рекуррентный параллельно-последовательный двухшаговый метод прогнозирования» [9].

Результаты нейросетевого ретропрогноза показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего» (SNFS)

Как показывает рис. 4, на начальном участке траектории имеют место значительные отклонения отчетной и расчетной траекторий. Достаточно хорошее совпадение отчетных и расчетных значений наблюдается на отрезке последних семи лет. В конечной точке отчетное и прогнозное значения исследуемого показателя совпадают. Это факт обусловлен тем, что последнее наблюдение является крайней точкой обучающего множества, нейронная сеть практически полностью подстраивается под него. Подобная ситуация будет наблюдаться для всех исследуемых показателей в РИМП и является одним из условий, определяющих, почему для ретроверификации прогноза используется отрезок из 4 наблюдений.



Рис. 4. Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего» (SNFS) в системе РИМП

В ИНС такие характеристики временного ряда как коэффициент детерминации, коэффициент Дарбина – Уотсона и F -статистика теряют смысл, так как не ставится задача получить хорошее приближение на всем интервале наблюдения, а ставится задача получить хорошее приближение на заключительном отрезке исследуемого интервала. Кроме того, не используются в расчетах значения факторов-аргументов и не используются в явном виде сценарные показатели и их значения. Основным количественным критерием становится точность прогноза (MAPE) и визуальный контроль совпадения поведения отчетной и прогнозируемой функций на последних отрезках времени исследуемого интервала.

Ниже приведены примеры расчетов в системе РИАМС и системе РИМП других показателей блока «Внутренние затраты» сферы исследований и инноваций.

Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет собственных средств научных организаций» (SNFE), выполненный в системе РИАМС

Регрессионное уравнение для расчета этого показателя имеет вид:

$$SNFFS = a_0 + a_1 \cdot SNFFS_1 + a_2 \cdot SNW + a_3 \cdot ASGFBS + a_4 \cdot SNE + a_5 \cdot M_2,$$

где: a_0 – свободный член, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 – коэффициенты регрессионного уравнения;

SNFFS – текущее значение расчетного показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего»;

SNFFS_1 – предыдущее значение расчетного показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования. Всего»;

SNW – текущее значение показателя «Численность персонала, занятого исследованиями и разработками»;

ASGFBS – предыдущее значение расчетного показателя «Ассигнования на гражданскую науку из средств Федерального бюджета. Всего»;

SNE – предыдущее значение расчетного показателя «Число организаций, выполняющих исследования и разработки»;

M_2 – сценарный показатель, учитывающий влияние изменения темпа денежной массы.

На рис. 5 приведены графики отчетных, расчетных и ретропрогнозных значений показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет собственных средств научных организаций». Анализ графиков и сравнение таблиц отчетных и расчетных значений показывает, что расчетные значения с достаточно высокой точностью совпадают с отчетными.

В табл. 3 приведены статистические характеристики расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет собственных средств научных организаций».

Таблица 3

Статистические характеристики расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет собственных средств научных организаций»

Статистики		Коэффициенты					
R^2	f -stat	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0,98119	3,13E+01	-2,41E+05	1,80E-01	1,3E-05	1,88E+02	6,14E+01	1,51E+04
Стандартные значения ошибок		Se_0	Se_1	Se_2	Se_3	Se_4	Se_5
		182010,80	0,602	0,333	172,36	44,926	31441,81
Вычисление T -статистики		a_0/Se_0	a_1/Se_1	a_2/Se_2	a_3/Se_3	a_4/Se_4	a_5/Se_5
		-1,324512	0,30270	3,84E-05	1,088717	1,366998	0,481742
SNFE =		1	SNFE_1	SNW	ASGFBS	SNE	M_2

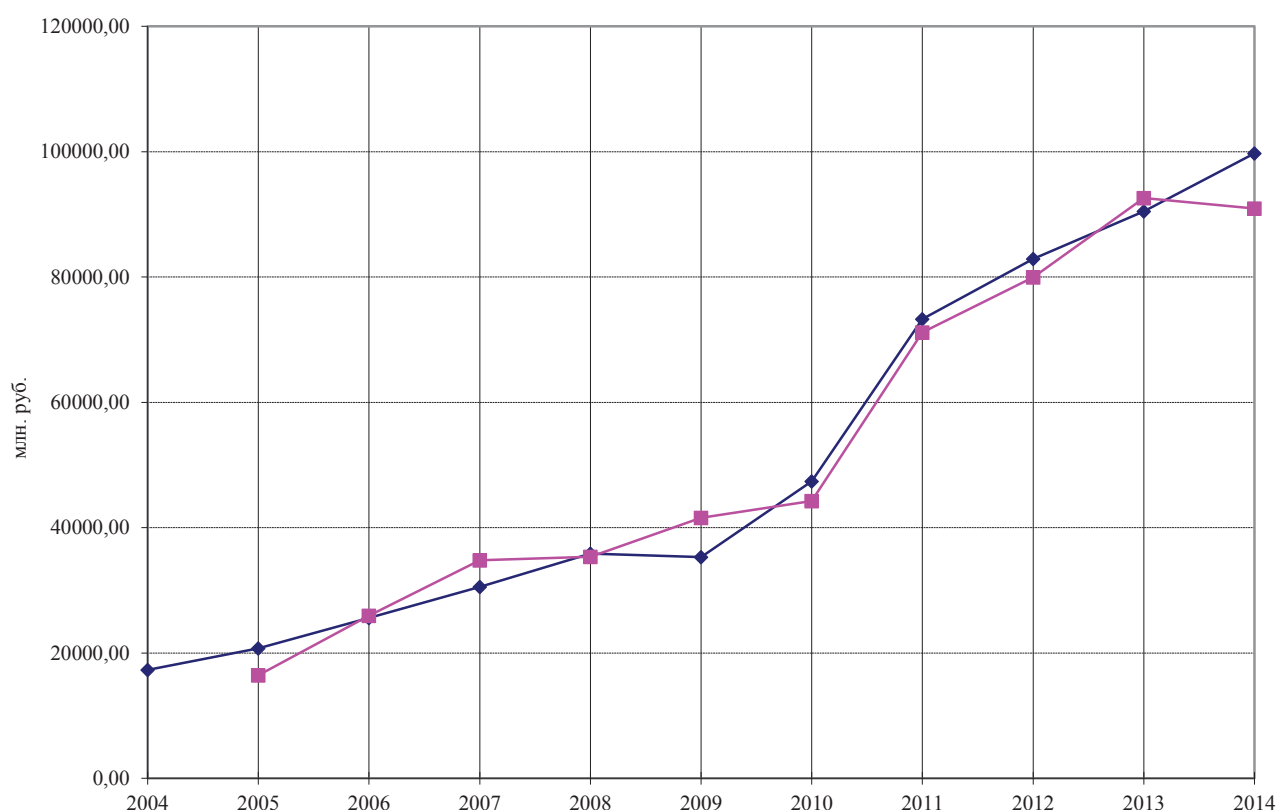


Рис. 5. Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет собственных средств научных организаций» — SNFE в системе РИАМС

В табл. 3:

- Коэффициент детерминации — $R^2 = 0,9812$;
- Критерий Дарбина-Уотсона — $DW = 2,1289$;
- F -статистика равна 31,3, что значительно превышает допустимое значение для эталонных степеней свободы (5,9) и позволяет принять гипотезу о правильности использования принятых аргументов.

Поведение графиков отчетной и расчетной функций убеждают нас в том, что приближение достаточно точное, а отклонения незначительны. Хотя на самом важном шаге ретропрогнозное значение и отличается от отчетного, но сохраняется в пределах допустимого отклонения (10 %).

Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет собственных средств научных организаций» (SNFE), выполненный в системе РИМП

Как показывает рис. 6, и для показателя SNFE на начальном участке траектории имеют место значительные отклонения отчетной и расчетной траекторий. Затем происходит сближение отчетных и расчетных траекторий согласно задаваемому тренду, что дает итоговую ошибку $MAPE = 7,3\%$.

Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств организаций предпринимательского сектора» (SNFIN), выполненный в системе РИАМС

На рис. 7 приведены графики отчетных, расчетных и прогнозных значений показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств организаций предпринимательского сектора». Анализ графиков и сравнение таблиц отчетных и расчетных значе-

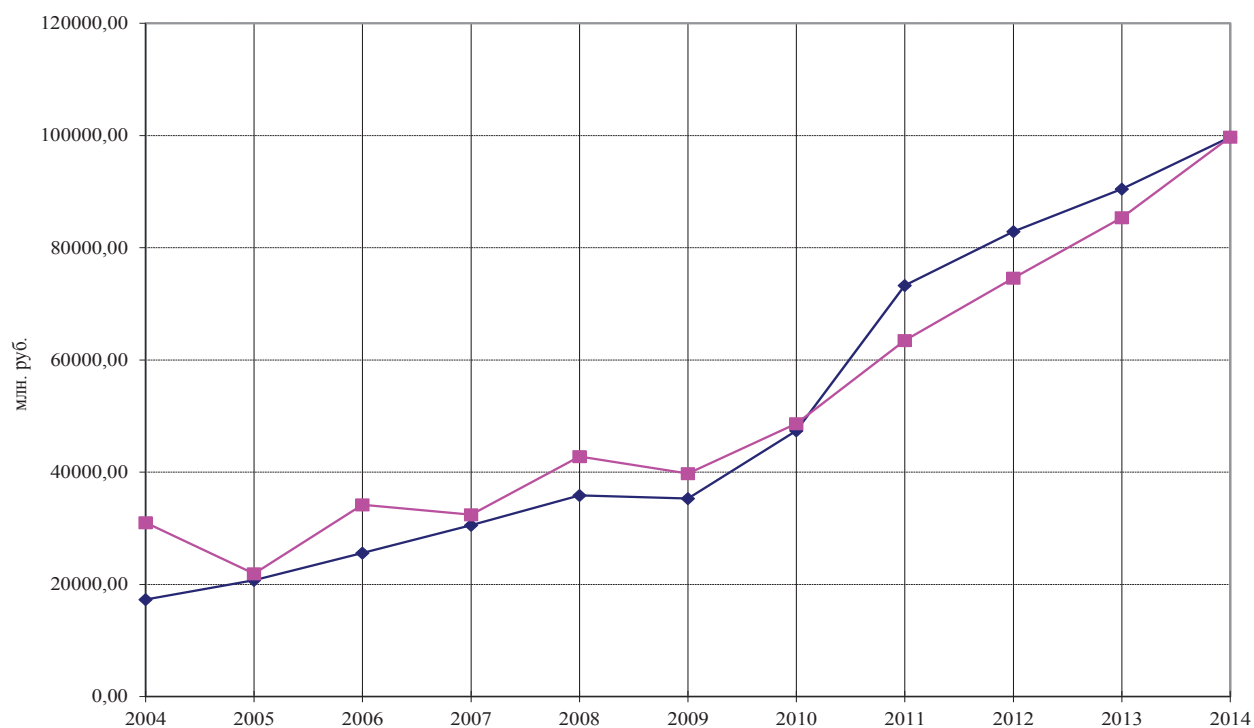


Рис. 6. Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет собственных средств научных организаций» (SNFE) в системе РИМП

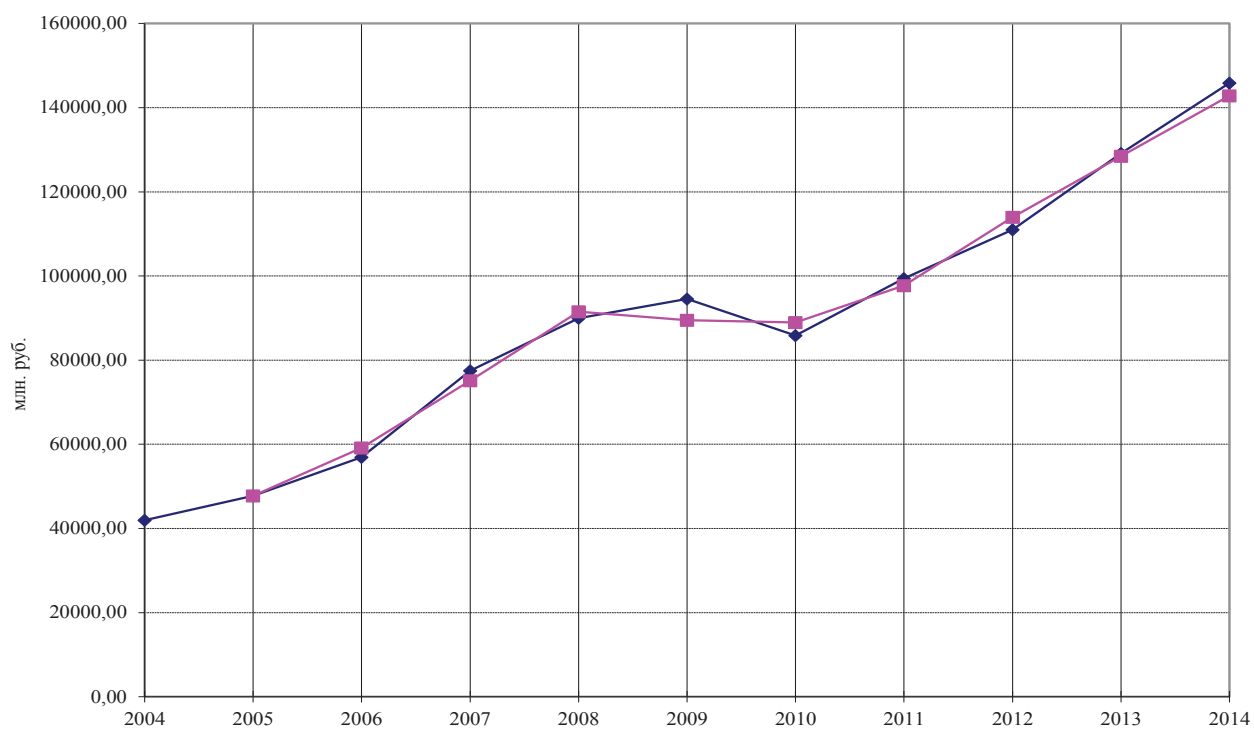


Рис. 7. Прогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств организаций предпринимательского сектора» — SNFIN в системе РИАМС

ний показывает, что расчетные значения с достаточно высокой точностью совпадают с отчетными.

В табл. 4 приведены статистические характеристики расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств организаций предпринимательского сектора».

В табл. 4:

- Коэффициент детерминации – $R^2 = 0,9881$;
- Критерий Дарбина-Уотсона – $DW = 3,4908$;
- F -статистика равна 5,01 что превышает допустимое значение для эталонных расчетных степеней свободы (5,9) и позволяет принять гипотезу о правильности использования принятых аргументов.

Поведение графиков отчетной и расчетной функций убеждают нас в том, что приближение достаточно хорошее, а отклонения незначительны. Темп роста замедлился в период кризиса 2008–2010 гг., но затем восстановился. Хотя на самом важном шаге ретропрогнозное значение и отличается от отчетного, но сохраняется в пределах допустимого отклонения (10 %).

Таблица 4

Статистические характеристики расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств организаций предпринимательского сектора»

Статистики		Коэффициенты					
R^2	f -stat	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0,9881	5,01E+01	–7,48E+05	1,49E+00	4,8E–01	3,85E+01	9,87E+01	–6,38E+03
Стандартные значения ошибок		Se_0	Se_1	Se_2	Se_3	Se_4	Se_5
		242859,65	0,4122257	0,208841	47,656290	37,29064	18923,101
Вычисление T -статистики		a_0/Se_0	a_1/Se_1	a_2/Se_2	a_3/Se_3	a_4/Se_4	a_5/Se_5
		–3,080933	3,617577	2,280480	0,806847	2,647007	–0,337070
SNFIN =		1	SNFIN_1	SNW	ASGFBS	SNE	M_2

Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств организаций предпринимательского сектора» (SNFIN), выполненный в системе РИМП

На рис. 8 представлены отчетные и расчетные ретропрогнозные значения показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств организаций предпринимательского сектора» (SNFIN) в системе РИМП.

Как показывает рис. 8, для показателя SNFIN на начальном участке происходит значительное расхождение расчетных и отчетных значений, однако, в последние 5 лет ИНС настраивается на задаваемый отчетными данными тренд, что позволяет получить незначительную ошибку $MAPE = 2,3\%$.

Прогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору» (SNFG), выполненный в системе РИАМС

На рис. 9 приведены графики отчетных, расчетных и прогнозных значений показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору». Анализ графиков и сравнение таблиц отчетных и расчетных значений показывает, что расчетные значения с достаточно высокой точностью совпадают с отчетными.

В табл. 5 приведены статистические характеристики расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору».



Рис. 8. Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств организаций предпринимательского сектора» (SNFIN) в системе РИМП

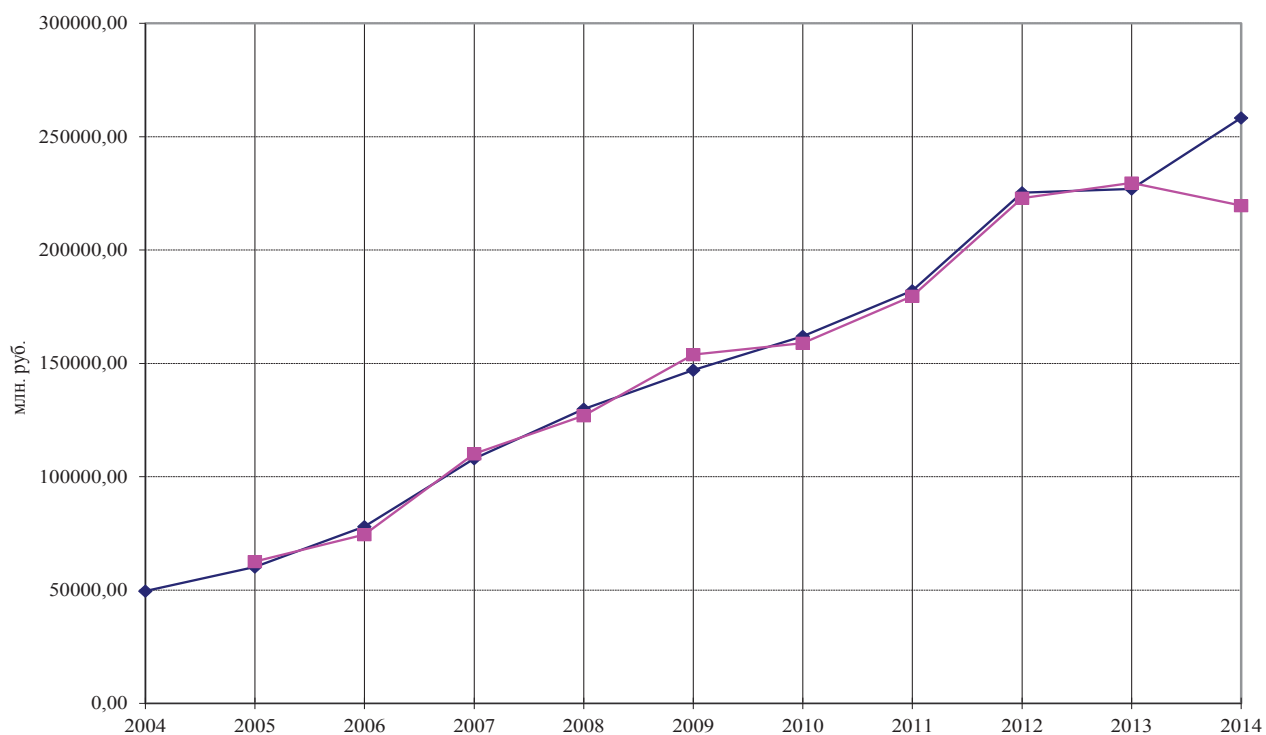


Рис. 9. Прогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору» — SNFG в системе РИАМС

Таблица 5

Статистические характеристики расчета показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору»

Статистики		Коэффициенты						
R^2	f -stat	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
0,9962	8,76E+01	5,82E+05	9,03E-01	8,9E+01	-4,65E-01	-1,53E+02	-2,00E+05	4,93E+02
Стандартные значения ошибок		Se_0	Se_1	Se_2	Se_3	Se_4	Se_5	Se_6
		305928,9	0,426	188,0751	0,61860	98,87519	59036,97	161,972
Вычисление T -статист.		a_0/Se_0	a_1/Se_1	a_2/Se_2	a_3/Se_3	a_4/Se_4	a_5/Se_5	a_6/Se_6
		1,902876	2,119	0,474644	-0,75163	-1,54695	-3,3908	3,04498
SNFG =		1	SNFG_1	ASGFBS	SNWG	SNEG	M_2	REZ

В табл. 5:

- Коэффициент детерминации – $R^2 = 0,9962$;
- Критерий Дарбина-Уотсона – $DW = 2,9411$;
- F -статистика равна 8,76, что превышает допустимое значение для эталонных расчетных степеней свободы (5,9) и позволяет принять гипотезу о правильности использования принятых аргументов.

Поведение графиков отчетной и расчетной функций убеждают нас в том, что приближение достаточно хорошее, а отклонения на отчетных участках незначительны. Но последнее – ретропрогнозное – значение отличается от отчетного более чем на 10 % (14,8 %).

Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору» (SNFG), выполненный в системе РИМП

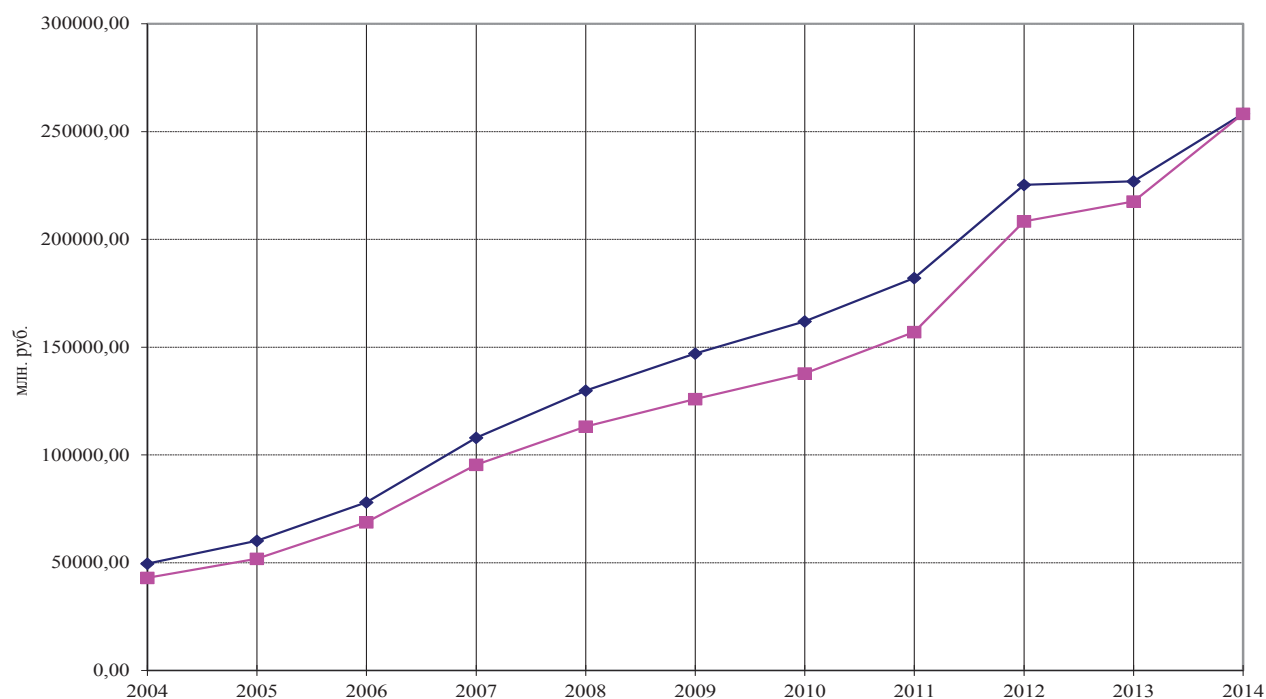


Рис. 10. Ретропрогноз показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору» SNFG в системе РИМП

На рис. 10 приведены графики отчетных и прогнозных расчетных значений показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки по государственному сектору» (SNFG), выполненный в системе РИМП.

Как показывает рис. 10, для показателя SNFG имеет место расхождение отчетной и расчетной траекторий, которое увеличивается в середине отчетного ряда и уменьшается к последним точкам временного ряда.

Ретропрогноз показателя «Внутренние текущие затраты на исследования и разработки на оплату труда» (SNFOT), выполненный в системе РИАМС

На рис. 11 приведены графики отчетных, расчетных и прогнозных значений показателя «Внутренние текущие затраты на исследования и разработки на оплату труда». Анализ графиков и сравнение таблиц отчетных и расчетных значений показывает, что расчетные значения с достаточно высокой точностью совпадают с отчетными.

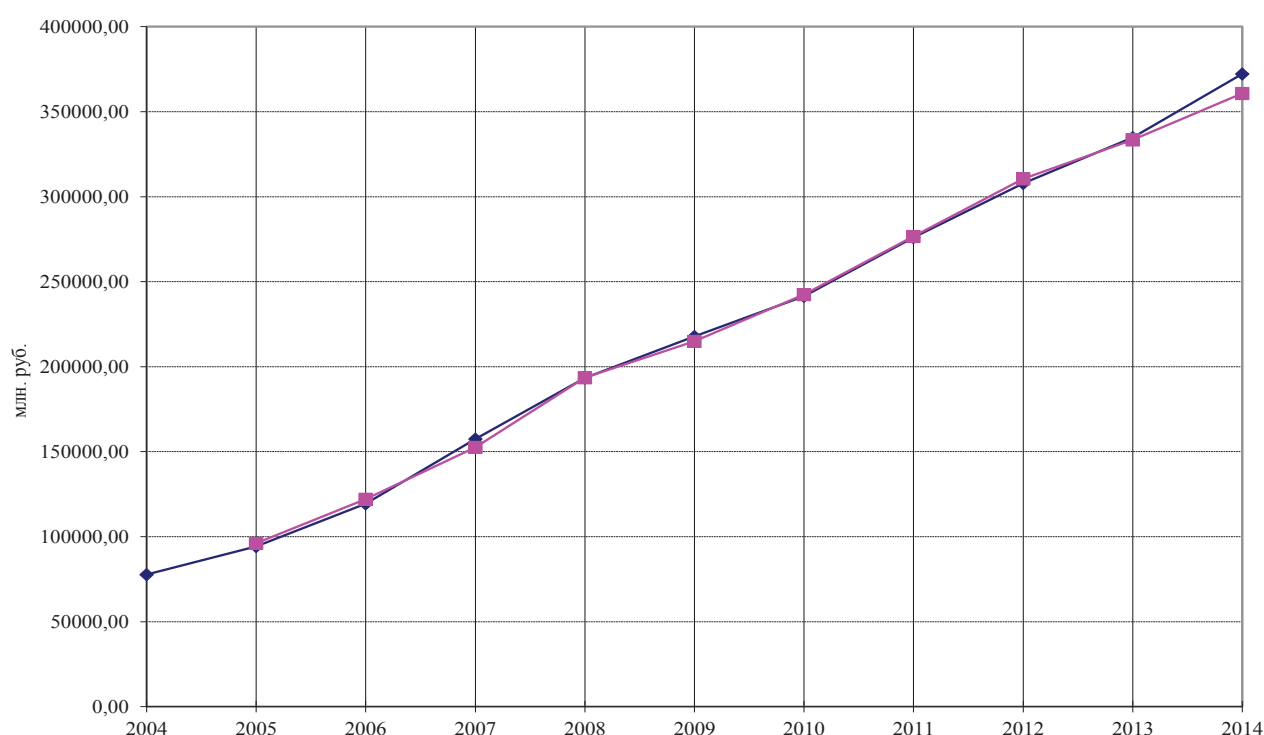


Рис. 11. Ретропрогноз показателя «Внутренние текущие затраты на исследования и разработки на оплату труда» SNFOT в системе РИАМС

В табл. 6 приведены статистические характеристики расчета показателя «Внутренние текущие затраты на исследования и разработки на оплату труда».

В табл. 6:

- Коэффициент детерминации — $R^2 = 0,999$;
- Критерий Дарбина-Уотсона — $DW = 2,411$;
- F -статистика равна 61,1, что значительно превышает допустимое значение для эталонных расчетных степеней свободы (5,9) и позволяет принять гипотезу о справедливости применения используемых аргументов.

Поведение графиков отчетной и расчетной функций убеждают нас в том, что приближение достаточно хорошее, а отклонения незначительны. На последнем шаге ретропрогнозное значение и отличается от отчетного, но сохраняется в пределах допустимого отклонения (10%).

Таблица 6

**Статистические характеристики расчета показателя
«Внутренние текущие затраты на исследования и разработки на оплату труда»**

Статистики		Коэффициенты					
R^2	f -stat	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0,99901	6,11E+02	-5,46E+05	1,54E+00	1,3E-01	-3,08E+02	1,19E+02	1,07E+04
Стандартные значения ошибок		Se_0	Se_1	Se_2	Se_3	Se_4	Se_5
		256532,9203	0,361050249	0,28650716	178,597880	30,0184392	16389,1466
Вычисление T -статистики		a_0/Se_0	a_1/Se_1	a_2/Se_2	a_3/Se_3	a_4/Se_4	a_5/Se_5
		-2,12820387	4,259068204	0,46312519	-1,7227514	3,95625882	0,65031634
SNFOT =		1	SNFOT_1	SNW	ASGFBS	SNE	M_2

Ретропрогноз показателя «Внутренние текущие затраты на исследования и разработки на оплату труда» (SNFOT), выполненный в системе РИМП

На рис. 12 приведены отчетные и расчетные прогнозные значения показателя «Внутренние затраты на исследования и разработки за счет средств предпринимательского сектора» SNFPS в системе РИМП.

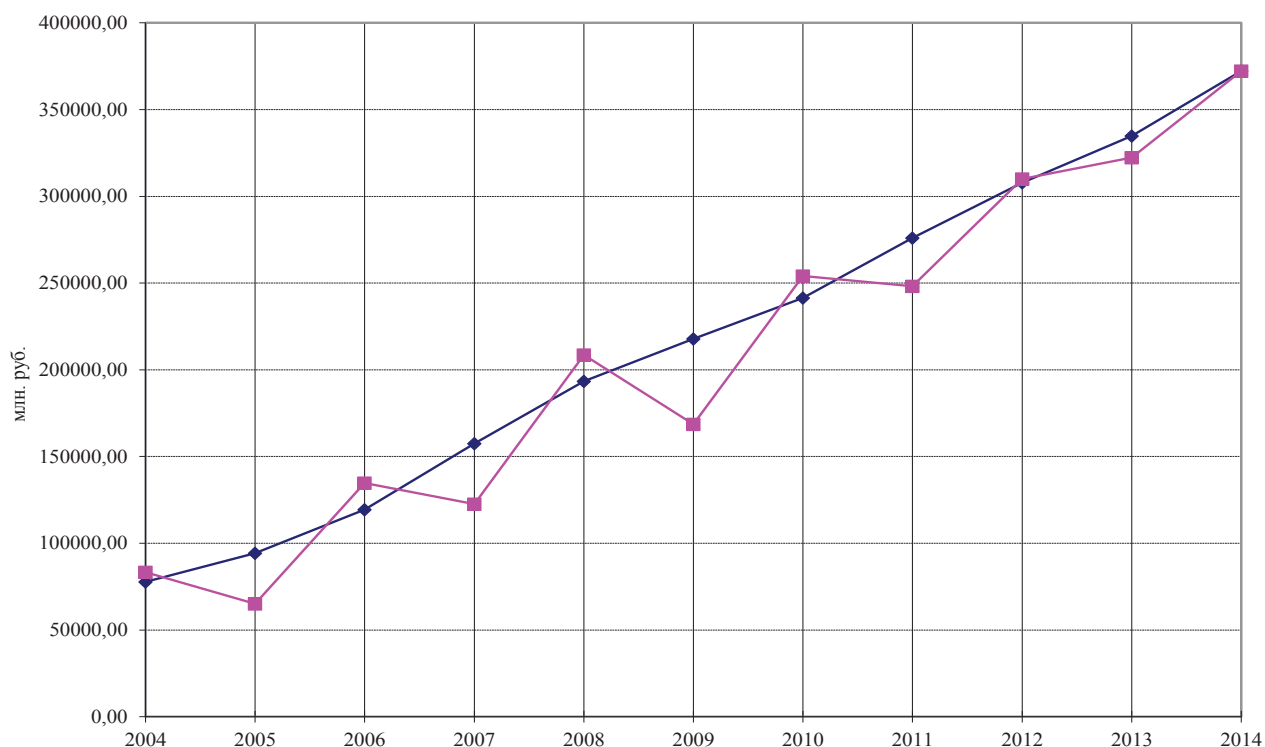


Рис. 12. Ретропрогноз показателя «Внутренние текущие затраты на исследования и разработки на оплату труда» SNFOT в системе РИМП

Как следует из рисунка, визуальный анализ показателя SNFOT показывает значительные колебания в начальном участке траектории, которые затухают к окончанию временного ряда. В заключительном отрезке имеют место сближения отчетной и расчетной траекторий.

В конечной точке происходит совпадение отчетного и прогнозного значений исследуемого показателя.

Выводы

В процессе выполнения прогнозных расчетов получены характеристики качества регрессионных моделей. Выше они были приведены для каждого исследуемого показателя. Ниже представлена сводная табл. 7, в которой приведены характеристики точности ретропрогноза каждого показателя в РИАМС и РИМП, а также время расчета каждого показателя в РИАМС и РИМП.

Таблица 7

Результаты сравнения моделей по точности и времени решения

Показатель	Время решения в РИАМС (секунд)	Точность ретроверификации в РИАМС (%)	Время решения в РИМП, (секунд)	Точность ретроверификации в РИМП (%)
SNFS	1,6	5,92	460	4,2
SNFE	1,6	8,82	500	7,3
SNFIN	1,6	2,06	500	2,3
SNFG	1,6	14,98	460	6,3
SNFOT	1,6	3,06	500	3,6

Таким образом, в представленном исследовании впервые проведен сравнительный анализ результатов прогноза некоторых показателей раздела «Внутренние затраты» сферы научных исследований и инноваций по времени расчета и точности ретроверификации. Время расчета регрессионных уравнений значительно (на два порядка) меньше, чем время расчета траекторий с помощью нейронных сетей. При этом средние относительные ошибки остаются сопоставимыми для двух методов.

Исходные данные в РИАМС не нуждаются в преобразованиях и специальной подготовке к расчетам, в то время как для нейросетевых моделей расчеты должны производиться с нормализованной информацией. В РИМП необходимо хранение масштабных множителей каждого показателя и необходима система восстановления прогнозного показателя в заданных единицах измерения. РИАМС использует стандартные средства (EXCEL) для создания баз данных отчетных и расчетных показателей. Для работы ИНС требуются специальные программные средства-преобразователи для перевода данных к принятым стандартам. Регрессионные модели имеют многоаспектные критерии качества, включая F -статистику. Для нейросетевых моделей существенным критерием является близость показателей расчетной и отчетной траекторий в последних четырех – пяти точках.

Для регрессионных моделей необходимо знание предметной области для того, чтобы определять зависимость исследуемого показателя от факторов – аргументов, а для прогноза в ИНС в нашем случае не используются взаимозависимости показателей. Кроме того, для регрессионных моделей необходим экспертный набор сценарных показателей и экспертные значения этих сценарных показателей на прогнозном отрезке времени. В ИНС варианты сценарных условий задаются экспертно параметрами функций активации выходных нейронов.

Проведенные исследования показали, что работа с ИНС более трудоемка. При построении расчетной модели каждого показателя требуется установка значительного числа индивидуальных параметров настройки.

Но основное преимущество РИМП остается неоспоримым: получение прогноза более высокой точности, чем в РИАМС, когда исчерпаны возможности повышения точности рас-

четов в системе РИАМС. Именно поэтому были разработаны соответствующие инструментальные средства.

Для исследователей обнаружены актуальные задачи, которые сводятся к тому, чтобы увеличить быстродействие получения результатов и снизить трудоемкость подготовки выполнения расчетов в системе РИМП.

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполняемой ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в рамках государственного задания (№ 2.42.2016/НМ) в сфере научной деятельности Минобрнауки России.

Список литературы

1. Гришин В.И., Абдикеев Н.М., Колмаков И.Б., Воронова Т.А., Турлак В.А., Филиппов Д.И. Система расчета прогнозных показателей макроэкономики России // Финансовая аналитика. Проблемы и решения. Научно-практический и информационно-аналитический сборник / М.: Издательский дом «Финансы и кредит» № 13 (37) октябрь 2010 с. 2–15.
2. Колмаков И.Б., Кольцов А.В., Доможаков М.В. Основы построения системы комплексного прогноза сферы исследований и инноваций во взаимосвязи с макроэконометрическими моделями экономики России // Инноватика и экспертиза. 2015. № 1 (14). С. 255–275.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа реализации распределенной системы эконометрических моделей прогноза показателей научной сферы РФ» / № 2013 660446 Заявка № 2013618318 от 16 сентября 2013 Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 6 ноября 2013. Авторы-правообладатели Ганжа А.В., Колмаков И.Б., Кольцов А.В., Потапов С.В.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа реализации распределенной метасистемы эконометрических моделей прогноза» / № 2013617339 Заявка № 2013 615488 от 27 июня 2013 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9 августа 2013. Авторы-правообладатели Колмаков И.Б., Китова О.В., Потапов С.В.
5. Методологические положения по статистике. Выпуск 1 /М.: Госкомстат России, 1996 г. 674 с.
6. Китова О.В., Колмаков И.Б., Шарафутдинова А.Р. Анализ точности и качества краткосрочного прогноза показателей социально-экономического развития России // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2013. № 9. С. 111–119.
7. Китова О.В., Колмаков И.Б., Кольцов А.В., Доможаков М.В. Анализ динамики результатов верификации краткосрочных прогнозов показателей сферы научных исследований и инноваций в Российской Федерации // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2016. № 5. С. 160–172.
8. Колмаков И.Б., Доможаков М.В. Синтез эконометрических и нейросетевых систем прогноза показателей сферы исследований и инноваций Российской Федерации // Управленческие науки М.: ФГБОУ ВО ФУН № 2 2016 с. 101.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа ретроверификации и краткосрочного прогноза показателей развития экономики РФ, реализованной на принципах построения нейросетевых моделей с использованием обучающих и тестовых выборок, настраиваемых методом Доможакова» / № 2016618000 Заявка № 2016615616 от 30 мая 2016 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19 июля 2016. Авторы-правообладатели Доможаков М.В., Колмаков И.Б.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа реализации распределенной метасистемы интеллектуальных моделей краткосрочных прогнозов показателей развития экономики РФ (РИМП)» / № 2016619339 Заявка № 2016619488 от 23 августа 2016 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21 октября 2016 г. Авторы-правообладатели Доможаков М.В., Колмаков И.Б., Пеньков И.А., Кривошеева Я.В.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Гибридные регрессионные и интеллектуальные метасистемы краткосрочного прогноза показателей развития экономики РФ (ГРИМС)» / № 2016619339 Заявка № 2016618488 от 23 сентября 2016 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21 ноября 2016 г. Авторы-правообладатели Колмаков И.Б., Китова О.В., Доможаков М.В., Пеньков И.А., Кривошеева Я.В. (Available at: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet).

Bibliography

1. Grishin V.I., Abdikeev N.M. Kolmakov I.B., Voronova T.A., Turlak V.A., Filippov D.I. (2010) *Sistema rascheta prognoznnykh pokazateley makroekonomiki Rossii* [System of calculation of the forecasted macroeconomic indicators of Russia] *Finansovaya analitika. Problemy i resheniya. Nauchno-prakticheskiy i informatsionno-analiticheskiy sbornik* [Financial analyst. Problems and solutions. Scientific-practical and information-analytical collection] *Finansi i kredit* [Publishing house. Finance and credit], Moscow, No. 13 (37) October, pp. 2–15.
2. Kolmakov I.B., Koltsov A.V., Domozhakov M.V. (2015) *Osnovy postroeniya sistemy kompleksnogo prognoza sfery issledovaniy i innovatsiy vo vzaimosvyazi s makroekonometricheskimi modelyami ekonomiki Rossii* [The Fundamentals of the system of comprehensive forecast areas of research and innovation in conjunction with the macroeconometric models of the economy of Russia] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expert examination]. No. 1 (14), pp. 255–275.
3. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM «Programma realizatsii raspredelennoy sistemy ekonometricheskikh modeley prognoza pokazateley nauchnoy sfery RF» No. 2013 660446 Zayavka No. 2013618318 ot 16 sentyabrya 2013 Zaregistrovano v Reestre programm dlya EVM 6 noyabrya 2013* [The certificate of state registration for computer program «Program for the implementation of a distributed system of econometric models forecasting performance of the scientific sphere of the Russian Federation» No. 2013660446 Application No. 2013618318 dated 16 September 2013. Entered in the Register of computer programs on 6 November 2013. The authors, copyright holders Ganzha O.V., Kolmakov I.B., Kol'tsov A.V., Potapov S.V.].
4. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM «Programma realizatsii raspredelennoy metasistemy ekonometricheskikh modeley prognoza» No. 2013617339 Zayavka No. 2013 615488 ot 27 iyunya 2013 g. Zaregistrovano v Reestre programm dlya EVM 9 avgusta 2013* [The certificate of state registration for computer program «Program implement a distributed metasystem of econometric models to forecast» No. 2013617339 Application No. 615488 2013 dated 27 June 2013. Entered in the Register of computer programs on 9 August 2013]. The authors, copyright holders Kolmakov I.B., Kitov O.V., Potapov S.V.
5. *Metodologicheskie polozeniya po statistike* [Methodological provisions on statistics] *Goskomstat Rossii* [GOSKOMSTAT of Russia] Moscow, 1996, Issue 1, p. 674.
6. Kitova O.V., Kolmakov I.B., Sharafutdinova A.R. (2013) *Analiz tochnosti i kachestva kratkosrochnogo prognoza pokazateley sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossii* [Analysis of the accuracy and quality of short-term forecast of socio-economic development of Russia] *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova* [Bulletin of the Russian economic University named after G.V. Plekhanov]. No. 9, pp. 111–119.
7. Kitova O.V., Kolmakov I.B., Koltsov A.V., Domozhakov M.V. (2016) *Analiz dinamiki rezul'tatov verifikatsii kratkosrochnykh prognozov pokazateley sfery nauchnykh issledovaniy i innovatsiy v Rossiyskoy Federatsii* [Analysis of results of verification of short term forecasts to the sphere of scientific researches and innovation in the Russian Federation] *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova* [Bulletin of the Russian economic University named after G.V. Plekhanov], No. 5, pp. 160–172.
8. Kolmakov I.B., Domozhakov M.V. (2016) *Sintez ekonometricheskikh i neyrosetevykh sistem prognoza pokazateley sfery issledovaniy i innovatsiy Rossiyskoy Federatsii* [Synthesis of econometric and neural network systems to forecast indicators of the sphere of research and innovation of the Russian Federation] *Upravlencheskie nauki FGBOU VO FUN* [Management science Federation of Managerial Sciences], Moscow, No. 2, p. 101.
9. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM «Programma retroverifikatsii i kratkosrochnogo prognoza pokazateley razvitiya ekonomiki RF, realizovannoy na printsipakh postroeniya neyrosetevykh modeley s ispol'zovaniem obuchayushchikh i testovykh vyborok, nastraivaemykh metodom Domozhakova» No. 2016618000 Zayavka No. 2016615616 ot 30 maya 2016 g. Zaregistrovano v Reestre programm dlya EVM 19 iyulya 2016. Avtory-pravoobladateli Domozhakov M.V., Kolmakov I.B.* [The certificate of state registration for computer program «Program of retroorbital and short-term forecast of indicators of economic development of the Russian Federation, implemented on the principles of the neural network models using training and test samples, adjusted by method Domozhakov» No. 2016618000 Application No. 2016615616 from 30 may 2016 Registered in the Register of computer programs on 19 July 2016. The authors – copyright holders Domozhakov M.V., Kolmakov I.B.].
10. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM «Programma realizatsii raspredelennoy metasistemy intellektual'nykh modeley kratkosrochnykh prognozov pokazateley razvitiya ekonomiki RF (RIMP)»*

No. 2016619339 Zayavka No. 2016619488 ot 23 avgusta 2016 g. Zaregistrirvano v Reestre programm dlya EVM 21 oktyabrya 2016 g. Avtory-pravoobladateli Domozhakov M.V., Kolmakov I.B., Pen'kov I.A., Krivosheeva Ya.V. [The certificate of state registration for computer program «Program implement a distributed meta-mental models of short term forecasts of development of economy of the Russian Federation (RIMP)» No. 2016619339 Application No. 2016619488 of August 23, 2016 Registered in the Register of computer programs on 21 October 2016 authors – copyright holders are: Domozhakov M.V., Kolmakov I.B., Pen'kov I.A., Krivosheeva J.V.].

11. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM «Gibridnye regressionnye i intellektual'nye metasistemy kratkosrochnogo prognoza pokazateley razvitiya ekonomiki RF (GRIMS)» No. 2016619339 Zayavka No. 2016618488 ot 23 sentyabrya 2016 g. Zaregistrirvano v Reestre programm dlya EVM 21 noyabrya 2016 g. Avtory-pravoobladateli Kolmakov I.B., Kitova O.V., Domozhakov M.V., Pen'kov I.A., Krivosheeva Ya.V. [The certificate of state registration for computer program «Hybrid regression and intellectual metasystems of short-term forecast of indicators of economic development of the Russian Federation (GRIMS)» No. 2016619339. Application No. 2016618488 of 23 September 2016 Registered in the Register of computer programs on November 21, 2016. Authors, rights holders Kolmakov I.B., Kitov O.V., Domozhakov M.V., Pen'kov I.A., Krivosheeva J.V.] Available at: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet.

СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТОВ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Е.Л. Кондратюк, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, kel@extech.ru

Д.Б. Изюмов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, izyumov@extech.ru

Д.С. Миронова, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, mahmutova@extech.ru

В статье рассмотрены система технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий Российской Федерации, перечень законодательных шагов по формированию национальной системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий, сформированная к настоящему времени организационная структура данной системы, основные проекты Министерства образования и науки Российской Федерации в области технологического прогнозирования, представлен механизм формирования долгосрочного прогноза научно-технологического развития России, а также перечень ведущих организаций в рассматриваемой сфере.

Ключевые слова: система технологического прогнозирования, приоритеты развития науки и технологий, законодательство страны в области технологического прогнозирования, организационная структура системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий.

SYSTEM FOR TECHNOLOGICAL FORECASTING AND THE DEFINITION OF PRIORITIES OF DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES IN THE RUSSIAN FEDERATION

E.L. Kondratyuk, Senior Researcher, SRI FRCEC, kel@extech.ru

D.B. Izyumov, Head of Department, SRI FRCEC, izyumov@extech.ru

D.S. Mironova, Senior Researcher, SRI FRCEC, mahmutova@extech.ru

The article considers the system of technological forecasting and identification of priorities of development of science and technologies of the Russian Federation, the list of legislative steps for the formation of the national system of technological forecasting and identification of priorities of development of science and technology, formed to date, the organizational structure of the system, the main projects of the Ministry of education and science of the Russian Federation in the field of technological forecasting, the mechanism of formation of long-term forecast of scientific and technological development of Russia, as well as the list of leading organizations in this area.

Keywords: system of technological forecasting, the development priorities of science and technology, the country's legislation in the field of technological forecasting, organizational structure of the system of technological forecasting and identification of priorities of development of science and technology.

С середины 2000-х гг. в Российской Федерации активно формируется национальная система технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий. Значение технологического прогнозирования признано в России на высшем государственном уровне: Указом Президента Российской Федерации № 596 от 7 мая 2012 г. «О долгосрочной государственной экономической политике» Правительству Российской

Федерации к 1 июля 2013 г. было поручено сформировать систему технологического прогнозирования, ориентированную на обеспечение перспективных потребностей обрабатывающего сектора экономики, с учетом развития ключевых производственных технологий [1].

Целью создания системы технологического прогнозирования является определение наиболее значимых для России областей социально-экономического и научно-технологического развития на долгосрочную перспективу с учетом потребности всех отраслей экономики с приоритетом развития ее обрабатывающего сектора. Эта система должна своевременно выявлять тематические области и ресурсы для организации крупных инновационных проектов межотраслевого/отраслевого значения, привязывая их к конкретным исполнителям и срокам реализации. Кроме того, в рамках системы технологического прогнозирования должны решаться следующие основные задачи:

- выявление важнейших глобальных вызовов и трендов, определяющих перспективы развития экономики и общества, а также проблем, требующих решения на национальном уровне;

- определение наиболее перспективных областей развития и практического применения науки и технологий на долгосрочную перспективу;

- выявление пакетов технологий, включая ключевые производственные технологии, которые могут обеспечить устойчивую конкурентоспособность секторов российской экономики на мировом рынке;

- выявление тематических областей исследований, фундаментальных и прикладных проблем, решение которых необходимо для формирования соответствующих пакетов технологий;

- оценка необходимого ресурсного обеспечения для проведения исследований и разработок, требований к перспективным компетенциям кадров и инфраструктурным решениям.

Системообразующими функциональными элементами системы технологического прогнозирования государственного уровня являются такие документы как долгосрочные прогнозы научно-технологического развития, приоритетных направлений и критических технологий, дорожные карты отраслевого и межотраслевого значения.

Предпосылками формирования национальной системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий в России выступил ряд законодательно-организационных мероприятий периода 2006–2014 гг.

Так, в 2006 г. были утверждены очередные (утверждаются решением Президента по представлению Правительства не реже одного раза в четыре года) приоритетные направления развития науки, технологий и техники в РФ, а также перечень критических технологий страны [2]. В том же 2006 г. во исполнение поручения Правительства РФ от 28 июля 2006 г. № МФ-П7-3582 была разработана Концепция долгосрочного прогноза научно-технологического развития РФ (ДПНТР) на период до 2025 г. В период 2007–2008 гг. был осуществлен запуск работ по реализации ДПНТР на период до 2025 г., а в 2009–2010 гг. — ДПНТР на период до 2030 г. В 2011 г. утвержден крайний (действующий в настоящее время) перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, и критических технологий [3]. В 2011–2013 гг. проведена актуализация ДПНТР до 2030 г. Как было сказано выше, началом формирования системы технологического прогнозирования послужил Указ Президента РФ № 596 от 7 мая 2012 г. «О долгосрочной государственной экономической политике». Впоследствии правительством был подготовлен проект федерального закона «О государственном стратегическом планировании», которое будет вестись на основе национальной системы технологического прогнозирования (ключевым ее элементом является ДПНТР до 2030 г.). В итоге федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» № 172-ФЗ был принят только в июне 2014 г. и вступил в силу с 11 июля 2014 г. [4]. Ранее, 3 января 2014 г., Председателем Правительства РФ был утвержден Прогноз научно-технологического развития РФ на период до 2030 г. (№ ДМ-П8-5), а в апреле 2014 г. — государственная программа «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 гг. [5].

Помимо законодательных шагов по формированию национальной системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий были сформированы важнейшие государственные структуры и налажено их взаимодействие между собой: Совет при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России (образован в июне 2012 г.) и Межведомственная комиссия (МВК) по технологическому прогнозированию (создана в июне 2013 г.).

В целом сформированная к июлю 2013 г. система (о формировании системы технологического прогнозирования 1 июля 2013 г. был сделан соответствующий доклад Минэкономразвития России руководству страны) приобрела вид, представленный на рис. 1.

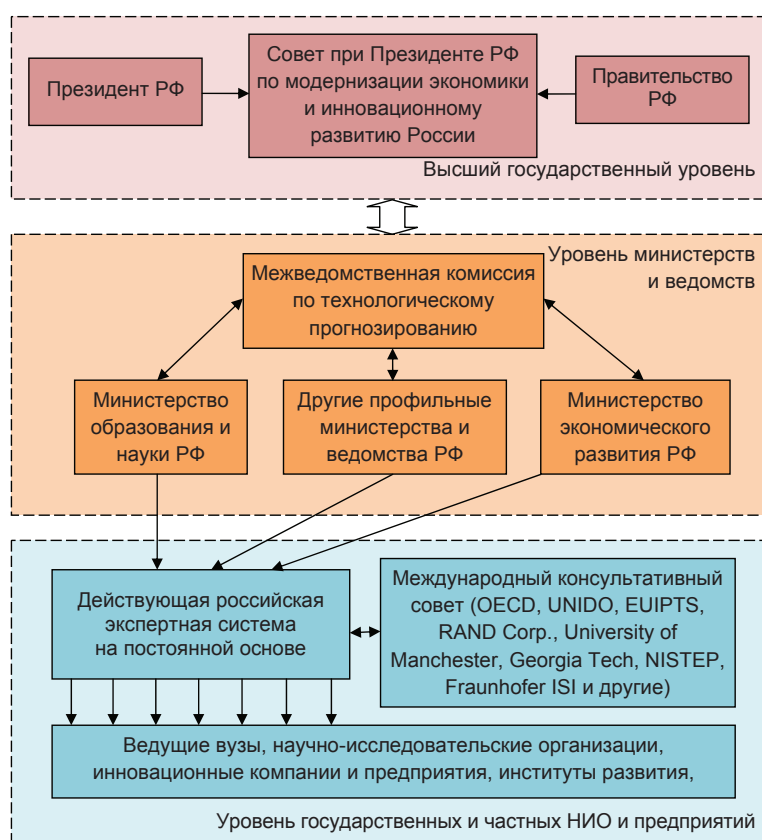


Рис. 1. Организационная структура системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий Российской Федерации

Структурно система технологического прогнозирования и определения приоритетов в России состоит из трех уровней:

- высший государственный уровень, представленный Советом при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России, обеспечивающим координацию и взаимодействие всех уровней органов государственной власти в области модернизации экономики и инновационного развития, включая технологическое прогнозирование и выявление приоритетов развития;

- уровень министерств и ведомств, среди которых ключевыми являются Межведомственная комиссия по технологическому прогнозированию и Министерство образования и науки;

МВК обеспечивает методическое, организационное, экспертно-аналитическое и информационное сопровождение формирования и функционирования системы технологического прогнозирования, а Минобрнауки — организационно-техническое обеспечение деятельности МВК и реализацию соответствующей национальной политики;

— уровень государственных и частных научно-исследовательских организаций и предприятий, проводящих по заданиям вышестоящих организаций исследования в области технологического прогнозирования, определения приоритетов развития науки и технологий и т.д. Сюда же включена постоянно действующая российская экспертная система в области прогнозирования (включает ведущие российские организации и центры анализа и прогноза) и в качестве вспомогательного органа — международный консультативный совет по Форсайту (включает ведущие мировые организации в области Форсайта).

Проведенный анализ сформированной системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий России показал, что ее иерархическую основу «сверху—вниз» составляют Совет при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России, МВК по технологическому прогнозированию, Министерство образования и науки РФ и Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Данные ведомства и организации имеют тесное централизованное взаимодействие.

Совет при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России (далее — Совет) был образован в целях содействия модернизации экономики и инновационному развитию страны, а также совершенствованию государственного управления в этой сфере 18 июня 2012 г. одноименным указом президента [6].

Совет является совещательным органом при Президенте РФ и обеспечивает взаимодействие всех уровней органов государственной власти при рассмотрении соответствующих вопросов. Председателем Совета является Президент РФ, утверждающий Положение о Совете и его состав. В состав Совета, кроме непосредственно президента и помощников президента, премьер-министра и его заместителей, входят ключевые министры правительства (главы Минэкономразвития, Минфина, Минобрнауки, Минпромторга, Минэнерго и др.), представители аппарата правительства, ряд генеральных директоров государственных корпораций и организаций («Ростехнологии», «Роснано», «Росатом», «Внешэкономбанк», «Агентство стратегических инициатив» и др.), председатели советов директоров («РВК», «ЕвразХолдинг» и др.) и пр.

Основными задачами Совета являются:

— подготовка предложений президенту по определению основных направлений и механизмов модернизации экономики и инновационного развития страны, включая разработку мер государственной поддержки в данной сфере деятельности;

— координация деятельности федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ), органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, предпринимательского и экспертного сообществ в области модернизации экономики и инновационного развития России;

— определение приоритетных направлений, форм и методов государственного регулирования в целях модернизации экономики и инновационного развития России;

— координация деятельности по реализации проекта создания и обеспечения функционирования территориально обособленного комплекса для развития исследований и разработок и коммерциализации их результатов.

Для решения текущих вопросов деятельности Совета сформирован президиум Совета, который предлагает вопросы для обсуждения на заседаниях Совета, создает постоянные и временные рабочие группы (комиссии) из числа членов Совета, определяет направления деятельности создаваемых рабочих групп (комиссий), решает организационные и иные вопросы, связанные с осуществлением информационно-аналитических и экспертных работ в

сфере модернизации экономики и инновационного развития и рассматривает вопросы, связанные с реализацией решений Совета, в том числе вопросы деятельности межведомственных комиссий.

В рамках президиума Совета функционируют три межведомственные комиссии:

- МВК по реализации Стратегии инновационного развития России на период до 2020 г.;
- МВК по технологическому развитию президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России;
- МВК по технологическому прогнозированию президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России.

Межведомственная комиссия по технологическому прогнозированию образована решением Совета при Президенте РФ по модернизации и инновационному развитию России в июне 2013 г. (первое заседание МВК состоялось 7 июня 2013 г. в Министерстве образования и науки РФ). МВК является координационным органом, образованным в целях обеспечения взаимодействия ФОИВ и других заинтересованных сторон при рассмотрении вопросов, связанных с формированием и функционированием национальной системы технологического прогнозирования. Деятельность МВК направлена на решение широкого круга задач, среди которых утверждение единой методологии прогнозирования, согласование результатов мониторинга глобальных угроз и окон возможностей для российских компаний, уточнение приоритетных направлений развития науки и технологий, определение критических технологий, распространение результатов прогнозов, развитие коммуникационных и экспертных площадок и др.

Председателем МВК является Министр образования и науки России. Кроме председателя в состав МВК входит 37 членов, представляющих различные министерства, федеральные агентства, госкорпорации, институты развития и ведущие научные центры и вузы страны.

Как отмечалось, основными функциями Межведомственной комиссии являются методическое, организационное, экспертно-аналитическое и информационное сопровождение формирования и функционирования системы технологического прогнозирования. Организационно-техническое обеспечение деятельности МВК возложено на Минобрнауки России.

В целом МВК по технологическому прогнозированию и Минобрнауки России составляют основное координирующее звено уровня министерств и ведомств национальной системы прогнозирования и определения приоритетов развития. В свою очередь другие профильные министерства и ведомства данного уровня также вносят свой вклад. Так, за последние несколько лет в России были реализованы форсайт-проекты рядом министерств и ведомств.

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации в период 2006–2008 гг. совместно с рядом предприятий и регионов выполнило исследование по промышленно-энергетическому Форсайту с целью создания обоснованной и согласованной картины будущего ключевых отраслей экономики. В 2012 г. Минпромторг завершило проведение межотраслевого исследования «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу до 2025 г.». Данное исследование ориентировано на получение долгосрочных прогнозов развития мирового производственного сектора и технологических рынков в сценарной форме и определение конкурентоспособности национальных производителей, а также разработку дорожных карт по достижению лидерства на приоритетных технологических рынках.

Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации в 2006–2007 гг. реализовало проект долгосрочного технологического прогноза «Российский IT-Foresight». В 2009 г. в продолжение работ по прогнозу было выполнено исследование основных направлений развития ИКТ на период до 2030 г. с целью определения наиболее важных и перспективных технологий. В результате исследования были выявлены долгосрочные проблемы и вызовы, а также основные факторы развития отрасли связи, информационных технологий и массовых коммуникаций в России и ведущих индустриально развитых стра-

нах. Кроме того, были определены цели и задачи инновационного развития отрасли на средне- и долгосрочную перспективу и разработана технологическая «дорожная карта». В 2012 г. Минкомсвязи разработан долгосрочный прогноз ключевых направлений развития отрасли связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, по результатам которого сформирована «дорожная карта» развития отрасли.

Министерство сельского хозяйства в 2012 г. инициировало проведение Форсайт-исследования с целью построения дорожной карты по реализации Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности до 2020 г.

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации в 2010 г. реализовало проект, направленный на оценку использования методов стратегического научно-технологического прогнозирования для выбора приоритетов инновационного развития природно-ресурсного комплекса в рамках программно-целевого планирования сектора. В 2012 г. Минприроды инициировало проведение исследований по направлениям, стимулирующим принятие наилучших доступных технологий, в целях рационального природопользования и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду.

Федеральным агентством по науке и инновациям и государственной корпорацией «Росатом» в 2007–2008 гг. проводился научно-технологический Форсайт в области энергетики на период до 2025 г., целью которого было выявление перспективных направлений в области энергетики и энергомашиностроения. В результате работы был составлен перечень перспективных направлений и критических технологий для модернизации отрасли энергетики и энергомашиностроения, подготовлены паспорта критических технологий, дана оценка текущей позиции России на мировом рынке технологий, продукции и услуг в сфере энергетики и энергомашиностроения.

Непосредственно Министерство образования и науки России разработало первый значимый проект в области технологического прогнозирования в России – ДПНТР на период до 2025 г., реализация которого началась в 2007 г. Он состоял из трех крупных блоков: макроэкономический прогноз российской экономики; прогноз сферы науки и технологий (по шести приоритетным направлениям) и отраслевой прогноз, целью которого была разработка вариантов технологического развития важнейших секторов экономики и согласование полученных результатов. Кроме этого, ДПНТР включал в себя три цикла работ:

– первый цикл – 2007 г. – проведение масштабного опроса с использованием метода Дельфи, охватившего более 2000 экспертов из ведущих научных организаций, вузов и предприятий, представлявших более 40 регионов России. В результате были выделены более 800 перспективных тематических областей по десяти научным направлениям. Также был проведен опрос 100 крупнейших компаний в ключевых секторах российской экономики и осуществлен анализ текущего и перспективного спроса на эти технологии. Полученная информация использовалась для оценки возможного влияния научно-технологического комплекса на экономику и социальную сферу;

– второй цикл – 2008–2010 гг. – совершенствование методики прогноза, его интеграция в систему стратегического управления развитием страны и расширение горизонта прогнозирования до 2030 г. В рамках этого цикла был обобщен опыт зарубежных и международных прогнозов экономического и научно-технологического развития, и на этой базе выполнены оценки будущего глобальной экономики и отдельных крупных мировых рынков. Полученные результаты затем использовались в макроэкономическом прогнозе, в рамках которого рассматривались сценарные варианты динамики российской экономики с учетом перспектив развития мировых рынков и ожидаемых последствий глобального финансово-экономического кризиса;

– третий цикл – 2011 г. – уточнение и идентификация наиболее перспективных для России областей развития и применения науки и технологий на средне- и долгосрочную перспективу, а также технологических решений, способных обеспечить реализацию конку-

рентных преимуществ России с учетом глобальных вызовов и открывающихся окон возможностей. Одной из ключевых задач третьего цикла являлось построение инфраструктуры прогностических исследований в виде отраслевых центров прогнозирования на базе ведущих вузов страны. И в 2011 г. под руководством Минобрнауки и при координирующей роли НИУ ВШЭ такая сеть была создана. Основными функциями этих центров стали: мониторинг текущего технологического уровня соответствующих секторов экономики и научного уровня тематических областей исследований, подготовка материалов к отраслевому прогнозу и разработке дорожных карт, продвижение и распространение результатов прогнозных исследований.

Полученные в рамках реализации трех циклов долгосрочного научно-технологического прогноза результаты активно использовались при формировании и реализации различных инструментов научно-технической политики. На их основе формировались приоритетные направления развития науки, технологий и техники в России и перечень критических технологий РФ 2011 г.; перечень приоритетных задельных научных исследований для проекта Государственной программы «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 гг.; стратегические программы технологических платформ; программы инновационного развития ряда компаний с государственным участием; программы развития территориальных инновационных кластеров и др.

Вторым значимым и актуальным в настоящее время проектом Министерства образования и науки Российской Федерации в области технологического прогнозирования стал запущенный в 2009–2010 гг. ДПНТР на период до 2030 г. (напомним, он утвержден Председателем Правительства РФ в январе 2014 г.). Механизм его формирования представлен на рис. 2.

Данный прогноз отличается от ДПНТР до 2025 г. и концептуально, и методически, представляя собой более детальное и продвинутое исследование. В целом можно охарактеризовать утверждение ДПНТР до 2030 г. как переход к новому этапу, начиная с которого научно-технологическое прогнозирование начало непосредственно встраиваться в систему государственной политики. Стал формироваться круг экспертов и высококлассных специалистов по отдельным направлениям развития науки и технологий, постепенно образовался необходимый инструментарий прогноза — количественные методы (библиометрические и патентные) стали дополняться экспертными исследованиями, используемыми в практике форсайта.

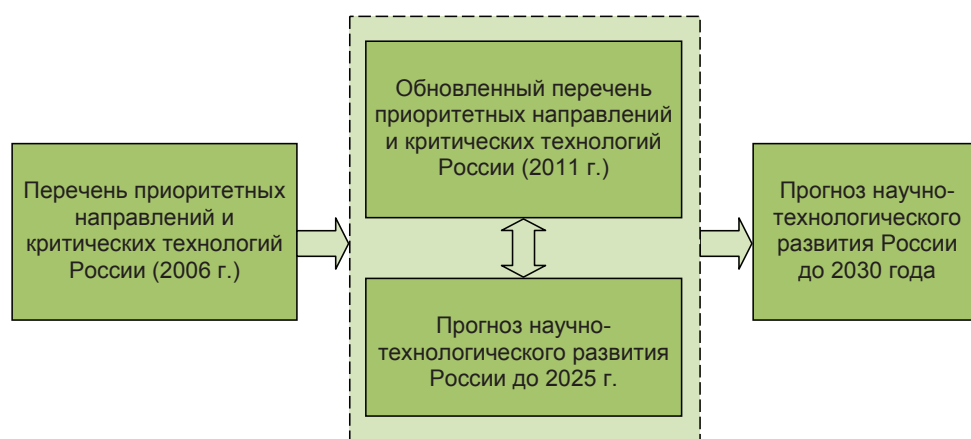


Рис. 2. Механизм формирования долгосрочного прогноза научно-технологического развития России до 2030 г.

Для качественного становления системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития необходимо дальнейшее развитие аналитической и методической базы, интеграция экспертных методов с количественными методами анализа, развитие экспертной сети с опорой на отраслевые и региональные центры прогнозирования на базе ведущих научных центров, вузов и компаний, а также разработка соответствующих технологических дорожных карт.

Наконец, низший уровень — фундамент — системы технологического прогнозирования и определения приоритетов образуют государственные и частные научно-исследовательские организации и предприятия.

Ведущими организациями в области технологического прогнозирования, в том числе представляющими постоянно действующую российскую экспертную систему (см. рис. 1), являются Российская академия наук (РАН) и Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), Международный научно-образовательный Форсайт-центр Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ (ИСИЭЗ НИУ ВШЭ), Сколковский институт науки и технологий, Центр научно-технической экспертизы РАНХ и ГС при Президенте РФ, Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования, НИИ «Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы» (НИИ РИНКЦЭ), Межведомственный аналитический центр (МАЦ), Центр стратегических разработок «Северо-Запад», Агентство стратегических инициатив и др.

Международный консультативный совет по Форсайту осуществляет тесное взаимодействие с российскими научно-исследовательскими организациями в области научно-технологического прогнозирования. В частности, Международный научно-образовательный Форсайт-центр ИСИЭЗ НИУ ВШЭ сотрудничает с такими ведущими зарубежными и международными организациями данного совета как: Манчестерский институт инновационных исследований Великобритании (Manchester Institute of Innovation Research — MIIoIR), Институт перспективных технологических исследований Объединенного исследовательского центра ЕС (JRC/IPTS), Институт системных и инновационных исследований Германии (Fraunhofer ISI), Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (UNIDO), компания RTC North и др. [7] В рамках сотрудничества происходит обмен рабочими, методическими, учебными материалами и результатами Форсайт-проектов, организуются регулярные консультации силами ведущих зарубежных экспертов по методам и организации российских проектов, проводятся тренинги для участников российских проектов, готовятся совместные публикации, российские эксперты проходят подготовку в зарубежных Форсайт-центрах и др.

Заключение

Таким образом, в России к середине 2013 г. была сформирована централизованная национальная система технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий. Важнейшими предпосылками ее формирования послужил ряд законодательных и организационных мероприятий высшего государственного уровня за последние несколько лет.

Проведенный анализ сформированной системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий России показал, что структурно она состоит из трех уровней: высшего государственного уровня, обеспечивающего функции координации и взаимодействия всех уровней органов государственной власти в области модернизации экономики и инновационного развития; уровня министерств и ведомств, обеспечивающих методическое, организационное, экспертно-аналитическое и информационное сопровождение формирования и функционирования системы технологического прогнозирования; и уровня государственных и частных научно-исследовательских организаций и предприятий, проводящих по заданиям вышестоящих организаций соответствующие исследования.

Иерархическую основу «сверху—вниз» сформированной системы составляют Совет при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России, Межведомственная комиссия по технологическому прогнозированию, Министерство образования и науки РФ и Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Данные ведомства и организации имеют тесное централизованное взаимодействие, текущим значительным результатом которого стало утверждение в начале 2014 г. Долгосрочного прогноза научно-технологического развития России до 2030 г. Кроме того, за последние годы другими министерствами и ведомствами страны были проведены соответствующие форсайт-исследования и разработаны профильные средне- и долгосрочные стратегии развития отраслей экономики и технологические дорожные карты по приоритетным направлениям развития.

Данные мероприятия можно охарактеризовать как переход к новому этапу, начиная с которого научно-технологическое прогнозирование начало непосредственно встраиваться в систему государственной политики России. Стал формироваться круг экспертов и высококлассных специалистов по отдельным направлениям развития науки и технологий, постепенно образовался необходимый инструментарий прогноза — количественные методы (библиометрические и патентные) стали дополняться экспертными исследованиями, используемыми в практике форсайта.

Дальнейшее совершенствование системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития науки и технологий России должно быть направлено на решение основных задач, среди которых:

- утверждение единой методологии прогнозирования;
- согласование результатов мониторинга глобальных угроз и окон возможностей для российских государственных и частных компаний;
- уточнение приоритетных направлений развития науки и технологий;
- определение критических технологий;
- распространение результатов прогнозов в государственном и частном секторах развития экономики;
- развитие коммуникационных и экспертных площадок;
- другие.

Для дальнейшего совершенствования системы технологического прогнозирования и определения приоритетов развития России необходимо развитие аналитической и методической базы, интеграция экспертных методов с количественными методами анализа, развитие экспертной сети с опорой на отраслевые и региональные центры прогнозирования на базе ведущих научных центров, вузов и компаний, а также разработка соответствующих технологических дорожных карт.

В целом в России проекты в сфере технологического прогнозирования реализуют федеральные органы исполнительной власти (Минобрнауки России, Минпромторг России, Минкомсвязи России и др.), институты развития (ОАО «Роснано», ИЦ «Сколково» и др.), крупные компании («РВК», «ЕвразХолдинг» и др.), технологические платформы, субъекты Российской Федерации (в частности, г. Москва, Самарская область, Пермская область, Иркутская область, Томская область, Республика Башкортостан и др.), а также ряд вузов (НИУ ВШЭ, МГУ им. М.В. Ломоносова), научно-исследовательских организаций (ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, НИИ РИНКЦЭ, Межведомственный аналитический центр и др.), инновационных компаний и предприятий.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.39.2016/НМ.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 07.05.2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике».
2. Указ Президента РФ от 21.05.2006 г. № Пр-842 и 843 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».
3. Указ Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».
4. Федеральный закон Российской Федерации от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 301 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 гг.
6. Указ Президента РФ от 18 июня 2012 г. № 878 «О Совете при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России».
7. Международный научно-образовательный Форсайт-центр ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. Available at: <http://foresight.hse.ru/en/about>.

References

1. The decree of the President of the Russian Federation dated 07.05.2012 No. 596 «On long-term state economic policy».
2. The decree of the President of the Russian Federation dated 21.05.2006 No. PR-842 and 843 «About approval of the priority directions of development of science, technologies and technics in Russian Federation and list of critical technologies of the Russian Federation».
3. The decree of the President of the Russian Federation dated 07.07.2011 No. 899 «On approving priority areas of science, technology and engineering in the Russian Federation and list of critical technologies of the Russian Federation».
4. Federal law of the Russian Federation dated June 28, 2014 No. 172-FZ «On strategic planning in the Russian Federation».
5. Resolution of the Government of the Russian Federation dated 15 April 2014 No. 301 «About approval of the state program of the Russian Federation «Development of science and technologies» for 2013–2020.
6. The decree of the President of the Russian Federation dated 18 June 2012 No. 878 «On the presidential Council of the Russian Federation on economic modernization and innovative development of Russia».
7. International research and educational foresight centre. Russia. Available at: <http://foresight.hse.ru/en/about>.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА КОНТАКТОВ ВУЗОВ РОССИИ С МИРОВЫМИ НАУЧНЫМИ ЦЕНТРАМИ

Н.А. Лукашева, зам. нач. отд. ФГБНУ НИИ РНКСЭ, nal@extech.ru

В статье дается анализ научных связей вузов, участников выполнения Постановления Правительства РФ № 219 от 2010 г., с зарубежными научными центрами. Описаны методы, позволяющие выявить сети научных связей по разным направлениям исследований и выделять формирующиеся исследовательские кластеры.

Ключевые слова: научные связи, зарубежные центры, критические технологии, приоритетные направления, сотрудничество, эффективность научных исследований, научный потенциал вуза, научно-технические заделы.

THE RESULTS OF MONITORING CONTACTS OF RUSSIAN UNIVERSITIES WITH INTERNATIONAL RESEARCH CENTERS

N.A. Lukasheva, Deputy Head of Department, SRI FRCEC, nal@extech.ru

The article analyzes scientific relations between universities, participants of the execution of the Decree of the RF Government No. 219 of 2010, with foreign research centers. The Article describes the methods of identifying networks of scientific relations in different areas of research and highlights the emerging research clusters.

Keywords: scientific communication, foreign centers, critical technologies, priority areas of cooperation, efficiency of scientific research, the scientific potential of the University, scientific and technological potential.

Специфика зарубежных связей любого вуза зависит от многих факторов: специализации, ресурсов, территориально-географического положения. Так, например российские вузы европейской части России ориентированы на поиск партнера в Европе и Казахстане, а вузы Дальнего Востока расширяют связи с научными центрами из стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Необходимость изучения научных связей обусловлена фактом влияния этих связей на эффективность научных исследований в вузах. Оценка научного потенциала вуза без учета проводимых им совместных с другими организациями исследований не может быть корректной, так как сотрудничество позволяет участникам ускорить разработки, сверить применяемые методы исследований с методами работы лидеров, быстро получить недостающие сведения и уменьшить риски выхода на рынки инновационной продукции.

Анализ формируемых в ходе кооперации связей проводится в статье в разных аспектах: кооперирование вокруг критических технологий, кооперирование на основе сходства приоритетных направлений исследований в вузах и научных центрах, комплекс связей отдельных вузов. В результате мониторинга выявляются формируемые в ходе кооперации крупные направления исследований и выявляются вузы и научные организации, образующие внутри сформированных направлений кластеры [1] в сфере исследований и разработок. В статье представлены данные анализа связей вузов с зарубежными научными организациями, но примененные методы позволяют обрабатывать также информацию о кооперировании вузов в России.

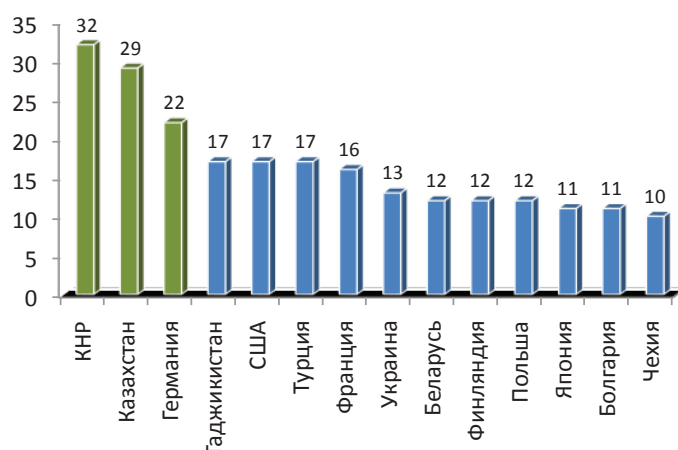


Рис. 1. Распределение договоров вузов с зарубежными центрами по странам

Кооперирование научных организаций при проведении исследований широко применяется в мировой практике, и собираемые в ходе мониторинга данные о выполняемых вузами договорах с партнерами показывают, что вузы-участники Постановления Правительства Российской Федерации № 219, имеют договора с научными организациями, как в России, так и за рубежом [2]. В ходе совместных исследований формируются виртуальные комплексы на наиболее значимых направлениях исследований и разработок. Вхождение вуза в комплекс по какому-либо направлению существенно повышает его исследовательский потенциал и должно учитываться при оценке научного потенциала вуза в тех направлениях, в которых он участвует в кооперационных связях.

Таблица 1

Распределение договоров с партнерами по группам технологий

Название групп технологий	Количество критических технологий вуза в группе	Количество вузов-участников	Количество международных центров
Группа 1 «Цифровое производство»	6	10	23
Группа 2 «Машиностроение»	6	9	14
Группа 3 «Нано- и микротехнологии»	4	4	10
Группа 4 «Биоинженерия»	5	8	15
Группа 5 «Безопасность человека и медицина»	1	2	2
Группа 6 «Поиск и добыча ресурсов»	1	2	2
Группа 7 «Атомная энергетика»	1	1	1

Следует отметить, что анализ связей вузов-участников выполнения Постановления № 219, проведен впервые по отчетным данным за первое полугодие 2016 г.

На рис. 1 приведено распределение договоров вузов с зарубежными центрами по странам. Данные показывают, что наиболее активно вузы России сотрудничают с КНР, Казахстаном и Германией.

Информация о направлениях взаимодействия вузов с зарубежными партнерами показана в двух аспектах: в группировке по критическим технологиям, к которым можно отнести темы исследований, и в группировке по приоритетным для вузов направлениям исследований. В табл. 1 показано распределение связей по критическим технологиям, объединенным в группы. Названия групп в табл. 1 обусловлены общими признаками входящих в них критических технологий [3, 4]. В таблице показана общая количественная характеристика сотрудничества с зарубежными партнерами по группам критических технологий.

Из данных табл. 1 видно, что наибольший интерес к сотрудничеству проявлен в области цифрового производства, машиностроения, биоинженерии.

В табл. 2 раскрыто содержание групп критических технологий и показаны оценки связей по конкретным критическим технологиям.

Таблица 2

Критические технологии вузов в совместных исследованиях с зарубежными научными центрами

Название критических технологий вуза в группе	Название вузов — участников совместных научных исследований	Страна нахождения партнеров в науке
Группа 1 «Цифровое производство»		
Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий	Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта (БФУ им. И. Канта)	США
	Петрозаводский государственный университет (ПетрГУ)	Германия
Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии	БФУ им. И. Канта	Румыния
	Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИрННТУ)	КНР
	Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (МГТУ им. Г.И. Носова)	Германия
	ПетрГУ	Таджикистан
	Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова (СГАУ им. Н.И. Вавилова)	Швеция, КНР, Германия, Казахстан, Чехия, США
Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения	Дагестанский государственный университет (ДГУ)	США, Турция
	ПетрГУ	Финляндия
	Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева)	Казахстан
	Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ)	Япония
Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств	ИрННТУ	КНР
Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники	Рязанский государственный радиотехнический университет (РГРТУ)	Черногория
Технологии информационных, управляющих, навигационных систем	РГРТУ	Украина
	ТОГУ	Беларусь
	Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)	Беларусь

Продолжение таблицы 2

Название критических технологий вуза в группе	Название вузов – участников совместных научных исследований	Страна нахождения партнеров в науке
Группа 2 «Машиностроение»		
Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта	МГТУ им. Г.И. Носова	Узбекистан
	БФУ им. И. Канта	Болгария
Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе	Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»)	КНР, Вьетнам
	ПетрГУ	Финляндия
	СГАУ им. Н.И. Вавилова	Швеция
Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику	РГРТУ	Беларусь
Базовые технологии силовой электротехники	Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова (ЮРГПУ(НПИ))	Германия
	Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого (НовГУ)	КНР
	Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)	Казахстан
Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения	Самарский госуд. аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королева (национальный исследовательский университет) (СГАУ)	Великобритания
Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии	МГТУ им. Г.И. Носова	Казахстан
Группа 3 «Нано- и микротехнологии»		
Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств	БФУ им. И. Канта	Болгария, Эстония
Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов	Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет (КНАГТУ)	Китай
	МГТУ им. Г.И. Носова	Япония, Узбекистан, Казахстан, Польша, Бельгия, Германия
	ТОГУ	Китай
Группа 4 «Биоинженерия»		
Технологии биоинженерии	БФУ им. И. Канта	Мордовия, Великобритания
Биомедицинские и ветеринарные технологии	Дальневосточный федер. университет (ДФУ)	Япония
	БФУ им. И. Канта	Польша
	Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения России (СибГМУ Минздрава России)	Швейцария
	Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)	Корея
	ПетрГУ	Финляндия
	СГАУ им. Н.И. Вавилова	Индия

Окончание таблицы 2

Название критических технологий вуза в группе	Название вузов – участников совместных научных исследований	Страна нахождения партнеров в науке
Клеточные технологии	СГАУ им. Н.И. Вавилова	Швеция
	БФУ им. И. Канта	Беларусь
Геномные, протеомные и постгеномные технологии	СГАУ им. Н.И. Вавилова	Чехия
	Южный федеральный университет (ЮФУ)	Беларусь
Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии	НИУ «БелГУ»	КНР
	КФУ	Япония
Группа 5 «Безопасность человека и медицина»		
Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний	БФУ им. И. Канта	Франция
	ДГУ	Турция
Группа 6 «Поиск и добыча ресурсов»		
Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи	Тюменский государственный университет (ТюмГУ)	Норвегия
	МГТУ им. Г.И. Носова	Кыргызстан
Группа 7 «Атомная энергетика»		
Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом	ЮФУ	Италия

В табл. 2 учитывались только те технологии, относительно которых вузы заявляли, что их исследования затрагивают эти технологии. Широта охваченной договорами тематики и общее количество договоров показаны в табл. 3 для лидирующих в этом направлении вузов.

Таблица 3

Широта тематики и интенсивность взаимодействия с партнерами вузов лидеров

Название организации	Кол-во критических технологий	Кол-во договоров в науке
Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта (БФУ им. И. Канта)	8	11
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова (СГАУ им. Н.И. Вавилова)	6	18
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (МГТУ им. Г.И. Носова)	5	11
Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)	2	3
Петрозаводский государственный университет (ПетрГУ)	5	6
Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ)	3	3
Рязанский госуд. радиотехнический университет (РГРТУ)	3	3
Дагестанский государственный университет (ДГУ)	2	3
Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИрНИТУ)	2	2
Южный федеральный университет (ЮФУ)	2	2
Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»)	2	3

Как видно из табл. 3, активной всего проявляют себя по количеству направлений исследований Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. По количеству договоров с зарубежными партнерами в науке лидируют те же вузы.

Группировка договоров по приоритетным направлениям исследований представляет самостоятельный интерес, так как вузы формулировали свои приоритеты с отличиями от федеральных приоритетов. Показанные вузами приоритетные направления, в рамках которых заключались договора с зарубежными научными организациями, лишь частично совпадают с формулировками федерального списка приоритетных направлений. Поэтому в табл. 4 группировка контактов вузов с партнерами проведена максимально близко к заявленным вузами формулировкам, что позволяет обнаруживать фактические научные интересы вузов. Близкие по смыслу формулировки объединены в тематические области. При этом по мере возможности делалась попытка сохранить формулировки федерального списка приоритетов. Не укладываемые в федеральный список приоритеты выделены в новые области.

В табл. 4 показаны сводные количественные данные о реализации выделенных тематических областей исследований.

Таблица 4

Сводные данные по тематическим областям (группам) совместных исследований

Название тематической области (группы)	Количество приоритетных направлений вуза в группе	Количество вузов-участников	Количество международных центров
Группа 1 «Информационно-телекоммуникационные системы»	3	6	8
Группа 2 «Медицина и здравоохранение»	5	5	11
Группа 3 «Новые материалы и нанотехнологии»	5	5	12
Группа 4 «Транспортные и космические системы»	2	3	3
Группа 5 «Экология»	4	4	4
Группа 6 «Рациональное природопользование»	5	5	10
Группа 7 «Энергоэффективность и энергосбережение»	2	3	4
Группа 8 «Социальные исследования»	8	6	35
Группа 9 «Агропромышленный комплекс»	3	1	11
Группа 10 «Биотехнологии»	3	3	7
Группа 11 «Промышленные технологии»	6	6	7

В табл. 5 показаны конкретные связи вузов с зарубежными партнерами по выделенным приоритетам в направлениях исследований. Формулировки приоритетных направлений исследований в табл. 5 взяты из анализа принятых вузами для себя приоритетных направлений исследований.

Выделяется хорошо представленное направление промышленных технологий, которое включает самостоятельные важные направления по промышленной автоматизации, силовой электронике, радиоэлектронике (табл. 5). Значительное количество связей по социальной проблематике, в которой преобладают вопросы образования, но есть и проблемы управления развитием территорий. Отдельный блок по тематике развития агропромышленного

комплекса (АПК). В совокупности каждая группа показывает не только профиль исследований вузов, но и список мировых центров, с которыми по этим темам сотрудничают вузы России. Из этого не следует, что показанные в табл. 5 зарубежные центры являются лидерами в указанных направлениях. На сделанный вузами выбор партнеров оказывало иногда влияние и ограничение по возможностям финансирования взаимодействия, что отчасти может объяснить преобладание партнеров из азиатских стран.

Количественные данные о направлениях совместных исследований с зарубежными партнерами, также по тематическим областям (группам) показаны в табл. 6.

Таблица 5

Приоритетные направления вузов в совместных исследованиях с зарубежными научными центрами

Название приоритетного направления вуза в группе	Название вузов — участников совместных научных исследований	Страна нахождения партнеров в науке
Группа 1 «Информационно-телекоммуникационные системы»		
Информационно-телекоммуникационные системы	БФУ им. И. Канта	Германия
	ИрННТУ	Китай
	КФУ	Чехия
	РГРТУ	Украина, Черногория
Радиотехнические, информационно-телекоммуникационные системы	Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)	Беларусь
Подготовка инновационных кадров в области информационно-телекоммуникационных и нанотехнологий	ПетрГУ	Финляндия, США
Группа 2 «Медицина и здравоохранение»		
Медицинские биотехнологии	БФУ им. И. Канта	Беларусь, Франция, Мордовия, Польша, Великобритания
Биологические и медицинские технологии, технологии живых систем	КФУ	Корея, Япония
Лекарственные средства и изделия медицинского назначения	СибГМУ Минздрава России	Швейцария
Шестое приоритетное направление в области биомедицины обеспечивает научную модернизацию медицинской сферы на Дальнем Востоке, трансфер современных медицинских технологий из России в страны Азиатско-Тихоокеанского региона и обратно	ДФУ	Япония
Комплексные медико-биологические исследования и разработки, подготовка инновационных кадров для региональной системы здравоохранения, сохранения и развития экологического и уникального природного потенциала региона	ПетрГУ	Финляндия
Группа 3 «Новые материалы и нанотехнологии»		
Нанотехнологии и наноматериалы в биологии, медицине информации	НИУ «БелГУ»	Китай, Италия
Новые материалы и нанотехнологии	КФУ	Германия

Продолжение таблицы 5

Название приоритетного направления вуза в группе	Название вузов — участников совместных научных исследований	Страна нахождения партнеров в науке
Материаловедение и наносистемы	БФУ им. И. Канта	Румыния, Болгария, Эстония
Наноматериалы, нанотехнологии, устройства и системы на их основе	ЮФУ	Италия
Проектирование сквозных технологий производства наноструктурных материалов и изделий с уникальным комплексом физико-механических свойств	МГТУ им. Г.И. Носова	Япония, Казахстан, Германия, Бельгия, Польша
Группа 4 «Транспортные и космические системы»		
Транспортные и космические системы	НИУ «БелГУ»	Вьетнам
Космические, геоинформационные и информационно-телекоммуникационные технологии эффективного управления устойчивым социально-экономическим развитием территорий	КНАГТУ	КНР
	СГАУ	Великобритания
Группа 5 «Экология»		
Экология и биотехнологии повышения качества жизни на Каспии	Алтайский государственный университет (АГУ)	Чехия
Экологическая безопасность, проблемы рационального использования природных ресурсов и охрана окружающей среды	ТОГУ	Япония
Экология биосистем и человека	ДГУ	США
Экология и природопользование	ТюмГУ	Норвегия
Группа 6 «Рациональное природопользование»		
Рациональное природопользование, промышленная и экологическая безопасность	МГТУ им. Г.И. Носова	Кыргызстан
Рациональное природопользование	КФУ	Германия, Швеция, Казахстан
Научные основы рационального использования и воспроизводства биоресурсов	ДГУ	Турция
Комплексные инженерно-технологические исследования и разработки, подготовка инновационных кадров в области рационального природопользования	ПетрГУ	Финляндия
Рациональное природопользование, промышленная и экологическая безопасность	РХТУ им. Д.И. Менделеева	Кыргызстан
Группа 7 «Энергоэффективность и энергосбережение»		
Энерго- и ресурсосберегающие технологии и оборудование	МГТУ им. Г.И. Носова	Казахстан
Энергоэффективность и энергосбережение, ядерная энергетика	РГРТУ	Беларусь
	ИрННТУ	КНР
Группа 8 «Социальные исследования»		
Мультикультурное и социальное развитие населения Прикаспийского региона	АГУ	КНР
Межкультурные коммуникации, востоковедение, региональные и международные отношения	КФУ	Турция, США, Литва, Казахстан, Финляндия

Окончание таблицы 5

Название приоритетного направления вуза в группе	Название вузов – участников совместных научных исследований	Страна нахождения партнеров в науке
Развитие непрерывного образования инновационных кадров (новое направление)	ПетрГУ	Таджикистан, Молдавия, Норвегия, Чехия, КНР, Македония, Армения, Франция, Казахстан
Многоуровневые образовательные системы, гуманитарные и педагогические технологии	КФУ	США, Турция, Польша, Шотландия
Региональное социально-экономическое развитие, технологии прогнозирования и управления	МГТУ им. Г.И. Носова	Чехия, Украина, Китай, Бразилия, Польша, Швеция, Португалия, Казахстан
Социально-гуманитарные знания и технологии в социальной сфере и модернизации экономики	МГТУ им. Г.И. Носова	Казахстан, Швеция
Технологии развития урбанизированной среды	БФУ им. И. Канта	Болгария
Междисциплинарные исследования социально-экономической и гуманитарной направленности	Ярославский гос. университет им. П.Г. Демидова (ЯрГУ)	Болгария
Группа 9 «Агропромышленный комплекс»		
Интенсификация животноводства	СГАУ им. Н.И. Вавилова	Индия, Чехия
Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК	СГАУ им. Н.И. Вавилова	Швеция
Подготовка инновационно-ориентированных кадров для АПК	СГАУ им. Н.И. Вавилова	США, Китай, Германия, Казахстан, Чехия, Швеция
Группа 10 «Биотехнологии»		
Науки о жизни	Мордовский гос. педагогический институт им. М.Е. Евсевьева (МГПИ)	Беларусь, Казахстан, Финляндия, Мордовия
Химия и биотехнология	Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (САФУ)	Беларусь
Фотофизические и фотохимические процессы в биологии, биофизика клетки и тканей	ДГУ	Турция
Группа 11 «Промышленные технологии»		
Интеллектуальные электромеханические устройства, системы и комплексы	ЮРГПУ(НПИ)	Германия
Комплексные инженерно-технологические исследования и разработки	ПетрГУ	США
Разработка новых композиционных материалов, металлических сплавов и технологий их получения	ТОГУ	КНР
Радиоэлектроника	НовГУ	Польша
Промышленная автоматизация	НГТУ	Казахстан
Базовые технологии силовой электротехники	ТОГУ	Беларусь

Таблица 6

Сводное распределение вузов-лидеров по количеству направлений исследований со своими зарубежными партнерами

Название организации	Количество направлений исследований	Кол-во договоров в науке
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (МГТУ им. Г.И. Носова)	6	26
Казанский (Приволжский) федер. университет (КФУ)	6	21
Петрозаводский государственный университет (ПетрГУ)	4	23
Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта (БФУ им. И. Канта)	4	10
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова (СГАУ им. Н.И. Вавилова)	3	11
Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ)	3	3
Дагестанский государственный университет (ДГУ)	3	3
Рязанский госуд. радиотехнический университет (РГРТУ)	3	3
Алтайский государственный университет (АГУ)	2	5
Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИрНИТУ)	2	2
Южный федеральный университет (ЮФУ)	2	2
Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»)	2	2
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого (НовГУ)	2	2
Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева (МГПИ)	1	8

Как видно из табл. 6, активней всего проявляют себя по количеству направлений исследований вузы: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Петрозаводский государственный университет. По количеству договоров с зарубежными партнерами в науке лидируют те же вузы.

Расширение технологии мониторинга позволило получить информацию по выстраиванию цепочек научных связей вузов в трех аспектах: по критическим технологиям, по приоритетным направлениям и по вузу в целом (рис. 2–4).

Далее представлены примеры выстраивания цепочек научных связей (сетей взаимодействия) вузов с зарубежными партнерами по критическим технологиям на примере группы «Цифровое производство» (рис. 2); по приоритетным направлениям на примере группы «Информационно-телекоммуникационные системы» (рис. 3). На рис. 2–3 около вуза стоит номер (1, 2, 3), который соответствует номеру, указанному перед зарубежным партнером по научным связям (1, 2, 3). Отдельные направления совместных исследований выделены одним цветом.

Из представленных цепочек научных связей вузов с зарубежными научными центрами по критическим технологиям в рамках группы «Цифровое производство» (рис. 2) и приоритетным направлениям в рамках группы «Информационно-телекоммуникационные системы» (рис. 3), можно визуально проследить цепочки связей внутри каждой группы.

На рис. 4 представлен пример визуализации связей Балтийского федерального университета им. И. Канта с организациями-партнерами в науке сгруппированные по критическим технологиям. Из рис. 4 видно, что у БФУ им. И. Канта наибольшее количество научных партнеров в областях биоинженерии и цифрового производства.

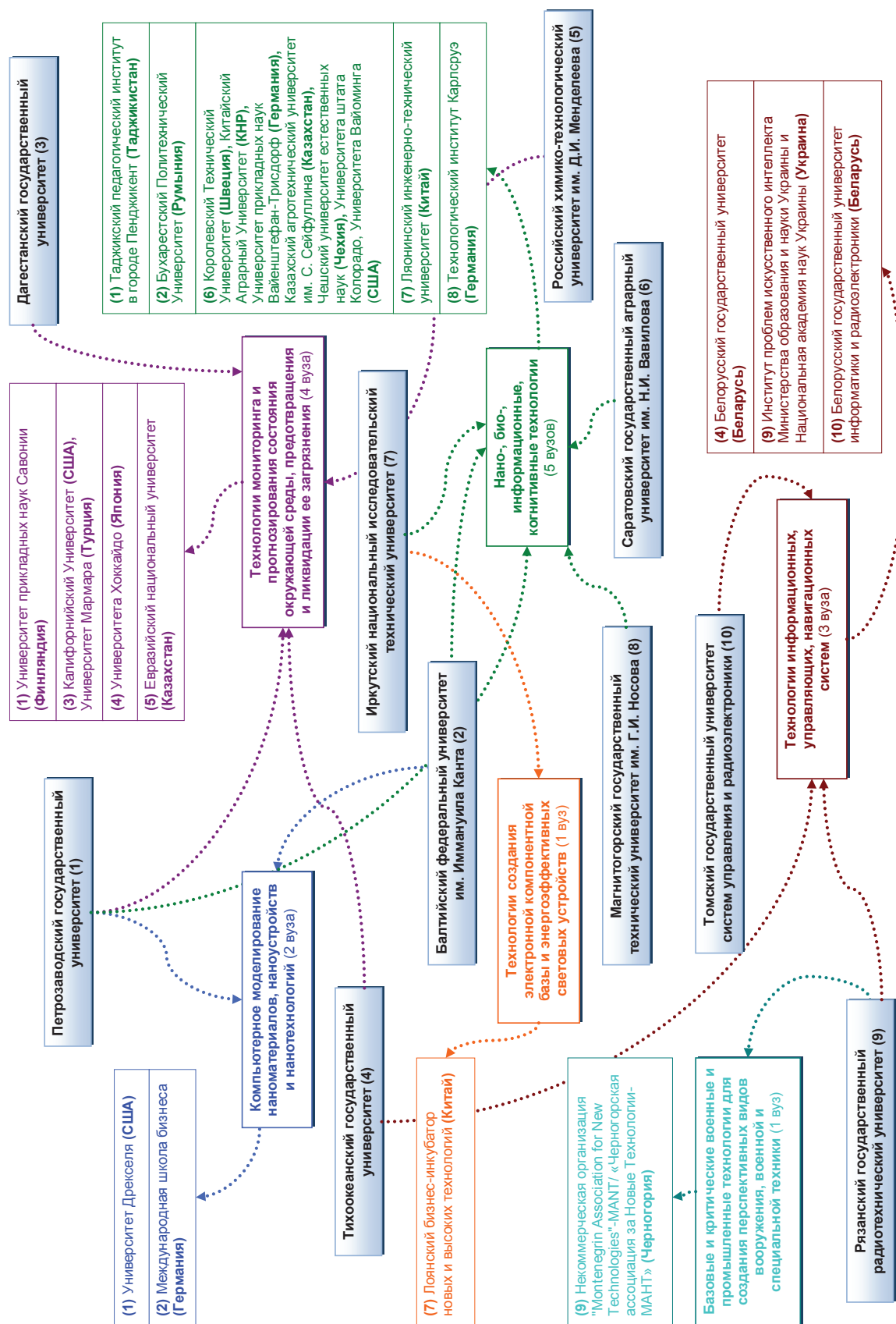


Рис. 2. Выстраивание цепочек научных связей вузов с зарубежными партнерами по критическим технологиям в рамках группы «Цифровое производство»

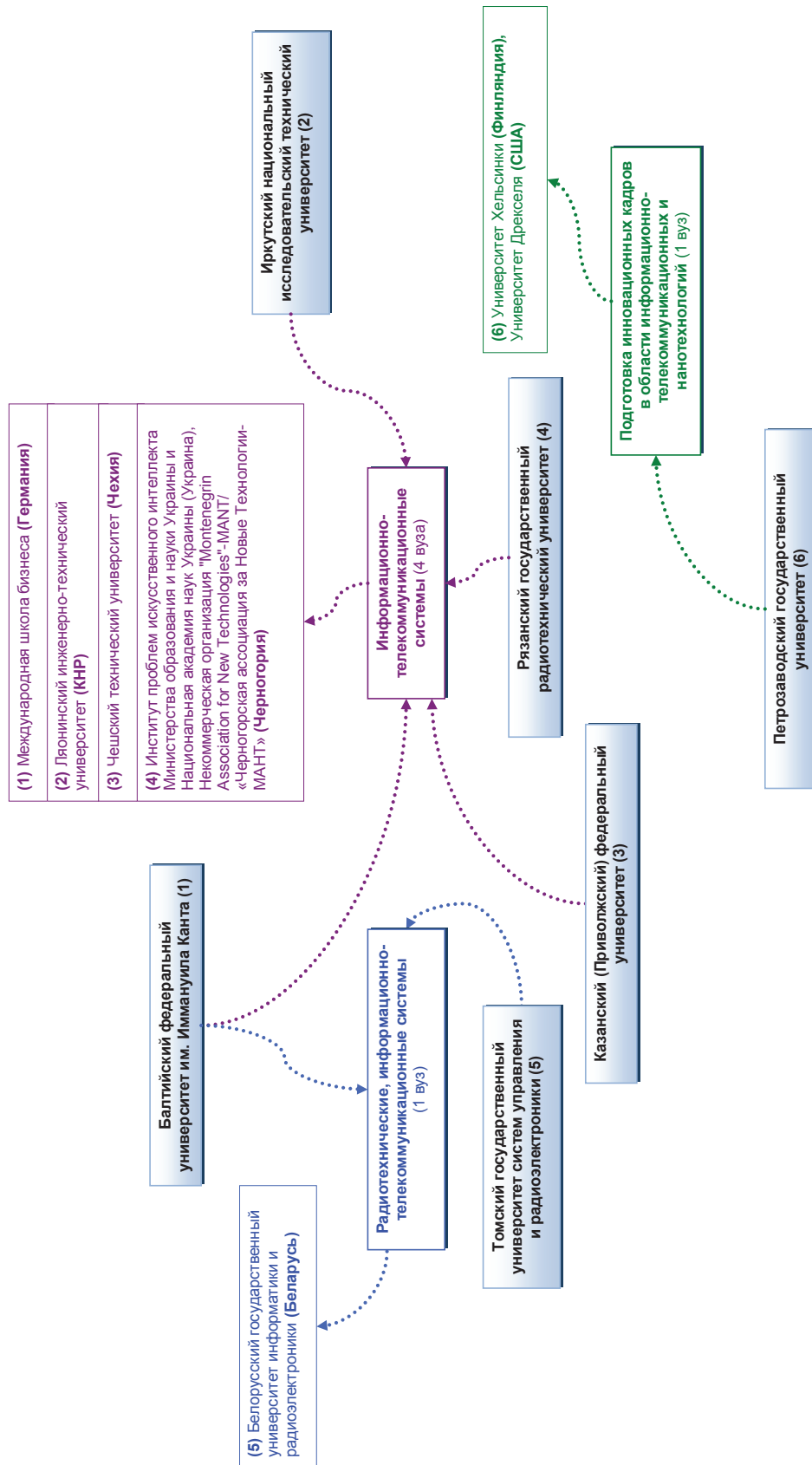


Рис. 3. Выстраивание цепочек научных связей вузов с зарубежными партнерами по приоритетным направлениям в рамках группы «Информационно-телекоммуникационные системы»

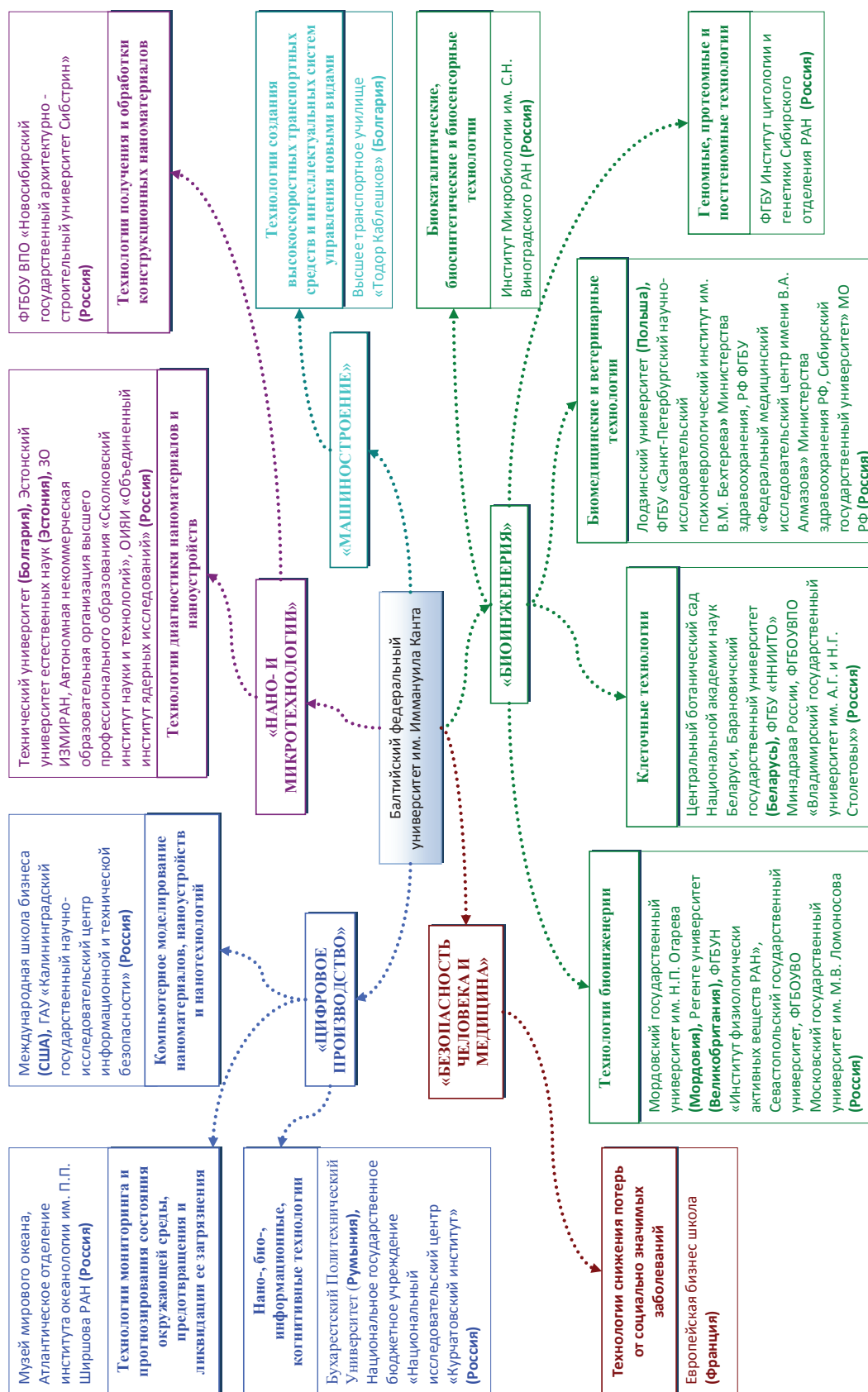


Рис. 4. Пример визуализации связей Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта с организациями-партнерами в науке, сгруппированных по критическим технологиям

Приведенные в статье три разных подхода к анализу связей дают возможность получить структуру взаимосвязей вузов в науке для дальнейшего содержательного рассмотрения.

Расширение схемы мониторинга позволяет:

- выделить географию контактов по различным направлениям и технологиям (табл. 2, 5);
- проследить все цепочки связей внутри каждой группы (рис. 2–3);
- получить визуализацию данных по всем организациям-партнерам каждого вуза среди научных организаций, включая российские (рис. 4).
- выявить возникающие кластеры кооперации вузов в научных исследованиях (рис. 2–4).

В табл. 7 дан перечень зарубежных научных центров, с которыми наиболее активно взаимодействовали российские вузы и показаны темы сотрудничества.

Таблица 7

Зарубежные научные центры, с которыми наиболее активно сотрудничают российские вузы-участники Постановления № 219

№ п/п	Зарубежный научный центр	Научный профиль
1	Бровардский колледж (США)	Межкультурные коммуникации востоковедение, региональные и международные отношения. Многоуровневые образовательные системы, гуманитарные и педагогические технологии
2	Карлстадский университет (Швеция)	Региональное социально-экономическое развитие, технологии прогнозирования и управления. Социально-гуманитарные знания и технологии в социальной сфере и модернизации экономики
4	Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)	Проектирование сквозных технологий производства наноструктурных материалов и изделий с уникальным комплексом физико-механических свойств. Базовые технологии силовой электротехники
5	Казахский национальный педагогический университет имени Абая (Казахстан)	Науки о жизни. Развитие непрерывного образования инновационных кадров (новое направление)
6	Актюбинский государственный университет им. К. Жубанова (Казахстан)	Межкультурные коммуникации, востоковедение, региональные и международные отношения. Стандартизация и управление качеством в металлургии, машиностроении и материаловедении
7	Белорусский государственный университет (Беларусь)	Науки о жизни. Химия и биотехнология. Промышленная автоматизация
8	Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Беларусь)	Радиотехнические, информационно-телекоммуникационные системы. Морская, авиационная и ракетно-космическая техника, радиотехника, автоматика и управление

Примененные методы обработки данных о связях вузов с научными организациями позволили получить информацию о фактически формируемых в международной научной кооперации приоритетных направлениях исследований и разработок, что может быть использовано при корректировке государственных заданий в области фундаментальных исследований и в структуре государственных программ поддержки прикладных исследований [5]. Полученная информация позволяет выявлять потребности вузов в научном сотрудничестве по отдельным направлениям и по технологиям, а также их способность использовать потен-

циал зарубежных центров для активизации собственных научных исследований. Эффективное научное сотрудничество следует рассматривать как необходимый этап сотрудничества в развитии технологий, что делает целесообразным расширение исследования явления научной кооперации вузов.

Более детальные и обоснованные выводы по эффективности научных связей могут быть сделаны при накоплении информации за некоторый период времени. Возможно также расширение получаемой информации за счет включения в отчетность других форм сотрудничества: соглашения (без финансирования), совместные конференции, обмен учеными. Обширная информация о связях вузов с партнерами среди научных организаций и высокотехнологичных предприятий содержится в научных отчетах вузов, в которых указывается как профиль научных подразделений, так и устойчивые партнеры.

В статье приведены результаты, полученные при выполнении работ в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ № 2.44.2016/НМ по проекту «Мониторинг деятельности объектов инфраструктуры, созданной в ходе реализации мероприятий, осуществляемых в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 219 «О государственной поддержке развития инновационной инфраструктуры в федеральных образовательных учреждениях высшего профессионального образования».

Список литературы

1. Армстронг Э., Киселев В.Н. Наука, технологии, инновации, бизнес: Глоссарий терминов. Москва, Россия, 2001. С. 25 (в рамках проекта ТАСИС).
2. Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. Государственный мониторинг инновационной деятельности вузов. Управление инновациями: теория, методология, практика: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. С. 17–21.
3. Андреев Ю.Н. Структура научно-технических разработок. Инноватика и экспертиза. Научные труды. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 1 (16). Москва, 2016. С. 145–151.
4. Сигов А.С., Андреев Ю.Н., Турко Т.И., Федорков В.Ф., Юшков Е.С. Исследование готовности вузов и научных организаций России к технологической поддержке предприятий реального сектора экономики. Сварочное производство № 8 (969), 2015. Издательский центр «Технология машиностроения». Москва. 2015. С. 46–51.
5. Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. Система управления инновационной деятельностью вузов. Инноватика и экспертиза. Научные труды. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 1 (16). Москва, 2016. С. 152–166.

References

1. Armstrong E., Kiselev V.N. (2001) *Nauka, tekhnologii, innovatsii, biznes: Glossariy terminov* [Science, technology, innovation, business: Glossary of terms] *V ramkakh proekta TISIS* [Within the framework of TACIS project], Moscow, p. 25.
2. Andreyev Yu.N., Lukasheva N.A. (2015) *Gosudarstvennyy monitoring innovatsionnoy deyatel'nosti vuzov* [State monitoring of innovation activities of universities] *Upravlenie innovatsiyami: teoriya, metodologiya, praktika: sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obshch. red. S.S. Chernova* [Innovation management: theory, methodology, practice: proceedings of the XIII International scientific-practical conference, ed. by S.S. Chernov] *Izdatel'stvo TsRNS* [Publishing house CRNS], Novosibirsk, pp. 17–21.
3. Andreyev Yu.N. (2016) *Struktura nauchno-tehnicheskikh razrabotok* [Structure of scientific and technical developments] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. The scientific works. SRI FRCEC], Moscow, Issue 1 (16), pp. 145–151.
4. Sigov A.S., Andreyev Yu.N., Turko T.I., Fedorov V.F., Yushkov E.S. (2015) *Issledovanie gotovnosti vuzov i nauchnykh organizatsiy Rossii k tekhnologicheskoy podderzhke predpriyatiy real'nogo sektora ekonomiki* [Study of the readiness of universities and scientific organizations of Russia to the technological support of enterprises of

real sector of economy] *Svarochnoe proizvodstvo. Izdatel'skiy tsentr «Tekhnologiya mashinostroeniya»* [Welding production. Publishing center «Mechanical engineering»], Moscow, No. 8 (969), 2015. pp. 46–51.

5. Andreyev Yu.N., Lukasheva N.A. (2016) *Sistema upravleniya innovatsionnoy deyatel'nost'yu vuzov* [The system of management of innovative activity of universities] *Innovatika i ekspertiza Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. The scientific works of SRI FRCEC], Moscow, Issue 1 (16), pp. 152–166.

МЕСТО И РОЛЬ ТОРИЯ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

П.Н. Алексеев, зам. рук. Курчатовского ядерно-технологического комплекса,
канд. физ.-мат. наук

В статье описаны свойства тория, благодаря которым он должен быть вовлечен в ядерную энергетику России. Однако торий не является панацеей для решения всех вопросов будущего энергетики, но ряд вопросов и самые главные из них: топливообеспечение, уменьшение количества радиоактивных отходов и нераспространение ядерного оружия решаются с ним проще. Показана необходимость уже сейчас, до того, как возникнут проблемы с запасами природного урана, начинать процесс практических научных испытаний, связанных с обоснованием безопасности, эксплуатационных и радиационных характеристик облученного ториевого топлива и всесторонней оценки полученных результатов. Приведены данные о целесообразности внедрения ториевого топлива как компонента в уран-ториевом и плутоний-ториевом топливе, а также примеры организации различных топливных циклов как на существующих, так и на перспективных ядерных реакторах.

Ключевые слова: ядерно-технологический комплекс, ядерный топливный цикл, нейтронный потенциал, ядерная энергетика.

THE PLACE AND ROLE OF THORIUM IN NUCLEAR POWER

P.N. Alexeyev, Deputy Director, Kurchatov Nuclear-Technological Complex,
Doctor of Physics and Mathematics

The article describes the properties of thorium, by which it should be involved in the nuclear power industry of Russia. However, thorium is not a panacea for solving all the issues of the future of energy, but a number of issues and the main ones are: fuel supply, reducing the amount of radioactive waste and nuclear weapons proliferation are resolved with them easier. The Article shows the need now, before problems arise with the supply of natural uranium, to start the process of practical scientific tests associated with safety, performance and radiation characteristics of irradiated thorium fuel, and a comprehensive assessment of the results. The Article gives the data on the feasibility of implementation of thorium fuel as a component in the uranium-thorium, plutonium-thorium fuel, as well as examples of various fuel cycles, both existing and prospective nuclear reactors.

Keywords: Nuclear-Technological Complex, nuclear fuel cycle, nuclear power engineering.

Торий – радиоактивный элемент с потенциальной возможностью его применения в ядерном топливном цикле. Естественный торий состоит почти полностью из изотопа торий-232 и небольшого количества тория-228, который возникает в процессе радиоактивного распада тория-232. Существуют и незначительные количества других изотопов тория, которые образуются из-за распада изотопов урана, так как в природе часто уран сопутствует торию.

Торий-232 может играть в ядерном реакторе роль эквивалентную роли урана-238. Оба эти элемента могут поглотить нейтрон и преобразоваться в расщепляющийся изотоп, способный к поддержке цепной реакции. В случае урана-238 образуется расщепляющийся изотоп – плутоний-239, а торий-232 производит расщепляющийся изотоп урана-233. И торий, и образующийся из него в нейтронном потоке делящийся изотоп урана-233, имеют потенциальные возможности эффективного применения в ядерном топливном цикле.

На первом этапе планируется использовать уран-ториевое (и/или плутоний-ториевое топливо) в действующих водо-водяных энергетических реакторах (ВВЭР) с соответствующим обоснованием и лицензированием ториевого топлива.

На втором этапе предполагается создание перспективного теплового реактора повышенной безопасности с уран-ториевой активной зоной.

Физические свойства тория

Торий — радиоактивный металл, присутствующий в небольших количествах в большинстве горных пород и почв, запасы которого на Земле по оценкам геологов в три-четыре раза превышают запасы урана с широким распределением во всем мире. Встречается в виде оксидов, силикатов и фосфатов, часто вместе с редкоземельными элементами ниобием и танталом. Точные оценки его ресурсов проводились очень редко из-за слабого экономического интереса к нему.

В настоящее время мировые ресурсы тория в месторождениях основных типов оцениваются величиной 6,3–6,4 млн т, включая прогнозные ресурсы. Наиболее крупными ресурсами (сверх 500 000 т в каждой стране) обладают Индия, Бразилия и США. В России, по данным «Красной книги», его ресурсы составляют 55 000 т. Австралия, Турция, Венесуэла, и Норвегия также обладают существенными запасами тория.

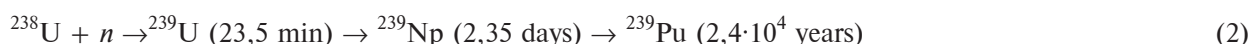
Извлечение тория как побочного продукта из монацита, содержащего редкоземельные элементы, является наиболее оправданной технологией его добычи. В настоящее время производства монацитового концентрата, кроме названных выше стран, есть также в Малайзии и Вьетнаме.

Торий, в отличие от урана, не имеет делящихся изотопов, поэтому для его энергетического использования нужен источник нейтронов. Радиотоксичность облученного ториевого топлива выше по сравнению с облученным урановым топливом при одинаковой энерговыработке. Работа с облученным ториевым топливом требует развития технологий дистанционной рефабрикации топлива.

Наибольший потенциал в качестве материала для ядерного топлива может иметь керамика на основе тория. Диоксид тория — самое высокое состояние окисления тория, это означает, что он не будет окисляться дополнительно при длительном хранении. Диоксид тория имеет точку плавления 3370 °С, тогда как используемый в настоящее время диоксид урана плавится при 2760 °С и имеет меньшую теплопроводность. Несмотря на эти преимущества, диоксид тория, смешанный с диоксидом урана-235 или с диоксидом плутония пока не используется в виде ядерного топлива.

Воспроизводящие свойства тория-232 и свойства деления урана-233

Как показано на рис. 1, при захвате теплового нейтрона, соответствующего спектру действующих энергетических реакторов, торий-232 не делится, а преобразуется в уран-233. Уран-233 имеет хорошие свойства при делении в тепловом спектре нейтронов. Его свойства превосходят свойства урана-235 и плутония-239 в тепловом спектре по количеству нейтронов, рождающихся на один поглощенный нейтрон. Критическая масса для урана-233 меньше, чем критическая масса для урана-235.



В табл. 1 сравниваются ядерные свойства трех делящихся ядер в тепловых и быстрых нейтронных спектрах.

Эффективное воспроизводство топлива в уран-ториевом топливном цикле достигается за счет:

- минимизации паразитного поглощения нейтронов в замедлителе и в конструкционных материалах активной зоны;
- специальной организацией вывода из нейтронного потока протактиния-233, который имеет период полураспада 27 дней в уран-233, для того, чтобы избежать захвата нейтрона протактинием-233 и его преобразования в протактиний-234 вместо распада в уран-233.

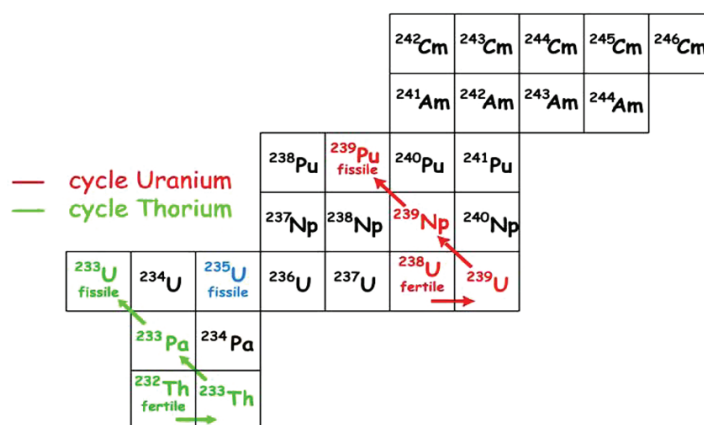


Рис. 1. Сравнение уранового и ториевого циклов в тепловом спектре нейтронов

Таблица 1

Сравнение ядерных свойств делящихся изотопов уран-235, плутоний-239 и уран-233 в тепловом и быстром спектре нейтронов

Делящиеся изотопы	235U		239Pu		233U	
Спектр нейтронов	ТР	БР	ТР	БР	ТР	БР
Сечение деления, барн	582	1,81	743	1,76	531	2,79
Сечение захвата, барн	101	0,52	270	0,46	46	0,33
Альфа (отношение сечения захвата к сечению деления)	0,17	0,29	0,36	0,26	0,09	0,12
Число нейтронов на одно деление	2,42	2,43	2,87	2,94	2,49	2,53
Число нейтронов на одно поглощение	2,07	1,88	2,11	2,33	2,29	2,27
Эффективная доля запаздывающих нейтронов, %	0,65		0,21		0,28	

Как более легкое ядро, чем уран и плутоний, торий производит меньше минорных актинов, чем топливо урана. Это может несколько облегчить часть топливного цикла, связанную с обращением с радиоактивными отходами. Тем не менее, дочерние продукты облучения и радиоактивного распада тория-232 и урана-233 (типа протактиния-231 и тория-229 соответственно) приводят к превышению радиотоксичности облученного ториевого топлива по сравнению с облученным урановым топливом при одинаковой энерговыработке в течение периода времени от 20 000 до 1 000 000 лет после использования в реакторе.

Место и роль тория в ядерной энергетике

Основу ядерной энергетики (ЯЭ) России, как и мира в целом, составляют и во второй половине двадцать первого века будут составлять электростанции с реакторами на тепловых нейтронах (ТР), которые необходимо будет обеспечить топливом на весь период их эксплуатации (60 и более лет) в объеме и по ценам, позволяющим обеспечить указанные в Энергетической стратегии России на период до 2035 г. ориентиры развития.

Для решения задачи топливообеспечения существенным условием является то, что экономически приемлемые запасы природного урана уже сопоставимы с потребностями ЯЭ при прогнозируемых вариантах ее развития на базе существующих технологий и представляют собой естественное природное ограничение, которое должно учитываться в стратегическом планировании с учетом присутствия отечественных ядерных технологий на мировом рынке. Вовлечение ресурсов тория в ядерную энергетику как раз и приобретет актуальность при возникновении реального дефицита ресурсов урана и замыкании топливного цикла реакторов ВВЭР при реализуемых масштабах развития ядерной энергетики. Применение же тория в качестве дополнительного ресурса развития ЯЭ также возможно, как при использовании обогащенного урана и накопленного плутония, так и при использовании внешних источников нейтронов.

Кроме того, для комплексного решения проблем развития ЯЭ необходимо рассматривать систему тепловых реакторов в совокупности с существующими и планируемыми к созданию реакторами на быстрых нейтронах, а также предусмотреть конструктивное дополнение парка энергетических реакторов многоцелевыми установками, предназначенными для решения задач топливообеспечения, обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО) и, в перспективе, замыкания ядерного топливного цикла (ЯТЦ).

Использование тория как компонента в составе топлива позволяет улучшить характеристики топлива тепловых реакторов — керамического диоксида урана: теплопроводность, температуру плавления, температурное расширение, уменьшить выделение газа и запас реактивности на выгорание топлива, т.е. существенно улучшить эксплуатационные параметры работы установок, что выразится в снижении текущих операционных расходов АЭС.

Вовлечение тория в ЯТЦ ВВЭР как дополнительного ресурса:

- помогает решать проблемы ресурсообеспеченности ($K_B > 0,75$);
- уран-233 более эффективен в ВВЭР, чем плутоний и уран-235;
- на порядки снижается накопление минорных актинидов в ОЯТ;
- при добыче на порядки снижается радиационное воздействие на окружающую среду по сравнению с добычей природного урана (кроме того, торий является побочным продуктом добычи редкоземельных металлов);
- диоксид тория имеет выше температуру плавления и теплопроводность, чем диоксид урана;
- у ториевого топлива меньше выход ГПД из топливной таблетки и выход активности в теплоноситель при разгерметизации твэл;
- легче решаются проблемы нераспространения ядерного оружия.

Включение тория в топливную базу ядерной энергетики с замкнутым топливным циклом позволяет принципиально улучшить нейтронный баланс в реакторах на тепловых нейтронах, а при введении в систему ядерной энергетики реакторов на быстрых нейтронах (БР) и термоядерного источника нейтронов (ТИН) с ториевыми зонами воспроизводства, позволяет создать принципиально более эффективную и понятную для современных экономических и экологических взглядов систему ядерной энергетики.

Возможно существенное снижение долговременной радиотоксичности энергосистемы в целом вследствие минимизации количества минорных актинидов, образующихся в ЯТЦ, что влечет за собой существенное улучшение экономики ЯТЦ за счет снижения расходов на обращение с ОЯТ и РАО, а также обязательных отчислений на хранение и захоронение РАО.

Конструктивным дополнением сложившейся системы российской ЯЭ, состоящей из твердотопливных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах, при переводе на уран-ториевый ЯТЦ может являться гибридная реакторная система, состоящая из ТИН и жидкосолевого blankets, в котором также нарабатывается необходимый для тепловых реакторов уран-233.

Возможно использование ТИН, выполняющего только функцию наработчика урана-233, совместно с жидкосолевым реактором деления (ЖСР), в котором происходит наработка трития и основной части тепловой энергии. Совместное использование ТИН и ЖСР чрезвычайно эффективно использовать для дожигания долгоживущих продуктов деления при организации замыкания ЯТЦ в системе тепловых и быстрых реакторов.

Применение гибридных реакторных систем в сочетании с ЖСР для существующей системы реакторов на тепловых и быстрых нейтронах с ториевым топливным циклом позволит повысить экономическую эффективность ЯЭ, удержать динамику цен на электроэнергию для внутренних потребителей на уровне инфляции и обеспечить возможность устойчивого развития.

Параллельно в жидкосолевом контуре ТИН может быть организована наработка востребованных на рынке изотопов.

Таким образом, синергетическое применение уран-ториевого топлива в тепловых реакторах, уран-плутониевого топлива в активных зонах быстрых реакторов с ториевыми экранами и гибридных термоядерных источников нейтронов с ториевыми blankets — обеспечит долгосрочное решение проблем топливообеспечения ядерной энергетики включая обращение с минорными актинидами и плутонием в ядерном топливном цикле, экономической эффективности и экологической безопасности.

Ториевое топливо в действующих реакторах

Практически каждый тип реактора в то или иное время изучался с точки зрения применения в нем ториевого топлива. В большей степени проблемы использования изучены применительно к высокотемпературным (HTR), тяжеловодным (PHWR), легководным (LWR) и жидкосолевым (MSR) реакторам на тепловых нейтронах и к blankets реакторов на быстрых нейтронах.

Торий может быть введен в действующие тепловые реакторы практически без изменения конструкции энергоблоков, т.е. с разумным размером инвестиционных издержек.

Первый реактор на уране-233 был построен в 1961 г. с целью практического изучения концепции ториевого реактора. Первое коммерческое применение торий-уранового топлива произошло в августе 1962 г. на атомной электростанции Indian Point-1. Первым жидкосолевым реактором с торий-урановым топливным циклом был экспериментальный реактор MSRE, который был запущен в Оак-Риджской национальной лаборатории США в октябре 1968 г. Использование тория с урановым топливом достаточно эффективно было продемонстрировано также на легководном исследовательском реакторе-бридере Шиппинпорт в период с 1977 г. до 1982 г.

На ранней стадии развития ядерной энергетики в Соединенных Штатах полагали, что запасов урана будет недостаточно, и планировали использовать торий для обеспечения топливом широкой ядерной инфраструктуры страны. В США имеются богатые запасы тория в монацитовых песках и совместно с месторождениями титана и циркония, но пока еще нет рынка тория и его коммерческого использования.

Ториевый топливный цикл представляет заметный интерес для реакторов на тепловых нейтронах, поскольку основной делящийся изотоп этого топливного цикла уран-233 дает в тепловом спектре нейтронов примерно 0,2 «дополнительных» нейтрона (по сравнению с уран-235 и плутоний-239), которые можно использовать для повышения эффективности топливного цикла. Вследствие этого существуют убеждения, что можно создать такие реакторы на тепловых нейтронах и соответствующие уран-ториевые топливные циклы, которые

позволят получить коэффициент воспроизводства ядерного топлива $\sim 1,02$. Но такие убеждения несколько оптимистичны и преувеличивают перспективность ториевого топливного цикла. Связано это с тем, что уран-233 получается в результате распада протактиния-233, который образуется при захвате нейтронов торием-232. Изотоп протактиния-233 имеет достаточно длительный период полураспада (27 дней) и за это время, присутствуя в активной зоне, он может захватить нейтрон, перейдет в протактиний-234 и быстро распадется в уран-234. Этот эффект заметно ухудшает эффективность топливоиспользования в ториевом топливном цикле, особенно при увеличении плотности потока нейтронов в активной зоне. При размещении тория в активной зоне ядерного реактора, мы также имеем дело с дополнительным протактиниевым эффектом реактивности, который ухудшает ядерную безопасность.

С точки зрения переработки топлива ториевый цикл также обладает некоторыми недостатками. В процессе выгорания в топливе накапливается изотоп уран-232, в цепочке распада которого в свинец присутствуют изотопы Bi-210 (γ с энергией 1.6 МэВ), Po-212 (γ с энергией 2.6 МэВ) и особенно неприятный изотоп Tl-208 (энергия γ -частиц 2.6 МэВ). Кроме этого, происходит увеличение радиотоксичности тория за счет появления сравнительно короткоживущих его изотопов, что может усложнить его рециклирование.

Указанные обстоятельства и пока достаточные ресурсы относительно дешевого природного урана (это, наверное, более веский аргумент), сдерживает внедрение ториевого топливного цикла, хотя некоторые страны (например, Индия), в силу особенностей собственной ресурсной базы, ориентируются на развитие именно этого топливного цикла.

Непосредственное применение ториевого топлива в действующем реакторе сталкивается с многократными практическими проблемами. Во-первых, в настоящее время не существует коммерческих поставок такого топлива и соответствующей производственной инфраструктуры. Хотя основная технология ториевого топлива существует, но инфраструктура пока не была создана. В Комиссии по ядерному регулированию США (NRC) не подготовлен для лицензирования ториевого топлива необходимый объем данных. Результаты многократных научных испытаний, связанные с обоснованием безопасности, эксплуатационных и радиационных характеристик облученного топлива должны быть получены, представлены, оценены и одобрены. Детали, связанные с уменьшением эффективной доли запаздывающих нейтронов для урана-233 (0,27 %) по сравнению с ураном-235 (0,65 %) могут потребовать корректировки проекта топлива или проекта реактора для обеспечения требуемых запасов безопасности в переходных процессах.

Облучение ториевого топлива, приготовленного по традиционной технологии, показало, что выход активности в теплоноситель и технологические неплотности контура в сравнении с урановым топливом меньше, что объясняется отсутствием окисления у ториевого топлива в сравнении с урановым. Однако выход газовых осколков в ториевом топливе оказался схож с урановым топливом, облученным в равных условиях. Более высокий выход газов в ториевом топливе (в сравнении с твердыми осколками) объясняется эффектами недостаточной гомогенизации в нем делящегося материала, что приводит к пикам тепловыделения в топливных таблетках. Повышение степени гомогенизации позволяет уменьшить данный эффект.

Облучение топливных таблеток до выгораний $\approx 27\,000$ МВт-сут/т показало, что выход газообразных продуктов деления на ≈ 2 порядка ниже, чем в урановом топливе в аналогичных условиях. Снижение выхода газовых продуктов деления свидетельствует о меньшем уровне достигаемых температур в ториевом топливе, что подтверждено последующими исследованиями образцов облученного топлива.

Облучение виброуплотненных топливных таблеток выявило наличие в них необъясненных дефектов в топливе, заключающихся в образовании в нем зон с повышенной концентрацией делящегося материала. Однако сделан вывод, что данные дефекты не приведут к росту повреждений топлива.

Использование тория в открытом топливном цикле

Для открытого ториевого топливного цикла (без переработки топлива), дополнительные нейтроны от уран-233 можно постараться эффективно использовать, увеличивая глубину выгорания топлива. Однако изотопа уран-233 в природе нет, поэтому в этом случае потребуются формировать стартовые топливные загрузки реакторов либо на основе высокообогащенного урана, либо на основе плутония. Для первого варианта (использование высокообогащенного урана) необходимо иметь развитую структуру предприятий по обогащению природного урана и получить заметные экономические преимущества от замены сырьевого изотопа уран-238 на торий-232. Такая перспектива представляется сейчас не очень заманчивой. Во-первых, высокообогащенный уран это дополнительная головная боль в проблеме нераспространения ядерного оружия, во-вторых заметно поднять выгорание ториевого топлива не удастся, т. к. по-прежнему основным делящимся изотопом будет уран-235.

Разрабатывается проект ториевого топлива для реактора ВВЭР-Т, в котором планируется использовать двухсекционные тепловыделяющие сборки (запальная урановая секция и ториевая воспроизводящая секция). Ториевая секция имеет в несколько раз большую кампанию, чем урановая. Таким образом удастся частично использовать накопившийся уран-233 без переработки ториевого топлива и снизить потребление природного урана.

Другой вариант – ориентация на использование стартовых плутониевых загрузок. Скорее всего, он более перспективен. Для реализации этой стратегии на первом этапе можно использовать оружейный плутоний или плутоний из облученного топлива тепловых реакторов. В перспективе можно рассчитывать на плутоний из экранов быстрых реакторов. Использовать плутоний целесообразно лишь на начальном этапе наращивания мощностей. Далее, при полном замыкании топливного цикла, в том числе и по урану-233, следует переходить на топливные загрузки с ураном-233, который будет набираться как в тепловых реакторах, так и в бланкетах быстрых реакторов. При этом в нейтронном потоке, в отличие от урана, торий производит очень небольшое количество плутония, хотя в этом направлении, кроме концептуальных проработок, до сих пор никакой зрелый проект не был осуществлен. Тем не менее, этот способ позволяет в будущем перейти от уран-плутониевого топливного цикла к уран-ториевому топливному циклу.

Все эти варианты имеют право на рассмотрение, и, возможно, какие-нибудь из них достигнут стадии практического внедрения, в зависимости от перспектив развития атомной энергетики, развития перспективных технологий, особенностей развития атомной энергетики в разных странах.

Замкнутый ториевый топливный цикл

Замыкание ядерного топливного цикла – рециркуляция топливных (тяжелых) нуклидов через реакторы в системе ядерной энергетики с целью достижения максимального использования энергетического потенциала природного ядерного топлива (урана и тория) и минимизации долгоживущих РАО с обеспечением безопасной изоляции биосферы от радиоактивных продуктов деления (осколков), активированных материалов и неиспользуемых радионуклидов, их возможной в последующем трансмутации в нейтронном потоке, было признано стратегическим направлением развития ядерной энергетики в России с самого начала ее развития.

Использование рециркуляции топлива открывает много вариантов ядерного топливного цикла. Большинство ядерных стран, которые в настоящее время уже повторно перерабатывают облученное ядерное топливо или которые пока только признают, что переработка и рециркуляция топлива являются необходимым условием существования крупномасштабной ядерной энергетики, считают, что использование тория через преобразование в уран-233 в замкнутом ядерном топливном цикле является наиболее эффективным способом его применения.

Действительно, как и для уранового топлива, открытый топливный цикл ведет к использованию меньше, чем 1 % от полной запасенной энергии тория, в то время как в замкнутом топливном цикле больше чем 80 % тория может быть сожжено, поскольку торий и уран-233 многократно перерабатываются. Технологии отделения урана-233 позволяют изготовить топливо с необходимыми размножающими свойствами, аналогичными свойствам обогащенного природного уранового топлива. Очистка тория от продуктов деления также позволяет вернуть его назад в реактор. Однако переработка облученного тория не может быть достигнута теми же технологическими процессами, которые в настоящее время используются для переработки облученного уранового топлива. Для этого необходимо перейти к новому технологическому процессу Торекс (Thorex), который требует использования смеси фтористоводородной и азотной кислот вместо одной азотной кислоты, используемой для переработки облученного топлива плутония и урана по водной технологии. Поэтому внедрение процесса Торекс в промышленном масштабе может быть предусмотрено только в среднесрочной перспективе после того, как демонстрация и лицензирование этой технологии в опытно-промышленном масштабе будут сделаны.

Кроме того, облученное топливо торий/уран-233 также имеет существенную радиотоксичность, произведенную изотопами, сопутствующими наработке урана-233 (а именно торий-229, протактиний-231, уран-232 и их дочерними продуктами). Протактиний и его соединения чрезвычайно радиоактивны и радиотоксичны. Эти изотопы усложняют радиационную защиту производства, но обеспечивают снижение риска распространения ядерных материалов.

Технические и экономические исследования замкнутого ториевого топливного цикла необходимы, чтобы оценить коммерческую привлекательность от использования тория с учетом эскалации цены природного урана, оценки стоимости переработки ториевого топлива, анализа инвестиций и эксплуатационных расходов на переработку и изготовление регенерированного топлива, а также затраты связанные с обращением с РАО. Проблемы нераспространения также должны быть решены.

Если даже не предполагается интенсифицировать НИОКР по внедрению ториевого топлива, то аргументы для его продолжения и развития в будущем могут быть связаны с минимизацией количества минорных актинидов в системе атомной энергетики. Из анализа результатов расчетного моделирования замкнутых топливных циклов для легководных энергетических реакторов с переработкой облученного ториевого топлива и извлечением урана-233 и плутония следует, что при многократном рециклировании достигается ~40 % экономия природного урана по сравнению со стандартным легководным реактором, использующим открытый топливный цикл и урановое топливо.

Использование ториевого топлива в системе тепловых и быстрых реакторов

Реакторы на быстрых нейтронах также могут работать в уран-ториевом топливном цикле, однако особенности топлива в спектре быстрых нейтронов по характеристикам воспроизводства уступают уран-плутониевому топливному циклу. Тем не менее, использование уран-ториевого топлива в БР может обеспечить решение некоторых локальных задач, касающихся, например, снижения пустотного эффекта реактивности (вплоть до отрицательной величины), уменьшения производства трансурановых нуклидов в топливном цикле, наработки урана-233 для реакторов на тепловых нейтронах и др.

Моделирование комбинированного уран-плутоний-ториевого замкнутого топливного цикла в системе тепловых и быстрых реакторов позволяет оценить эффективность топливного цикла, в котором тепловые легководные, тяжеловодные и высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы подпитываются ураном-233, который нарабатывается в ториевых экранах быстрых реакторов, а в активной зоне быстрых реакторов нарабатывается плутоний для их собственных потребностей. Необходимо оценить потоки ядерных материалов между различными типами реакторов. Важными характеристиками при этом являются коэффици-

ент воспроизводства (конверсии) топлива в тепловых и в быстрых реакторах и средняя глубина выгорания топлива.

Эти примеры организации топливных циклов также требуют индустриального использования процесса Торекс.

Использование ториевого топлива в жидкосолевых реакторах

Концепция жидко-солевых реакторов, в том числе с уран-ториевым топливом, имеет примерно тот же возраст, что и ядерная энергетика в целом. Задержка с более ранним внедрением ЖСР в ядерную энергетику была связана с сосредоточением средств на направлении быстрых натриевых реакторов-бридеров, на которое в мире уже израсходовано более 50 млрд долл.

Жидкосолевые реакторы, использующие топливо в виде расплавов неорганических соединений урана, тория и плутония, рассматриваются в качестве альтернативы твердотопливным реакторным системам, поскольку допускают регулирование топливного состава при работе реактора. В жидкосолевых реакторах снижается паразитный захват нейтронов за счет минимизации конструкционных материалов и продуктов деления в активной зоне. В таком реакторе с ториевым топливом возможно получение режима самообеспечения топливом и даже его расширенного воспроизводства. Возможна реализация ториевых жидкосолевых реакторов с тепловым и с быстрым спектром нейтронов.

Демонстрация возможности практической реализации данной концепции была подтверждена в США опытом эксплуатации реактора MSRE с тепловой мощностью 7,3 МВт, который работал в течение 1965–1969 гг.

Исследования проводились в США, Франции, Японии в Российской Федерации и других странах. Проработаны различные схемы ЖСР с использованием расплавов фторидов легких и тяжелых металлов. В качестве базового варианта принят американский проект реактора MSBR электрической мощности 1000 МВт(э) с использованием уран-ториевого топливного цикла и воспроизводством урана-233. Реактор подпитывается фторидной топливной солью на основе урана-233 и тория. В равновесии достигается коэффициент воспроизводства ~ 1.02 , основная топливная загрузка составляет ~ 46 тонн тяжелого металла, включая ~ 6 тонн урана-233. Предложена концепция «Thorium Molten Salt Nuclear Energy Synergetic», обеспечивающая, по мнению авторов, практическое решение всех проблем дальнейшего развития ЯЭ. Но в этой концепции предлагается использовать ускорители протонов в качестве дополнительного внешнего источника нейтронов. Это обусловлено тем, что уран-ториевый топливный цикл нейтроннодефицитен, и при реально достижимых уровнях очистки топливной соли от продуктов деления и скорости выведения протактиния-233 из нейтронного поля для достижения экономически приемлемой плотности нейтронов, нужна внешняя подпитка или за счет урана-235, или плутония, или электроядерными, или термоядерными нейтронами.

Потенциал нераспространения для ториевого топлива

Привлекательность использования тория может быть обусловлена объективными причинами снижения риска распространения ядерного оружия. Главная причина — самозащищенность за счет излучения проникающих гамма-лучей с высокой энергией из дочерних продуктов урана-232 в процессе производства топлива на основе урана-233. Изотопы урана-232 всегда остаются вместе с изотопами урана-233, так как они химически идентичны. Уран-232 распадается в торий-228 и ряд других дочерних продуктов, которые производят высокую температуру и гамма-лучи высокой энергии. Таким образом реализуются для урана-233 свойства внутренне присущей самозащищенности от несанкционированного распространения ядерных материалов.

Термоядерный источник нейтронов

Современные достижения физики плазмы как в теории, так и в эксперименте, а также ход реализации международного проекта экспериментального термоядерного реактора

ИТЭР, дают основания полагать, что перспективы ядерной энергетики синтеза (или термоядерной энергетики) могут быть реализованы во второй половине XXI века. Оценки показывают, что суммарная электрическая мощность термоядерных станций, которая может быть достигнута к концу века, находится на уровне 100 ГВт.

Наряду с генерацией энергии, термоядерные установки являются мощными источниками нейтронов, имеются значительные перспективы их использования для улучшения нейтронного баланса ядерной энергетики деления. Такой источник нейтронов может быть и не энергоэффективным, но должен с хорошим темпом превращать сырьевые нуклиды урана-238 и тория-232 в ядерное горючее.

Для этого сейчас предлагается использовать как установки типа ТОКАМАК с жидкотопливными blankets, в которых происходит накопление плутония или урана-233, так и другие типы термоядерных установок с контролируемыми режимами удержания плазмы. Такие термоядерные установки порядка 1 ГВт термоядерной мощности способны нарабатывать искусственное ядерное горючее с темпом, аналогичным предприятию по добыче природного урана мощностью примерно 500 т в год. Тритий, необходимый для поддержания термоядерной дейтерий-тритиевой реакции, в этом случае может нарабатываться в ядерных реакторах при использовании лития в качестве поглощающего материала вместо бора.

Идея создания гибридной термоядерной установки с высоким темпом наработки делящихся материалов была предложена И.В. Курчатовым в 1951 г. и впоследствии обоснована и опубликована в 1978 г. Внедрение в топливный цикл ядерной энергетики ТИН позволит создать максимально чистый с точки зрения радиотоксичности процесс получения энергии из сырьевых нуклидов урана-238 и тория-232.

Одна установка мощностью 1 ГВт (э) способна наработать в год до 3000 кг новых делящихся изотопов. Очень хороший быстрый реактор такой же мощности способен произвести в год максимум 250–300 кг избыточного плутония. По этой причине в системе ядерной энергетики с ТИН и тепловыми реакторами с улучшенными характеристиками топливоиспользования доля ТИН будет составлять менее 10 %. Это позволит создать более гибкую систему по сравнению с системой ядерной энергетики с тепловыми и эффективными быстрыми реакторами, доля которых должна быть более 60 %.

Принципиальными проблемами НИОКР на пути к ТИН являются: развитие технологий квазистационарных систем термоядерного синтеза, жидкосолевых технологий blankets с делящимися материалами и технологий подготовки ядерного топлива и частичной радиохимической переработки радионуклидов непосредственно на установке.

Ключевыми инструментами создания технологий и установок ТИН остаются углубление теорий и создание моделей физических процессов в системах термоядерного синтеза и деления. Необходимы моделирование процессов функционирования установок и крупных технологических систем, включая оценки их ресурса, характеристик надежности, ремонтнопригодности, доступности обслуживания и инспекций, а также разработку методов интегрального моделирования нейтронных полей и трансмутационных цепочек на основе современной базы ядерных данных.

Реализация программы создания ТИН потребует совместной работы многих исследовательских организаций страны, университетов и промышленности по достижению программных целей.

Использование термоядерного источника нейтронов и жидкосолевого blanketа как подкритической ядерной системы может стать страхующим решением проблемы как воспроизводства ядерного топлива и пережигания долгоживущих радионуклидов, так и производства электроэнергии.

Предложения по дорожной карте освоения реакторных технологий в России, учитывающие как федеральные программы и решения Госкорпорации Росатом, так и инициативные проекты, представлены на рис. 2.

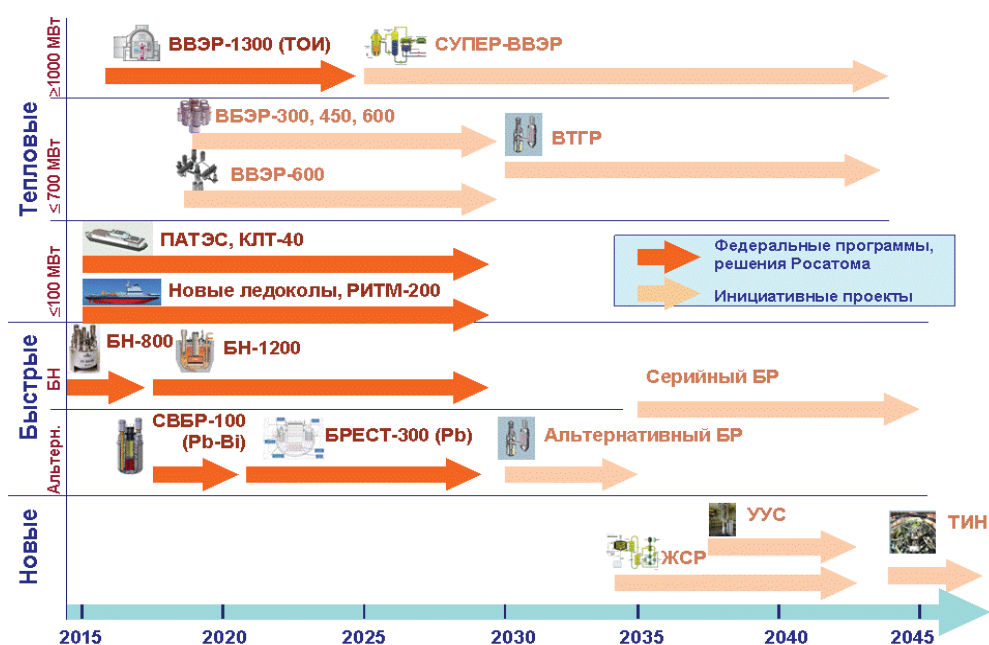


Рис. 2. Предложения по дорожной карте развития реакторных технологий в России

Заключение

Системные оценки, выполненные НИЦ «Курчатовский институт», показывают, что проблема вовлечения ресурсов тория в ядерную энергетику приобретет актуальность в России при возникновении реального дефицита дешевых ресурсов урана на горизонте не позднее 2030–2035 гг. и с целью решения проблем управления рисками, связанными с генерацией минорных актинидов и плутония. Применение тория в качестве дополнительного ресурса развития ядерной энергетики возможно, как при использовании обогащенного урана и накопленного плутония, так и при использовании внешних источников нейтронов.

Направление вовлечения ресурсов тория в топливный цикл ядерной энергетики является одной из важных и перспективных задач Энергетической стратегии России на период до 2035 г. по повышению экономической эффективности энергетики и обеспечению устойчивого развития на основе долгосрочного решения проблем топливообеспечения. Работы по вовлечению тория в ядерный топливный цикл основываются на мировом тренде и являются продолжением исследований, проведенных в Курчатовском институте и в атомной отрасли в 70–80-е годы, включая разработку концепции реактора на уран-ториевом топливе ВВЭР-Т.

ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА

В.С. Тарасенко, зав. каф., проф., Оренбургский Государственный Медицинский Университет, д-р мед. наук, k_gpsury@orgma.ru

В работе представлены данные собственных экспериментально — клинических исследований, охватывающих 25-летний период и некоторые публикации, касающиеся острого панкреатита и нарушений функции печени, с точки зрения патогенеза и патоморфологии.

Ключевые слова: Острый панкреатит, поражение печени.

PATHOLOGICAL MECHANISMS OF ACUTE PANCREATITIS

V.S. Tarasenko, Head of Department, Professor, Orenburg State Medical University, Ph.D. of Medical Sciences, k_gpsury@orgma.ru

The paper presents the results of own experimental and clinical research, covering a period of 25 years and some publications relating to acute pancreatitis and liver dysfunction, from the point of view of pathogenesis and pathomorphology.

Keywords: Acute pancreatitis, liver damage.

Острый панкреатит в настоящее время остается одной из важнейших проблем экстренной абдоминальной хирургии. Ежегодный рост числа больных острым панкреатитом, высокая частота осложнений с системными последствиями определяют актуальность данной патологии. Несмотря на то, что в 70–80 % наблюдений заболевание характеризуется относительно благоприятной клинической картиной, в 20–30 % случаев отмечается тяжелое течение процесса, обусловленное развитием деструктивных форм острого панкреатита, при которых летальность достигает 15–40 %.

Известно, что воспалительные реакции неспецифичны, они проявляются при любом повреждении тканей и иммунном конфликте. При этом происходит активация нейтрофилов, макрофагов и комплемента, системы свертывания крови. При воспалении непосредственно в поджелудочной железе увеличивается выработка эндотелием капилляров веществ, поддерживающих адгезию лейкоцитов крови. Считается, что активация эндотелия капилляров обуславливает повышение проницаемости их стенки, образование агрегатов лейкоцитов, выброс факторов хемотаксиса и ускорение фагоцитоза. Повышенный выброс в кровоток провоспалительных цитокинов и других медиаторов способствует генерализации воспалительной реакции, миграции лейкоцитов в органы, отдаленные от поджелудочной железы. При этом массивное и длительное поступление токсических веществ, продуктов липопероксидации (малоновый диальдегид — МДА, диеновые конъюгаты — ДК) во внутренние среды организма (кровь, лимфу, тканевую жидкость) становятся фактором повреждения различных органов и систем.

При развитии острого панкреатита патологический процесс не ограничивается изолированным поражением поджелудочной железы, а сопровождается вовлечением множества висцеральных органов и систем организма. Системные проявления острого воспаления поджелудочной железы обусловлены развитием эндогенной интоксикации, которая является многогранным патологическим процессом, основными проявлениями которого выступают системная гипоксия тканей и нарушения метаболизма. В этой связи токсемические и септические осложнения острого панкреатита по-прежнему остаются основной причиной

смерти у пациентов с данным заболеванием. Наблюдается частое развитие гнойно-воспалительных осложнений: парапанкреатический инфильтрат, забрюшинная флегмона, абсцесс, перитонит.

Исследования последних лет доказали важную патогенетическую роль вторичного инфицирования очагов панкреонекроза условно-патогенными микроорганизмами из просвета желудочно-кишечного тракта. Усилению феномена транслокации кишечной микрофлоры, представленной преимущественно кишечной палочкой в ассоциации во внутренние органы по мере прогрессирования деструктивных изменений в поджелудочной железе, способствует нарушение структурной целостности оболочки желудочно — кишечного и интенсивным накоплением микроорганизмов. Установлен параллелизм между степенью деструкции поджелудочной железы и уровнем бактериальной обсемененности внутренних органов, в том числе и поджелудочной железы. Картина деструктивных изменений сопровождается эрозированием и «оголением» ямочного эпителия желудка и ворсин кишечника с одновременной вазодилатацией и экстравазацией плазмы и форменных элементов крови.

При деструктивных формах острого панкреатита часто происходит инфицирование. К настоящему времени установлено, что основными возбудителями панкреатической инфекции являются грамотрицательные микроорганизмы, в частности, *Escherichia coli* (27–35%), *Enterococcus* (24–26%), *Staphylococcus aureus* (14–16%), *Staphylococcus epidermidis* (15%), *Klebsiella* (15%), *Pseudomonas spp.* (7–11%) и *Streptococcus* (4–7%). Обращает на себя внимание высокий уровень псевдомонадной, стафилококковой и грибковой инфекции. Анаэробная инфекция выявляется в 15% случаев инфицированного панкреонекроза. Полимикробный характер инфицирования чаще отмечен у больных с панкреатогенными абсцессами, нежели при инфицированном панкреонекрозе.

В поджелудочной железе в результате действия различных причин: нарушения оттока секрета поджелудочной железы, реализации неблагоприятного влияния факторов нейрогуморального и сосудистого характера, токсико-аллергических воздействий, первично повреждается ацинарная клетка с появлением микроочагового некроза. С другой стороны, повреждается сосудистое русло органа с развитием ишемии, выраженного геморрагического отека, появлением некротических изменений паренхимы и стромы поджелудочной железы и, как результат этого — начинает прогрессировать некробиотический процесс в ацинарном аппарате.

Значительное место в патогенезе острого панкреатита занимают нарушения со стороны микроциркуляторного русла. При этом отмечена определенная стадийность данного процесса — кратковременная вазоконстрикция сменяется стойкой вазодилатацией с развитием стаза, диапедеза форменных элементов крови, при электронно — микроскопическом исследовании выявляются выраженный отек, истончение эндотелия, формирование в нем фенестр, формирование широких межклеточных щелей вследствие разрушения межмембранных контактов, разрыхления и повреждения базальной мембраны, что в конечном итоге, приводит к развитию сладж — синдрома, тромбоза и выраженных геморрагий.

В ранней стадии острого панкреатита ключевую роль играет ухудшение панкреатической микроциркуляции. Предрасполагающими механизмами являются: усиление сосудистой проницаемости, уменьшение кровотока, нарушение лейкоцит-эндотелиального взаимодействия и формирование внутрисосудистого тромба. Усиление сосудистой проницаемости происходит под воздействием активизированной калликреин-кининовой системы и свободных радикалов кислорода, процессы регенерации паренхимы и стромы поджелудочной железы лимитированы, особенно в условиях эндогенного инфицирования, особенно при контаминации эшерихиозной флорой. Взаимодействие лейкоцитов с сосудистой стенкой обычно вторично и наступает уже после изменения панкреатической микроциркуляции при остром панкреатите.

По мнению Тарасенко В.С. с соавт. (2000, 2011), первичным источником инфицирования при остром деструктивном панкреатите является 12-ти перстная кишка в состоянии ее динамической непроходимости, а вторичным — хирургическое вмешательство, послеоперационная динамическая кишечная непроходимость и неадекватное дренирование брюшной полости и сальниковой сумки.

В многочисленных публикациях, посвященных общебиологическим вопросам механизма транслокации, источником, определяющим вторичное инфицирование железы, является просвет пищеварительного тракта. Наиболее часто эндогенные и инфекционные очаги обусловлены грамотрицательными энтеробактериями, в том числе, эшерихиями, клебсиеллами, протейями. Возбудители, выделенные из фекалий, крови и ран, часто бывают идентичны.

Внутриорганная активация протео — и липолитических ферментов приводит к каскадному высвобождению кининов и цитокинов и к выраженному повышению сосудистой проницаемости. В дальнейшем развиваются отек стромы железы, спазм и сдавление сосудов, вторичная ишемия и некроз паренхимы, протекающие в условиях так называемого «окислительного стресса» (сочетание синдромов гипоксии и гиперпероксидации).

Ряд авторов (Тарасенко В.С., 2000; Демин Д.Б., 2010) отмечают, что при остром панкреатите происходит усиление перекисного окисления липидов, в результате чего в мембранах клеток происходит избыточное накопление его продуктов — малонового диальдегида и диеновых конъюгатов, оказывающих повреждающее действие на панкреатоциты и гепатоциты.

Важная роль в физиологии и патологии печени отводится гепатопортальной циркуляции. Несмотря на то, что изменение портального кровотока является стереотипной реакцией печени на микроциркуляторном уровне, при панкреонекрозе это является дополнительным фактором, определяющим нарушение цитофизиологии гепатоцитов. Известно, что пусковым механизмом этой реакции является изменение гомеостаза и объема портальной крови. Показано блокирование портального кровотока при введении в портальную систему глюкозы, раствора Эрла, реополиглюкина и даже собственной крови. Обнаруженный феномен рассматривается как тонкий регуляторный механизм, направленный на временную изоляцию паренхимы печени от соприкосновения с чрезвычайными раздражителями. Возникающая редукция кровотока по воротной вене и печеночной артерии на фоне гипертонуса приводит к ишемии и гипоксии, и развитию патологического процесса в паренхиме печени.

При остром панкреатите выделяются многочисленные медиаторы воспаления, которые по системе воротной вены попадают в печень, стимулируя высвобождение второй волны медиаторов. При этом концентрации цитокинов в легких, печени и селезенке превосходят соответствующие показатели в сыворотке крови, а в сердце, почках и головном мозге уровни цитокинов не определяются, подтверждая тем самым, что резидентные макрофаги, а не циркулирующие нейтрофилы, являются основным источником этих медиаторов.

Выделяющиеся активированные панкреатические ферменты, в частности эластаза, способны стимулировать синтез цитокинов в клетках Купфера. В ответ на стимуляцию эти клетки синтезируют большое количество оксида азота, который является важным медиатором системных гемодинамических нарушений и оксидативного повреждения тканей. Под влиянием цитокинов и активированных панкреатических ферментов развиваются микроциркуляторные нарушения, проявляющиеся спазмом артериол и формированием микротромбов, что, в свою очередь, вызывает ишемически-реперфузионные нарушения. Острый панкреатит приводит к значительному угнетению энергетического обмена в печени, тяжелому внутриклеточному ацидозу и быстрому накоплению внутриклеточного натрия. Кроме того, медиаторы воспаления угнетают бактерицидную активность клеток Kupffer, что может способствовать бактериальной диссеминации.

Клинико—лабораторные проявления возникающего гепатопривного синдрома подтверждаются патоморфологическими изменениями в виде картины острого гепатита с жировой дистрофией периферии долек и появлением «пенистых клеток».

Ведущими причинами функциональных изменений печени при остром панкреатите являются развивающиеся глубокие микроциркуляторные расстройства, дегенеративно — дистрофические изменения гепатоцитов и декомпенсация механизмов репарации. Усугубляющим фактором повреждения печени является инициация апоптоза гепатоцитов и панкреатоцитов. В настоящее время проблеме апоптоза и связанных с ним процессам репарации и регенерации тканей уделяется большое внимание.

При остром панкреатите в начальных стадиях развития заболевания макроскопически в печени отмечается резко выраженное полнокровие, часто в субкапсулярных отделах определяются крупные участки неправильной формы желтовато-красного цвета. На микроскопическом уровне отмечается резко выраженное кровенаполнение центральных вен и синусоидов, эритро- и лейкостазы. По мере нарастания циркуляторных нарушений происходят дистрофические изменения не только эндотелиоцитов, но и гепатоцитов. В них наблюдается белковая дистрофия, полиморфно-капельное ожирение.

Морфологические и функциональные нарушения печени играют определяющую роль в проявлении токсических свойств крови и лимфы. Так, развитие токсического гепатита при остром панкреатите во многом определяет уровень токсемии. Среди многих патогенных факторов поражения печени ведущим является участие медиаторов воспаления и свободных радикалов кислорода.

Ишемическая деструкция тканей в очаге поражения является основным фактором в развитии эндогенной интоксикации организма. Главная роль при этом принадлежит двум механизмам тканевой гипоксии — активации перекисного окисления липидов и запуску анаэробного гликолиза. При суммировании этих процессов происходит развитие полиорганной недостаточности.

На интегральные характеристики тяжести патологического процесса в популяции больных острым панкреатитом, несомненно, влияет дальнейшее совершенствование патогенетических методов лечения. Несмотря на хорошо изученную этиологию данного заболевания, имеются спорные вопросы, касающиеся патогенеза его различных форм, а также следует признать недостаточную эффективность используемых методов воздействия на патологический процесс в поджелудочной железе.

Острый панкреатит ставит перед врачами ряд сложных задач, от правильности которых зависит результат лечения. Прежде всего, это касается деструктивного панкреатита.

Проблема эффективного лечения острого панкреатита до настоящего времени окончательно не решена. Многие исследователи едины только в том, что лечение острого панкреатита должно начинаться с комплексной патогенетической консервативной терапии. Применение антибиотиков при остром панкреатите основывается на том факте, что летальность при инфицированном панкреонекрозе выше, чем при стерильном. В Кокрановском систематическом обзоре рассматриваемой тематики было рекомендовано использование антибиотиков широкого спектра, активных в отношении возбудителей интраабдоминальных инфекций (цефутоксим, ципрофлоксацин, имипенемы или офлоксацин в сочетании с метронидазолом). Использование антибиотиков является стандартом в лечении больных инфицированным панкреонекрозом).

Вместе с тем, остается недостаточно изученным вопрос местного медикаментозного воздействия на паренхиму поджелудочной железы и печени при остром деструктивном панкреатите, сопровождаемым инфицированием участков некроза и паренхимы органа, с целью подавления бактериальной флоры, стимуляции репаративных процессов тканевых элементов поджелудочной железы и печени при остром панкреатите, профилактики недоста-

точности печени и предупреждения развития осложнений. Важную роль в восстановлении функции пораженных органов играет репаративная регенерация тканей с вовлечением процесса гистогенеза клеток различных дифферонов. Особенно это касается обоснования использования гипоталамических нонапептидов как биорегуляторов клеточного и тканевого гомеостаза, стимуляторов репаративных гистогенезов.

К настоящему времени в лечении острого панкреатита достигнуты определенные успехи, однако ряд вопросов профилактики полиорганной, в частности, печеночной недостаточности, остаются малоизученными. Современный подход к лечению больных острым панкреатитом «диктует» необходимость привязки проводимой терапии к стадийным особенностям течения панкреатита с учетом данных динамического обследования: результатов лабораторных анализов, УЗИ, КТ, гистологического исследования интраоперационного материала, в том числе с использованием методов электронной микроскопии и иммуноцитохимии. Лечебная тактика при остром панкреатите по длительности консервативной терапии, срокам и объему оперативного вмешательства остается дискуссионной. Ее успешное решение будет зависеть от улучшения диагностики, разработки новых методов лечения заболевания и его осложнений.

Заключение

По результатам клинично-экспериментальных исследований по проблеме острого деструктивного панкреатита получены патенты РФ на изобретение:

Патент № 2151607 от 27.06.2000 г. «Способ коррекции гипергликемии при панкреонекрозе»;

Патент РФ № 2153676 от 27.06.2000 г. «Способ прогнозирования исхода деструктивного панкреатита»;

Патент № 2187117 от 10.08.2002 г. «Способ прогнозирования гнойных осложнений при панкреонекрозе»;

Патент № 2199121 от 20.02.2003 г. «Способ диагностики гнойно-некротических осложнений при панкреонекрозе»;

Патент № 2338195 от 10.11.2008 г. «Способ прогнозирования исхода острого панкреатита»;

Патент № 2339042 от 20.11.2008 г. «Способ диагностики формы острого панкреатита».

Удостоверение на рационализаторское предложение № 1263 от 21.02.2000 г. «Способ послеоперационной терапии при панкреонекрозе».

Список литературы

1. Басов Ф.В. Экспериментальное обоснование применения перфторана в лечении острого панкреатита. Автореф. дис. канд. мед. наук [Текст] / Ф.В. Басов. Оренбург, 2008. 26 с.
2. Бобылев А.А. Экспериментально-гистологическое обоснование применения окситоцина для профилактики повреждения печени в комплексном лечении острого панкреатита. Автореф. дис. канд. мед. наук [Текст] / А.А. Бобылев. Оренбург, 2011. 22 с.
3. Вахрушев А.А. Экспериментально-клиническое обоснование профилактики и лечения печеночной недостаточности при остром панкреатите: дис. ... канд. мед. наук [Текст] / А.А. Вахрушев. Красноярск, 1998. 160 с.
4. Демин Д.Б. Состояние перекисного окисления липидов при панкреонекрозе и методы антирадикальной коррекции. Автореф. дис. ... канд. мед. наук [Текст] / Д.Б. Демин. Оренбург, 2000. 25 с.
5. Демин Д.Б., и др. Современные подходы к диагностике и лечению острого деструктивного панкреатита [Текст] // Хирург. 2008. № 2. С. 19–21.
6. Демин Д.Б. Патогенетическое обоснование комплексного лечения острого панкреатита: автореф. дис. ... док. мед. наук [Текст] / Д.Б. Демин. Оренбург, 2010. 50 с.
7. Климушкин А.В. Экспериментально-морфологическое обоснование применения деминерализованной костной губки для ликвидации остаточных полостей печени: автореф. дис. ... канд. мед. наук [Текст] / А.В. Климушкин. Оренбург, 2003. 23 с.

8. Красильников Д.М. Использование современных методов визуализации в диагностике и комплексном хирургическом лечении больных с панкреонекрозом [Текст] / Д.М. Красильников // Медицинская визуализация. 2010. № 3. С. 76–80.
9. Кубышкин В.А. Острый панкреатит [Текст] / В.А. Кубышкин // Тихоокеанский медицинский журнал. 2009. № 2. С. 48–52.
10. Морозов С.В. Активация процессов липопероксидации – патогенетический фактор полиорганной дисфункции при остром панкреатите [Текст] / С.В. Морозов, В.Т. Долгих, В.Л. Полуэктов // Бюллетень СО РАМН. 2005. № 4 (118). С. 32–35.
11. Решетников Д.И. Диагностика и лечение печеночной недостаточности при остром деструктивном панкреатите. Автореф. дис. ... канд. мед. наук [Текст] / Д.И. Решетников. Якутск, 2009. 22 с.
12. Савельев В.С. и др. Оптимизация лечения панкреонекроза: роль активной хирургической тактики и рациональной антибактериальной терапии [Текст] // Анналы хирургии. 2000. № 2. С. 12–16.
13. Савельев В.С. и др. Деструктивный панкреатит: алгоритм диагностики и лечения (проект) // Consilium-medicum. 2001. Т. 3, № 6. С. 273–279.
14. Салий И.С. Перикисные и антиперикисные механизмы повреждения и защиты печени при остром панкреатите [Текст] : автореф. дис. ... канд. мед. наук / И.С. Салий. Владикавказ, 2008. 21 с.
15. Соловьев Г.С. Проявления интерферентных детерминаций в механизмах эмбрио-, гисто- и органогенезов [Текст] / Г.С. Соловьев с соавт. // Вопросы морфологии XXI век, вып. 2, СПб 2010. С. 39–41.
16. Стадников А.А. Роль гипоталамических нейропептидов во взаимодействии про- и эукариот (структурно-функциональные аспекты) [Текст] / А.А. Стадников. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 245 с.
17. Стадников Б.А. Клинико-экспериментальное обоснование применения нейропептидов и гиалуроновой кислоты в комплексном лечении осложнений острого панкреатита. Автореф. дис. д-ра мед. наук [Текст] / Б.А. Стадников. Оренбург, 2005. 38 с.
18. Тарасенко В.С. Острый деструктивный панкреатит. Некоторые аспекты патогенеза и лечения. Автореф. дис. ... д-ра мед. наук [Текст] / В.С. Тарасенко. Оренбург, 2000. 48 с.
19. Тарасенко В.С., Демин Д.Б., Стадников А.А., Смолягин А.И. Острый деструктивный панкреатит (экспериментально-клиническое исследование). [Текст] / В.С. Тарасенко, Д.Б. Демин, А.А. Стадников, А.И. Смолягин // Оренбург: ОрГМА, 2011, 340 с.
20. Шеина Е.А. Экспериментальное обоснование местного применения окситоцина и антибиотика в лечении острого деструктивного панкреатита. Автореф. дис. канд. мед. наук [Текст] / Е.А. Шеина. Оренбург, 2004. 22 с.
21. Шишов А.А. Гепаторенальные нарушения в прогрессировании эндотоксикоза при остром панкреатите и их коррекция. Автореф. дис. канд. мед. наук [Текст] / А.А. Шишов. Саранск, 2011. 18 с.
22. Ярема И.В. Хирургическая тактика лечения распространенного инфицированного панкреонекроза (анатомо-экспериментально-клиническое исследование) [Текст] / И.В. Ярема, В.В. Налетов, О.В. Данилевская // Хирург. 2007. № 1. С. 23–29.
23. Gabbrielli A., et al. (2010) ERCP in acute pancreatitis: What takes place in routine clinical practice? [Text]. World J. Gastrointest. Endosc. (September 16). No. 2(9), pp. 308–313.
24. Barone M., et al. (2006) Estrogen – induced proliferation in cultured hepatocytes involves cyclin D1, P21 C I P1 and P27 KI P1 [Text]. Dig. Diseases and Sci. Vol. 51, № 3, pp. 580–586.
25. Bassi C. (2003) Antibiotic therapy for prophylaxis against infection of pancreatic necrosis in acute pancreatitis [Text]. C. Bassi, M. Larvin, E. Villatoro. Cochrane Database Syst. Rev. No. 4, p. 2941.
26. Beger H.G. (2000) Nekrosektomie oder anatomiegerechte Resektion bei akuter Pankreatitis [Text]. H.G. Beger, B. Rau, R. Isenmann. Chirurg. Vol. 71, No. 3, pp. 274–280.
27. Bresgen N., et al. (2008) Ferritin end FasL (CD 95 L) mediate density dependent apoptosis in primary rat hepatocytes [Text]. J. Cell. Physiol. Vol. 217, No. 3., pp. 800–808.
28. Buchler M.W., et al. (2000) Acute necrotizing pancreatitis: treatment strategy according to the status of infection [Text]. Ann. Surg. 232 (5), pp. 619–626.

29. Heinrich S. (2006) Evidence-based treatment of acute pancreatitis: a look at established paradigms [Text]. S. Heinrich, V. Rousson, P.A. Clavien. Ann. Surg. Vol. 43, No. 2, pp. 154–168.
30. Linhua Yao, et al. (2010) Prophylactic Antibiotics Reduce Pancreatic Necrosis in Acute Necrotizing Pancreatitis: A Meta-Analysis of Randomized Trials [Text]. Dig. Surg. No. 27, pp. 442–449.
31. Methein V., et al. (2009) Biochemical characterization of an in vitro model of hepatocellular apoptotic cell death [Text]. Alternatives to Laboratory Animals. 2009. Vol. 37, No. 2, pp. 209–218.
32. Murr M.M., et al. (2002) Pancreatic elastase induces liver injury by activating cytokine production within Kupffer cells via NF- κ B [Text] J. Gastrointest. Surg. Vol. 6, pp. 474–480.
33. Marudanayagam Ravi, et al. (2009) Aetiology and outcome of acute liver failure [Text]. HPB. No. 11, pp. 429–434.
34. Souza L.J., et al. (2007) Acute pancreatitis affects non-parenchymal liver cells by mechanism dependent on platelet-activating factor [Text]. Pancreatology. Vol. 7, pp. 67–73.
35. Ueda T., et al. (1999) Pancreatitis-induced ascitic fluid and hepatocellular dysfunction in severe acute pancreatitis [Text]. J. Surg. Res. Vol. 82, pp. 305–311.

References

1. Basov V.F. (2008) *Eksperimental'noe obosnovanie primeneniya perflorana v lechenii ostrogo pankreatita: avtoref. dis. kand. med. nauk [Tekst]. F.V. Basov* [Experimental substantiation of the application of perfloran in the treatment of acute pancreatitis: the thesis for Doctor of Medical Sciences. V.F. Basov], Orenburg, p. 26.
2. Bobylev A.A. (2011) *Eksperimental'no-gistologicheskoe obosnovanie primeneniya oksitotsina dlya profilaktiki povrezhdeniya pecheni v kompleksnom lechenii ostrogo pankreatita: avtoref. dis. kand. med. nauk. A.A. Bobylev* [Experimental and histological rationale for the use of oxytocin for the prevention of liver damage in the complex treatment of acute pancreatitis. Abstract of the thesis for Doctor of Medical Sciences. A.A. Bobylev], Orenburg, 22 p.
3. Vakhrushev A.A. (1998) *Eksperimental'no-klinicheskoe obosnovanie profilaktiki i lecheniya pechenochnoy nedostatochnosti pri ostrom pankreatite (Tekst): dis. kand. med. nauk. A.A. Vakhrushev* [Experimental and clinical substantiation of the prevention and treatment of liver failure in acute pancreatitis. Thesis for Doctor of Medical Sciences A.A. Vakhrushev], Krasnoyarsk, p. 160.
4. Demin D.B. (2000) *Sostoyanie perekisnogo okisleniya lipidov pri pankreonekroze i metody antiradikal'noy korrektsii: avtoref. dis. kand. med. nauk. D.B. Demin* [Status of lipid peroxidation in the pancreatic necrosis and antiradical methods of correction. Abstract of thesis for Doctor. of Medical Sciences. D.B. Demin], Orenburg, p. 25.
5. Demin D.B. [et al.] (2008) *Sovremennye podkhody k diagnostike i lecheniyu ostrogo destruktivnogo pankreatita* [Modern approaches to the diagnosis and treatment of acute destructive pancreatitis] Khirurg [Surgeon], 2008. No. 2, pp. 19–21.
6. Demin D.B. (2010) *Patogeneticheskoe obosnovanie kompleksnogo lecheniya ostrogo pankreatita: avtoref. dis. dok. med. nauk D.B. Demin* [Pathogenetic substantiation of complex treatment of acute pancreatitis: Thesis for Doctor of Medical Sciences. D.B. Demin], Orenburg, 50 p.
7. Klimushkin V.A. (2003). *Eksperimental'no-morfologicheskoe obosnovanie primeneniya demineralizovannoy kostnoy gubki dlya likvidatsii ostatochnykh polostey pecheni: avtoref. dis. kand. med. nauk. A.V. Klimushkin* [Experimental morphological substantiation of application of demineralized bone sponge to eliminate the residual cavity of the liver. Abstract of thesis for Doctor of Medical Sciences. A.V. Klimushkin], Orenburg, 23 p.
8. Krasilnikov D.M. (2010) *Ispol'zovanie sovremennykh metodov vizualizatsii v diagnostike i kompleksnom khirurgicheskom lechenii bol'nykh s pankreonekrozom. D.M. Krasil'nikov* [Use of modern imaging techniques in the diagnosis and surgical treatment of patients with pancreatic necrosis. D.M. Krasilnikov] *Meditsinskaya vizualizatsiya* [Medical visualization], No. 3, pp. 76–80.
9. Kubyshev V.A. (2009) *Ostryy pankreatit* [Acute pancreatitis] *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal* [Pacific medical journal], No. 2, pp. 48–52.
10. Morozov S.V. (2005) *Aktivatsiya protsessov lipoperoksidatsii – patogeneticheskiy faktor poliorgannoy disfunktsii pri ostrom pankreatite. S.V. Morozov, V.T. Dolgikh, V.L. Poluektov* [Activation of lipid peroxidation

processes pathogenetic factor in multiple organ dysfunction in acute pancreatitis. S.V. Morozov, V.T. Long, V.L. Poluektov] *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin SB RAMS], No. 4 (118), pp. 32–35.

11. Reshetnikov D.I. (2009) *Diagnostika i lechenie pechenochnoy nedostatochnosti pri ostrom destruktivnom pankreatite (Tekst). Avtoref. dis. kand. med. nauk. D.I. Reshetnikov* [Diagnosis and treatment of liver failure in acute destructive pancreatitis. Abstract of thesis for Doctor of Medical Sciences D.I. Reshetnikov], Yakutsk, 22 p.

12. Savel'ev V.S. [et al.] (2000) *Optimizatsiya lecheniya pankreonekroza: rol' aktivnoy khirurgicheskoy taktiki i ratsional'noy antibakterial'noy terapii* [Optimization of treatment of pancreatic necrosis: role of active surgical tactics and rational antibiotic therapy] *Annaly khirurgii* [The annals of surgery], No. 2. pp. 12–16.

13. Savel'ev V.S. [et al.] (2001) *Destruktivnyy pankreatit: algoritm diagnostiki i lecheniya (proekt)* [Destructive pancreatitis: algorithm for diagnosis and treatment (draft). Consilium-medicum], Vol. 3, No. 6, pp. 273–279.

14. Saliy I.S. (2008) *Perikisnye i antiperikisnye mekhanizmy povrezhdeniya i zashchity pecheni pri ostrom pankreatite (Tekst): avtoref. dis. kand. med. nauk. I.S. Saliy* [Pericone and antiparticle mechanisms of damage and protection of the liver in acute pancreatitis. Abstract of thesis thesis for Doctor of Medical Sciences. I.S. Saleh], Vladikavkaz, pp. 21.

15. Solovyev G.S. (2010) *Proyavleniya interferentnykh determinatsiy v mekhanizмах embrio-, gisto- i organogenezov (Tekst) G.S. Solov'ev s soavt* [Manifestations of interference determinations in the mechanisms of embryo-, histo- and organogenesis] *Voprosy morfologii XXI vek* [The questions of morphology twenty-first century], vol. 2, SPb, pp. 39–41.

16. Stadnikov A.A. (2001) *Rol' gipotalamicheskikh neuropeptidov vo vzaimodeystvii pro- i eukariot (strukturno-funktsional'nye aspekty)* [Role of hypothalamic neuropeptides in the interaction of PRO – and eukaryotes (structural-functional aspects)], Ekaterinburg: URO RAS, p. 245.

17. Stadnikov B.A. (2005) *Kliniko-eksperimental'noe obosnovanie primeneniya neuropeptidov i gialuronovoy kisloty v kompleksnom lechenii oslozhneniy ostrogo pankreatita (Tekst): avtoref. dis. d-ra med. nauk B.A. Stadnikov* [Clinico-experimental substantiation of application of europeptides and hyaluronic acid in complex treatment of complications of acute pancreatitis. Abstract of the thesis for Ph. D. of Medical Sciences. B.A. Stadnikov], Orenburg, 38 p.

18. Tarasenko V.S. (2000) *Ostryy destruktivnyy pankreatit. Nekotorye aspekty patogeneza i lecheniya (Tekst): avtoref. dis. d-ra med. nauk V.S. Tarasenko* [Acute destructive pancreatitis. Some aspects of pathogenesis and treatment. Abstract of the thesis for Ph. D. of Medical Sciences. V.S. Tarasenko] *OrGMA* [OrGMA], Orenburg, 2011, 48 p.

19. Tarasenko V.S., Demin D.B., Stadnikov A.A., Smolyagin A.I. (2011) *Ostryy destruktivnyy pankreatit (eksperimental'no-klinicheskoe issledovanie)* [Acute destructive pancreatitis (experimental clinical research)] *OrGMA* [OrGMA], Orsma.

20. Shein E.A. (2004) *Eksperimental'noe obosnovanie mestnogo primeneniya oksitotsina i antibiotika v lechenii ostrogo destruktivnogo pankreatita (Tekst): avtoref. dis. kand. med. nauk E.A. Sheina* [Experimental rationale for local use of oxytocin and antibiotic treatment of acute destructive pancreatitis. Abstract of thesis Doctor med. Sciences. E.A. Shein], Orenburg, 22 p.

21. Shishov A.A. (2011) *Gepatorenal'nye narusheniya v progressirovanii endotoksikoza pri ostrom pankreatite i ikh korrektsiya. Avtoref. dis. kand. med. nauk A.A. Shishov* [Hepatorenal disorders in the progression of endotoxemia in acute pancreatitis and their correction. Abstract of the thesis for Doctor of Medical Sciences. A.A. Shishov], Saransk, 18 p.

22. Yarema I.V. (2007) *Khirurgicheskaya taktika lecheniya rasprostranennogo infitsirovannogo pankreonekroza (anatomo-eksperimental'no-klinicheskoe issledovanie) I.V. Yarema, V.V. Naletov, O.V. Danilevskaya* [Surgical treatment of widespread infected pancreatic necrosis (anatomic – experimental and clinical study). I.V. Yarema, V.V. Naletov, O.V. Danilevskaya] *Khirurg* [Surgeon], No. 1, pp. 23–29.

23. Gabbrielli A., et al. (2010) ERCP in acute pancreatitis: What takes place in routine clinical practice? (Text). *World J. Gastrointest. Endosc.* (September 16). No. 2(9), pp. 308–313.

24. Barone M., et al. (2006) Estrogen – induced proliferation in cultured hepatocytes involves cyclin D1, P21 C I P1 and P27 KI P1 (Text). *Dig. Diseases and Sci.* Vol. 51, No. 3, pp. 580–586.

25. Bassi C. (2003) Antibiotic therapy for prophylaxis against infection of pancreatic necrosis in acute pancreatitis (Text). C. Bassi, M. Larvin, E.Villatoro. *Cochrane Database Syst. Rev.* No. 4, p. 2941.

26. Beger H.G. (2000) Nekrosektomie oder anatomiegerechte Resektion bei akuter Pankreatitis (Text). H.G. Beger, B. Rau, R. Isenmann. *Chirurg.* Vol. 71, No. 3, pp. 274–280.
27. Bresgen N., et al. (2008) Ferritin end FasL (CD 95 L) mediate density dependent apoptosis in primary rat hepatocytes (Text). *J. Cell. Physiol.* Vol. 217, No. 3., pp. 800–808.
28. Buchler M.W., et al. (2000) Acute necrotizing pancreatitis: treatment strategy according to the status of infection (Text). *Ann. Surg.* 232 (5), pp. 619–626.
29. Heinrich S. (2006) Evidence-based treatment of acute pancreatitis: a look at established paradigms (Text). S. Heinrich, V. Rousson, P.A. Clavien. *Ann. Surg.* Vol. 43, No. 2, pp. 154–168.
30. Linhua Yao, et al. (2010) Prophylactic Antibiotics Reduce Pancreatic Necrosis in Acute Necrotizing Pancreatitis: A Meta-Analysis of Randomized Trials (Text). *Dig. Surg.* No. 27, pp. 442–449.
31. Methein V., et al. (2009) Biochemical characterization of an in vitro model of hepatocellular apoptotic cell death (Text). *Alternatives to Laboratory Animals.* 2009. Vol. 37, No. 2, pp. 209–218.
32. Murr M.M., et al. (2002) Pancreatic elastase induces liver injury by activating cytokine production within Kupffer cells via NF- κ B (Text) *J. Gastrointest. Surg.* Vol. 6, pp. 474–480.
33. Marudanayagam Ravi, et al. (2009) Aetiology and outcome of acute liver failure (Text). *HPB.* No. 11, pp. 429–434.
34. Souza L.J., et al. (2007) Acute pancreatitis affects non-parenchymal liver cells by mechanism dependent on platelet-activating factor [Text]. *Pancreatology.* Vol. 7, pp. 67–73.
35. Ueda T., et al. (1999) Pancreatitis-induced ascitic fluid and hepatocellular dysfunction in severe acute pancreatitis (Text). *J. Surg. Res.* Vol. 82, pp. 305–311.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГОНИСТОВ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ ПРИ ИШЕМИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ МИОКАРДА

С.А. Воронцов, ген. дир. ФГБУ «ОС «Подмосковье» Управления делами президента Российской Федерации, г. Домодедово, Московская об., siriussv@mail.ru

В.М. Гукасов, гл. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, д-р биол. наук, v_m_gukasov@mail.ru

М.М. Расулов, нач. отд. ГНИИХТЭОС, д-р мед. наук, проф. maksud@bk.ru

Л.Л. Мякинкова, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. биол. наук, llm@extech.ru

В обзорной статье систематизированы сведения о возможности уменьшения зоны острого инфаркта миокарда с помощью активации опиоидных рецепторов. Показано, что в клинической практике отсутствуют препараты, имитирующие адаптивный феномен ишемического посткондиционирования сердца. Представлены данные о способности агонистов аденозиновых рецепторов избирательно предупреждать реперфузионные повреждения миокарда. Заключается, что наибольшие перспективы для клинического применения с целью профилактики реперфузионных повреждений имеют агонисты опиоидных рецепторов, которые можно вводить болюсом, не опасаясь коллапса. Определенный потенциал имеют и агонисты каннабиноидных рецепторов.

Ключевые слова: инфаркт миокарда, рецепторы опиатов, агонисты каннабиноидных рецепторов.

PROSPECTS FOR THE USE OF AGONISTS OF OPIOID RECEPTORS IN ISCHEMIC LESIONS OF THE MYOCARDIUM

S.A. Vorontsov, Director General, FGBI «OS Podmoskovie» Office of the President of the Russian Federation of Affairs, Domodedovo, Moscow Region, siriussv@mail.ru

V.M. Gukasov, Chief Scientific Officer, SRI FRCEC, Ph.D. of Biology, v_m_gukasov@mail.ru

M.M. Rasulov, Head of Department of GNIICHTEOS, Ph.D. of Medicine Sciences, Professor, maksud@bk.ru

L.L. Myakinkova, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Biology, llm@extech.ru

In a review article systematic information about the possibility of reducing the area of acute myocardial infarction via activation of opioid receptors. It is shown that in clinical practice there are no drugs that mimic the adaptive phenomenon of ischemic post conditioning heart. Presents data on the ability of agonist's adenosine receptors selectively prevent reperfusion injury of the myocardium. Is that the greatest prospects for clinical application with CE-pour prevention of reperfusion injury is agonists of the opioid receptors that can be activated by a bolus without fear of collapse. Some potential have and agonists of cannabinoid receptors.

Keywords: myocardial infarction, opiate receptors, cannabinoid receptor agonists have.

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) является наиболее социально-значимым заболеванием в России и многих развитых странах. Социальная значимость этого заболевания определяется тем, что ИБС нередко завершается внезапной сердечной смертью (ВСС), острым инфарктом миокарда (ОИМ). Последний часто вводит к гибели пациента или утрате трудоспособности, причем значительная доля случаев смерти приходится на сравнительно молодой возраст (до 60 лет). Установлено, что среди пациентов, перенесших ОИМ, только 55%

человек возвращается к профессиональному труду в полном объеме, 22 % были вынуждены уменьшить объем или квалификацию труда, а 23 % утратили трудоспособность [5]. В 2006 г. острым инфарктом миокарда в нашей стране заболели 186 тыс. человек, умерли 65 тыс., то есть 35 % от числа заболевших [8].

Поэтому интерес к исследованию проблем лечения инфаркта миокарда неуклонно растет (рис. 1). Так, за последние 25 лет (с 1990 по 2015 г.) число публикаций, касающихся инфаркта миокарда по данным базы Scopus составило 567983 документов.

Наибольшее количество документов, найденных по базе данных Scopus по ключевому слову «myocardial infarction» за 25-летний период публикуется авторами из США (190955). Результаты поиска по указанному запросу статей российских авторов выявил всего 4114 публикаций (рис. 2).

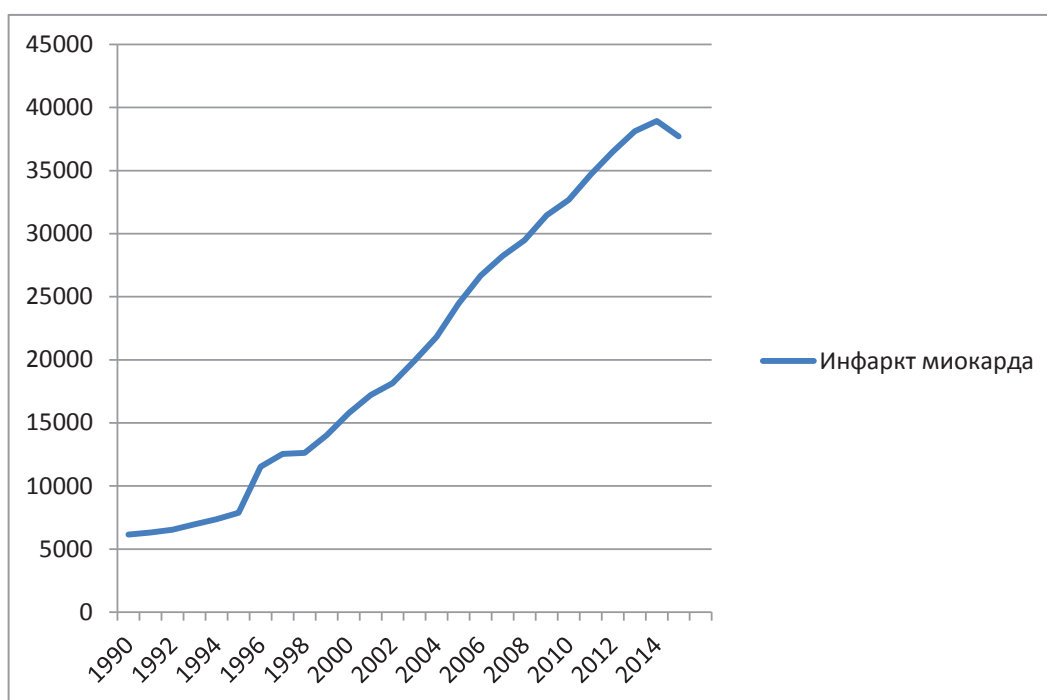


Рис. 1. Динамика публикационной активности по исследованию инфаркта миокарда (данные базы Scopus, сентябрь 2016 г. по ключевому слову «myocardial infarction»)

Хотя внегоспитальная летальность при ОИМ очень велика, показатели внутригоспитальной летальности при остром инфаркте также оставляют желать лучшего. В 2010 г. R.J. Simes и соавт. [34] опубликовали статью, в которой сообщают, что в России внутригоспитальная летальность при ОИМ составляет 16,5 %. Близкую цифру приводят А.Д. Эрлих и Н.А. Грацианский [9] — 16,7 %. В Западной Европе, США и Канаде этот показатель намного ниже. Так, согласно данным R.J. Simes и соавт. [34], внутригоспитальная летальность от ОИМ в Западной Европе составляет 7,3 %. В США внутригоспитальная летальность составляет 5,9 % [10]. Более низкий процент летальности в зарубежных госпиталях является следствием: (1) более быстрой, чем в России, доставки пациентов в стационар; (2) более эффективной, чем в России, реперфузионной терапии. Однако, даже в том случае, если в России удастся приблизиться к европейским и американским показателям, летальность все же будет оставаться высокой 5,9–7,3 %. Так, согласно данным Е.И. Пановой [6], наиболее частыми причинами

смерти являлись: кардиогенный шок — у 52 % человек, аритмии — у 25 % больных, тромбоэмболия легочной артерии — 10 % пациентов, разрыв миокарда левого желудочка — у 5 % человек, другие причины — 8 % больных. При этом вероятность развития кардиогенного шока, разрыва миокарда левого желудочка (всего 57 % смертей) напрямую зависит от размера инфаркта миокарда [7]. Есть данные о том, что тяжесть желудочковых аритмий также зависит от размеров очага некроза [13]. Наблюдения показывают, что после успешной рекализации инфаркт-связанной коронарной артерии часть пациентов неожиданно погибают в результате реперфузионного повреждения сердца. Факты говорят о целесообразности разработки препаратов, способных радикально повлиять на размер инфаркта при реперфузионной терапии ОИМ. Таких лекарств пока не существует.

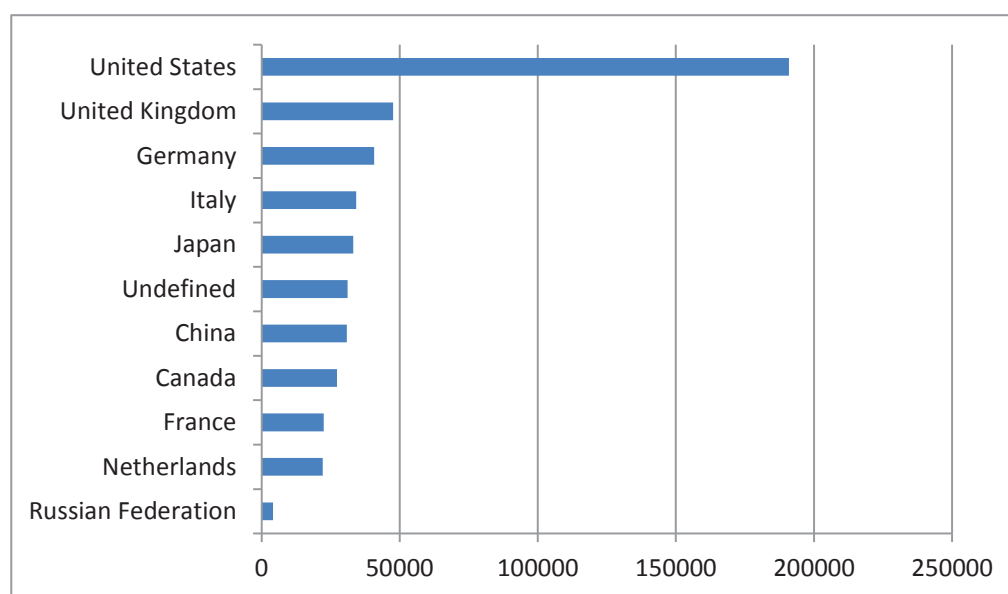


Рис. 2. Публикационная активность в различных странах по исследованию инфаркта миокарда (данные базы Scopus, сентябрь 2016 г. по ключевому слову «myocardial infarction»)

После того, как в 1986 г. трое американских исследователей открыли феномен ишемического preconditionирования (ИП) [31], стало вполне очевидным, что можно эффективно предупреждать ишемические и реперфузионные повреждения сердца. Однако было неясно, можно ли как-то повлиять на реперфузионные повреждения сердца, воздействуя на миокард после коронароокклюзии. В этом плане отметим, что в 2003 г. группа физиологов во главе с проф. J. Vinten-Johansen [39] обнаружила феномен, названный «ишемическим посткондиционированием» (ischemic post conditioning).

Суть этого феномена заключается в том, что несколько сеансов кратковременной ишемии (не более 30 сек.) и реперфузии (не более 30 сек.) предупреждают реперфузионное повреждение сердца после длительной ишемии.

Проявляется этот защитный эффект уменьшением соотношения зона инфаркта/область риска (ЗИ/ОР) на 44 % по сравнению с контролем [39], где «областью риска» называют миокард, подвергшийся ишемии — реперфузии.

Хотя феномен посткондиционирования был открыт в 2003 г. [39], рецепторная природа и сигнальный механизм этого феномена до сих пор остаются малоизученными. Так, по данным публикационной активности с 2003 г. количество публикаций по посткондициониро-

ванию сердца выросло с 319 до 1612, т.е. почти в 5 раз, но доля этих публикаций составляет всего около 2,5 % всех публикаций за последние 25 лет посвященных изучению инфаркта миокарда. Этим, видимо, и объясняется факт, что до сих пор не созданы лекарственные препараты, способные предупреждать реперфузионные повреждения сердца человека. Между тем, подобные повреждения могут быть причиной гибели пациентов, у которых успешно была выполнена реперфузия пораженного миокарда (тромболизис, стентирование).

В настоящее время ведется активный поиск фармакологических агентов, имитирующих феномен посткондиционирования. Способность агонистов аденозиновых (А) рецепторов избирательно предупреждать реперфузионные повреждения была обнаружена в 1997 г. еще до открытия феномена посткондиционирования [25].

Первое сообщение о применении аденозина при лечении ОИМ появилось в 1998 г. По данным авторов, аденозин способствовал увеличению количества жизнеспособного миокарда в зоне ишемии [18]. Результаты первого многоцентрового рандомизированного исследования AMISTAD (Acute Myocardial Infarction Study of Adenosine) о применении аденозина появились в печати в 1999 г. [28]. В исследование было включено 119 пациентов с ОИМ и подъемом сегмента ST, которым вводили внутривенно аденозин и осуществляли тромболитическую терапию. В группу контроля было включено 117 больных ОИМ, которым проводили только тромболитическую терапию. Аденозин вводили со скоростью 70 мкг/кг/мин в течение 3 час. Было зафиксировано уменьшение дефекта перфузии (сцинтиграфия с ^{99m}Tc -sestamibi) на 33 % по сравнению с группой контроля. В 2005 г. были опубликованы результаты многоцентрового рандомизированного исследования AMISTAD-II, включавшего 2118 пациентов с ОИМ. Оказалось, что аденозин в дозе 70 мкг/кг/мин оказывал инфаркт-лимитирующий эффект, а в дозе 50 мкг/кг/мин не влиял на размер инфаркта. В 2005 г. А. Мисаги и соавт. [29] сообщили о результатах своих наблюдений над пациентами с ОИМ, у которых было выполнено стентирование инфаркт-связанной артерии, у части больных была использована внутривенная инфузия аденозина со скоростью 70 мкг/кг/мин или 50 мкг/кг/мин. В 2002 г. J. Wang и соавт. [37] сообщили о результатах применения внутривенного введения аденозина у пациентов с крупноочаговым инфарктом миокарда и ЧКВ. Оказалось, что у пациентов, получавших аденозин, отмечается более полное восстановление коронарного кровотока в зоне риска по сравнению с группой плацебо. У этих же больных было зафиксировано улучшение показателей сократимости сердца. Однако различий по величине пика креатинфосфокиназы-МВ (КФК-МВ) и тропонина Т между группами выявить не удалось [Wang J. et al., 2002 г.]. Впрочем, не всем исследователям удалось обнаружить протекторный эффект аденозина у пациентов с ОИМ. В 2003 г. М. Quintana и соавт. [33] опубликовали результаты своих наблюдений над пациентами с ОИМ и подъемом сегмента ST, которым проводили тромболитическую терапию. Половине пациентов ($n = 302$) внутривенно в течение 6 часов вводили аденозин со скоростью 10 мкг/кг/мин, другая группа больных (контроль, $n = 306$) получала внутривенно 0,9 % раствор NaCl. Авторам работы не удалось выявить положительный эффект аденозина на течение ОИМ [33]. По всей видимости, неудача была следствием применения слишком малой дозировки аденозина. В этой связи необходимо сообщить об экспериментах J.N. Peart и соавт. [32], которые обнаружили, что фармакологический агент, имитирующий феномен посткондиционирования, должен попасть в кровоток до возобновления коронарной перфузии, если его вводить сразу же после начала реперфузии сердца, то инфаркт-лимитирующего эффекта не наблюдается. Видимо, это и произошло в исследовании M.L. Fokkema и соавт [15].

Тогда же (в 2003 г.) были опубликованы результаты двойного, слепого, многоцентрового, плацебо-контролируемого исследования кардиопротекторных свойств агониста A1- и A2-рецепторов AMP579 [27], который в экспериментах показал себя эффективным кардиопротекторным препаратом [35]. Исследование проводили на 311 пациентах с ОИМ и подъемом сегмента ST, которым осуществляли ЧКВ и вводили либо плацебо, либо вводили внутри-

венно в течение 6 час. АМР579 в дозах, обеспечивающих повышение толерантности сердца к действию ишемии-реперфузии в экспериментальных исследованиях. Оказалось, что АМР579 не влияет на размер инфаркта. Авторы полагают, что использованные дозы АМР579 оказались недостаточными для предупреждения реперфузионных повреждений сердца у человека [27]. Следовательно, на основании этих данных можно считать доказанным, что агонисты аденозиновых рецепторов в опытах *in vivo* имитируют феномен посткондиционирования. Среди исследователей пока нет единства взглядов в вопросе о том, какие субтипы аденозиновых рецепторов следует активировать для повышения устойчивости сердца к реперфузионным повреждениям. Результаты клинических наблюдений свидетельствуют, что внутривенная инфузия аденозина оказывает инфаркт-лимитирующий эффект и способствует более полному восстановлению коронарного кровотока после ЧКВ. Однако эти позитивные эффекты наблюдаются только у тех пациентов с ОИМ, у которых удалось восстановить коронарный кровоток в зоне ишемии через 3–4 час. после коронаротромбоза. Необходимо подчеркнуть, что аденозин оказывает протекторные эффекты только в том случае, если его применяют до реканализации инфаркт-связанной коронарной артерии. Широкое внедрение агонистов аденозиновых рецепторов в клиническую практику затрудняет тот факт, что для достижения кардиопротекторного эффекта их нужно вводить внутривенно капельно на протяжении нескольких часов. Следует отметить, что инфаркт-лимитирующий эффект аденозина удастся обнаружить только в больших многоцентровых исследованиях. Этот факт говорит о том, что аденозин ограничивает размер инфаркта только у части больных, поэтому его кардиопротекторный эффект удастся обнаружить только в случае его применения на большой выборке больных ОИМ (14).

Экспериментальные данные указывают на то, что агонисты опиоидных и каннабиноидных рецепторов могут предупреждать реперфузионные повреждения сердца, то есть имитировать феномен посткондиционирования [1, 3, 4, 19, 20, 32]. Однако исследователи не могут прийти к единому мнению о том, на какие субтипы опиоидных и каннабиноидных рецепторов следует воздействовать для повышения устойчивости сердца к реперфузионным повреждениям. Мало изучен сигнальный механизм кардиопротекторного действия опиоидов во время реперфузии, а сигналинг инфаркт-лимитирующего действия каннабиноидов во время реперфузии не исследован.

Клинические данные говорят о том [38], что морфин способен предупреждать реперфузионные повреждения сердца у человека. Анализ литературных данных говорит о том, что агонисты опиоидных и каннабиноидных рецепторов могут стать прототипом для разработки принципиально новых препаратов для профилактики реперфузионных повреждений сердца. Исследование опиоидных рецепторов довольно широко представлено в публикациях. Так, за последние 25 лет (с 1990 по 2015 г.) число публикаций по данным базы Scopus найденных по ключевому слову «рецепторы опиатов» составило 81122 документов. Однако большая часть этих документов опубликована в изданиях, специализирующихся на нейронауках, психиатрии, психологии. Применительно к кардиологии, судя по публикациям, исследований о влиянии рецепторов опиатов на улучшение процессов посткондиционирования при острых поражениях инфаркта миокарда относительно немного (рис. 3).

Исследования патентной активности в базе Scopus показали, что количество патентов по ключевым словам «инфаркт миокарда» с 1990 по 2016 г. составило 127850, а патентов с ключевыми словами «инфаркт миокарда и рецепторы опиатов» — только 3918, т.е. около 3%. Динамика патентной активности представлена на рис. 4.

Опиоиды могут быть использованы для разработки новых препаратов, повышающих устойчивость сердца к ишемическим и реперфузионным повреждениям. Они имеют два важных преимущества над агонистами аденозиновых рецепторов: (1) опиоиды не оказывают гипотензивного эффекта; (2) опиоиды по сравнению с аденозином имеют более продолжительное время полужизни, поэтому их можно вводить в форме болюсов, не опасаясь вызывать коллапс.

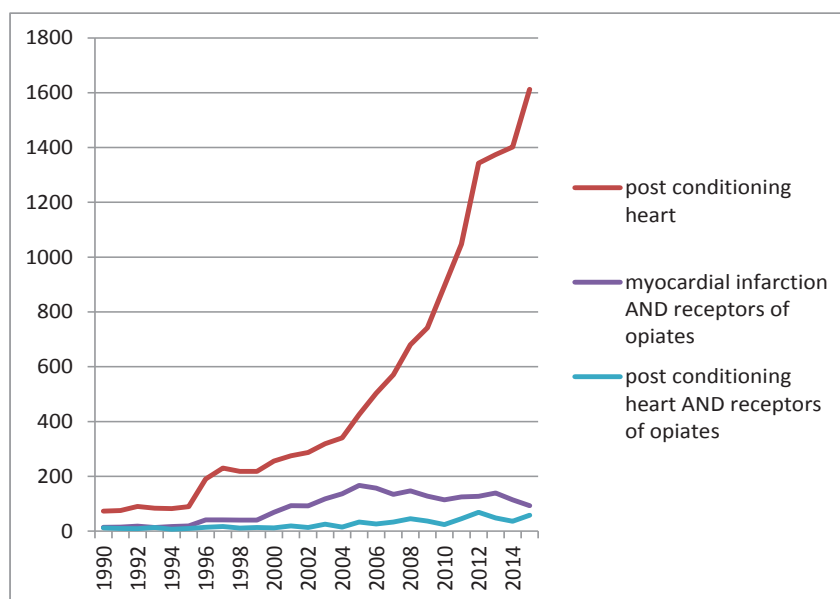


Рис. 3. Динамика публикационной активности за последние 25 лет по ключевым словам «посткондиционирование сердца», «инфаркт миокарда и рецепторы опиатов» и «посткондиционирование сердца и рецепторы опиатов» (данные базы Scopus, сентябрь 2016 г.)

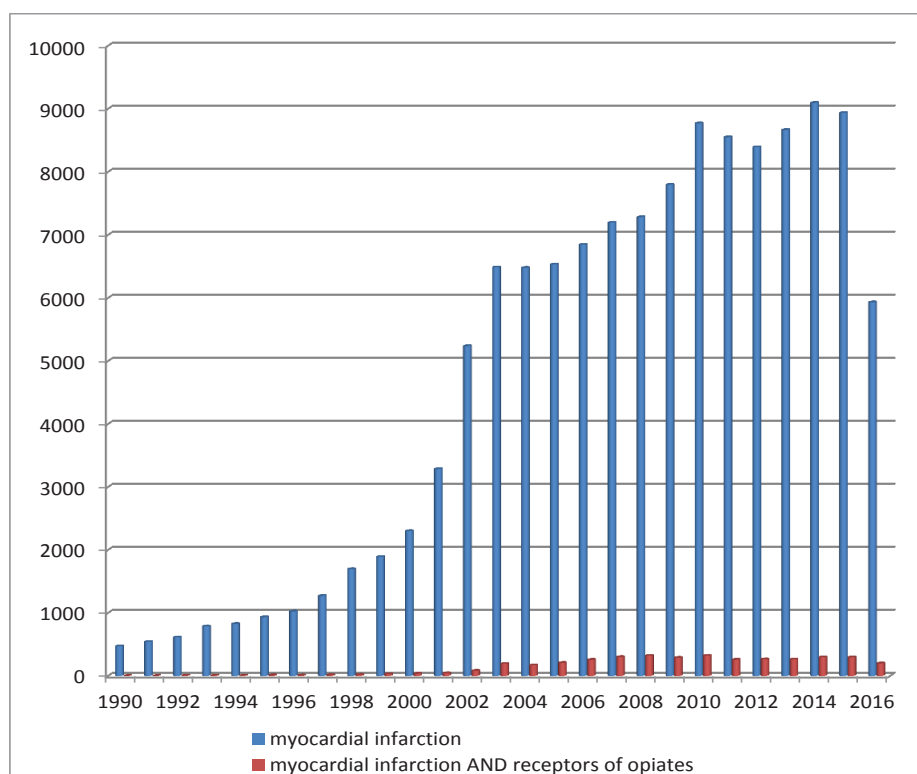


Рис. 4. Динамика патентной активности с 1990 по 2016 гг. по ключевым словам «инфаркт миокарда» и «инфаркт миокарда и рецепторы опиатов» (данные базы Scopus, сентябрь 2016 г.)

В 2004 г. E.R. Gross и соавт. [20] впервые обнаружили, что опиоиды могут имитировать феномен посткондиционирования. Эксперименты они проводили на крысах с коронароокклюзией (30 мин.) и реперфузией (2 час.). За 5 мин. до реперфузии животным вводили морфин (0,3 мг/кг) или агонист δ -опиоидных рецепторов (ОР) BW373U86 (1 мг/кг). Выяснилось, что оба опиоида способствуют уменьшению индекса ЗИ/ОР [20]. В 2005 г. способность опиоидов имитировать феномен посткондиционирования была подтверждена W.L. Chang и соавт. [10]. Они установили, что внутривенная инъекция за 10 мин до реперфузии неселективного агониста ОР морфина (0,3 мг/кг) или опиоида талипорфина обеспечивает уменьшение размера инфаркта и ингибирует реперфузионную аккумуляцию в миокарде нейтрофилов [11]. Защитный эффект талипорфина не проявлялся в условиях блокады ОР налоксоном или налтрексоном. Эти данные были подтверждены в исследовании, выполненном в 2007 г. [21, 22]. В ходе этой работы было показано, что внутривенное введение морфина (0,3 мг/кг) за 5 мин. до реперфузии обеспечивает уменьшение соотношения ЗИ/ОР на 20%. Сходный инфаркт-лимитирующий эффект оказывал селективный агонист δ -ОР BW373U86 [22]. Японские исследователи вводили селективный δ -агонист SNC-121 внутривенно в течение 5 мин., начиная за 3 мин. до снятия лигатуры с коронарной артерии, и продолжали инфузию в течение 2 мин. после окончания коронароокклюзии [36]. Выяснилось, что SNC-121 оказывает кардиопротекторный эффект. В 2007 г. K. Förster и соавт. [16] опубликовали результаты своих экспериментов на изолированном перфузируемом сердце кролика, на котором воспроизводили региональную ишемию (30 мин.) и реперфузию (2 час.). За 5 мин до реперфузии в перфузат вносили неселективный β -агонист D-Ala2-D-Leu5-энкефалин (DADLE) в конечной концентрации 40 нМ/л. Перфузия с препаратом продолжалась 1 час. Авторы установили, что DADLE способствует уменьшению индекса ЗИ/ОР [16]. К сожалению, они, как и авторы вышеперечисленных работ, не исследовали рецепторную природу инфаркт-лимитирующего эффекта DADLE. Способность опиоидов имитировать феномен прекодиционирования была подтверждена в исследовании, выполненном Z. Chen и соавт. [12] на изолированном перфузируемом сердце крысы. Сердце подвергали 45-минутной глобальной ишемии и 60-минутной реперфузии.

Посткондиционирование имитировали с помощью добавления в перфузионный раствор морфина (0,3, 3 и 30 мкМ/л) в момент начала реперфузии. Перфузия с морфином продолжалась 10 мин. Оказалось, что во всех использованных концентрациях морфин уменьшал площадь инфаркта миокарда и снижал реперфузионный выброс КФК. Блокада всех типов ОР налоксоном приводила к исчезновению кардиопротекторного эффекта морфина. Инфаркт-лимитирующий эффект морфина не проявлялся в условиях селективной блокады к-ОР норбиналторфимином. Названный эффект сохранялся после селективной блокады δ -ОР налтриндолом [12]. Данный факт свидетельствует о том, что морфин имитирует феномен посткондиционирования, активируя ж-опиоидные рецепторы. В опытах на изолированном сердце агонисты и антагонисты ОР вносили в перфузионный раствор за 5 мин. до начала реперфузии, перфузия с лигандом ОР продолжалась 15 мин [24]. Оказалось, что морфин и селективный δ -агонист BW373U86 имитируют феномен посткондиционирования [24].

Инфаркт-лимитирующий эффект опиоидов не проявлялся в условиях ингибирования δ -ОР налтриндолом. В ходе исследований *in vitro* было установлено, что морфин индуцирует синтез NO в кардиомиоцитах. Этот эффект не проявлялся в условиях селективной блокады δ -ОР налтриндолом [24]. Сходные данные получили в 2011 г. J.H. Kim и соавт. [26]. Эксперименты они выполняли в условиях моделирования региональной ишемии (30 мин.) и реперфузии (2 час.). Морфин вносили в перфузат за 5 мин до возобновления коронарной реперфузии. Было установлено, что морфин способствует уменьшению индекса ЗИ/ОР в 3 раза [26]. Австралийские физиологи [32] в опытах на крысах с коронароокклюзией (30 мин.) и реперфузией (2 час.) показали, что внутривенное введение за 5 мин до реперфузии селек-

тивного $\kappa 1$ -агониста U-50488 (1 мг/кг) способствует уменьшению индекса ЗИ/ОР. Инъекция U-50488 через 10 сек. после возобновления коронарной перфузии не оказывает инфаркт-лимитирующего эффекта.

Кардиопротекторный эффект U-50488 не проявлялся в условиях блокады κ -ОР норби-налторфимином [32]. Авторы исследовали кардиопротекторный эффект U-50488 (100 нМ) в опытах на изолированном перфузируемом сердце мыши, моделируя глобальную ишемию (25 мин.) и реперфузию (45 мин.). Перфузия с U-50488 продолжалась 10 мин. Агонист $\kappa 1$ -ОР оказывал инфаркт-лимитирующий эффект. Способность морфина (1 мг/кг внутривенно) имитировать феномен ИП была подтверждена китайскими физиологами, которые вводили опиоид крысам за 1 мин. до реперфузии [19].

В 2009 г. I. Mourouzis и соавт. [30] опубликовали результаты своих экспериментов, выполненных на изолированном перфузируемом сердце крысы, которое подвергали воздействию глобальной ишемии (30 мин.) и реперфузии (45 мин.). Во время реперфузии использовали морфин в конечной концентрации 1 мкМ/л. Было установлено, что морфин не влияет на насосную функцию сердца, но уменьшает выброс ЛДГ в перфузат, оттекающий от сердца [30]. Рецепторную природу инфаркт-лимитирующего эффекта морфина авторы не исследовали. В 2010 г. R. Nuhn и соавт. [23] в экспериментах на изолированном сердце подтвердили способность морфина имитировать феномен посткондиционирования. Для кардиологов важно, чтобы фармакологический агент не только уменьшал соотношение РИ/ОР, устранял проявления феномена no-reflow, но и улучшал насосную функцию сердца в реперфузионном периоде. В этой связи данные M. Fuardo и соавт. [17] представляют особый интерес. Авторы проводили эксперименты на изолированной трабекуле предсердия человека, которую подвергали воздействию гипоксии (30 мин.) и реоксигенации (60 мин.). Морфин и DADLE добавляли в среду инкубации во время реоксигенации. Оказалось, что оба опиоида способствуют восстановлению сократимости трабекулы во время реоксигенации [17]. Следовательно, опиоиды могут оказывать не только инфаркт-лимитирующий эффект, но и положительный инотропный эффект во время реоксигенации. В 2013 г. R. Zhang и соавт. [38] опубликовали результаты первых клинических испытаний морфина в качестве кардиопротекторного препарата. Исследования проводили на детях с тетрадой Фалло. Морфин (0,1 мг/кг) вводили через кардиоплегическую иглу в основание аорты за 3 мин до снятия зажима с аорты. Некроз кардиомиоцитов оценивали в послеоперационном периоде по уровню тропонина I в плазме крови. Оказалось, что морфин обеспечивал снижение пика подъема тропонина I в 2,5 раза [38]. Этот факт свидетельствует о том, что опиоиды могут имитировать феномен посткондиционирования у человека.

Подводя итог, следует отметить, что все исследователи единодушны в том, что опиоиды имитируют феномен посткондиционирования. Однако среди авторов нет единства взглядов в вопросе о том, какие именно ОР следует активировать для повышения устойчивости сердца к ишемическим и реперфузионным повреждениям. Так, недавно показано, что феномен посткондиционирования может имитировать каннабиноид HU-210 в дозе 0,1 мг/кг [1–4]. К сожалению, HU-210, подобно агонистам аденозиновых рецепторов, в указанной дозе оказывал гипотензивное действие. Проводятся исследования по изучению инфаркт-лимитирующей активности препарата в меньших дозах. Побочным эффектом каннабиноидов является психотропное действие этих препаратов, поэтому перспективными представляются эксперименты, например, с каннабиноидами, не проникающими через гематоэнцефалический барьер.

Таким образом, анализ литературных данных и рост публикационной активности свидетельствует о том, что наибольшие перспективы для клинического применения с целью профилактики реперфузионных повреждений имеют агонисты опиоидных рецепторов, которые можно вводить болюсом, не опасаясь коллапса. В перспективе возможна разработка принципиально новых препаратов, позволяющих предупредить реперфузионные повреждения

сердца человека, возникающих после реканализации инфаркт-связанной коронарной артерии и, тем самым, спасти тысячи жизней. Определенный потенциал в этом плане имеют агонисты каннабиноидных рецепторов.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.39.2016/НМ.

Список литературы (References)

1. Lishmanov Y.B., Maslov L.N., Tsibulnikov S.Y. (2013) Cruise AV Method-of cannabinoid HU-210 to simulate the phenomenon of ischemic postkon-conditioning. Sib. med. Jour. (Tomsk), v. 28, No. 3, pp. 70–73.
2. Maslov L.N. (2007) Coronary perfusion, necrosis area, the pumping function of myocardial, and the electrical stability of the heart after myocardial revascularization infartsi-Rowan. Angiol. vessel. Surgery 2007, No. 13 (4), pp. 9–19.
3. Maslov L.N., Tsibulnikov S.Y. (2013) Agonist HU-210 cannabinoid receptors mimics the phenomenon of preconditioning and postconditioning phenomenon heart. Summary 0470. Russian National Congress of Cardiologists. Proc. rep. St. Petersburg. September 27, pp. 363–364.
4. Maslov L.N., Tsibulnikov S.Y. (2013) The use of agonists kannabino idnyh-receptor for the prevention and treatment of ischemic and reperfusion injury of the heart. Herald KazNMU, No. 5 (1), pp. 166–167.
5. Nikolaeva N.V., Fedorov V.V., Privalov V.Y., Galyanov A.A. (1997) Labor prognosis of patients with myocardial infarction. Cardiology, No. 37 (3), p. 73.
6. Panova E.I. (2008) The nearest and long-term prognosis in patients with myocardial infarction. Clin. med. No. 86 (12), pp. 19–23.
7. Sirkin A.L. (2003) Myocardial infarct. Moscow. Medical News Agency, p. 466.
8. Chazov E.I. (2008) Ways to reduce mortality from cardiovascular disease. Ther. archive. No. 80 (8), pp. 11–16.
9. Ehrlich A.D., Gratsiansky N.A. (2009) Register acute coronary syndromes PE-Kord. Patients and treatment before discharge from the hospital. Cardiology. No. 49 (7–8), pp. 4–12.
10. Antman E.M., Morrow D.A., McCabe C.H., Murphy S.A., Ruda M., Sadowski Z., Budaj A., Lypez-Sendyn J.L., Guneri S., Jiang F., White H.D., Fox K.A., Braunwald E. (2006) ExTRACT-TIMI 25 Investigators. Enoxaparin versus unfractionated heparin with fibrinolysis for ST-elevation myocardial infarction. N. Engl. J. Med., No. 354(14), pp. 1477–1488.
11. Chang W.L., Lee S.S., Su M.J. (2005) Attenuation of post-ischemia reperfusion injury by thaliporphine and morphine in rat hearts. J. Biomed. Sci. No. 12(4), pp. 611–619.
12. Chen Z., Li T., Zhang B. (2008) Morphine postconditioning protects against reperfusion injury in the isolated rat hearts. J. Surg. Res. No. 145(2), pp. 287–294.
13. Curtis M.J., Macleod B.A., Walker M.J.A. (1987) Models for the study of arrhythmias in myocardial ischaemia and infarction: the use of the rat. J. Mol. Cell. Cardiol. No. 19(4), pp. 399–419.
14. Desmet W., Bogaert J., Dubois C., Sinnaeve P., Adriaenssens T., Pappas C., Ganame J., Dymarkowski S., Janssens S., Belmans A., Van de Werf F. (2011) High-dose intracoronary adenosine for myocardial salvage in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction. Eur. Heart J. No. 32(7), pp. 867–877.
15. Fokkema M.L., Vlaar P.J., Vogelzang M., Gu Y.L., Kampinga M.A., de Smet B.J., Jessurun G.A., Anthonio R.L., van den Heuvel A.F., Tan E.S., Zijlstra F. (2009) Effect of high-dose intracoronary adenosine administration during primary percutaneous coronary intervention in acute myocardial infarction: a randomized controlled trial. Circ. Cardiovasc. Interv. No. 2(4), pp. 323–329.
16. Förster K., Kuno A., Solenkova N., Felix S.B., Krieg T. (2007) The opioid receptor agonist DADLE at reperfusion protects the heart through activation of pro-survival kinases via EGF receptor transactivation. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. No. 293(3), pp. H1604–H1608.

17. Fuardo M., Lemoine S., Lo Coco C., Hanouz J.L., Massetti M. (2013) [D-Ala2,D-Leu5]-enkephalin (DADLE) and morphine-induced postconditioning by inhibition of mitochondrial permeability transition pore, in human myocardium. *Exp. Biol. Med* (Maywood). No. 238(4), pp. 426–432.
18. Garratt K.N., Holmes D.R., Molina-Viamonte V., Reeder G.S., Hodge D.O., Bailey K.R., Lobl J.K., Laudon D.A., Gibbons R.J. (1998) Intravenous adenosine and lidocaine in patients with acute myocardial infarction. *Am. Heart J.* No. 136(2), pp. 196–204.
19. Gong Z.X., Ran K., Chang Y.T., Xu J.M. (2009) Effect of morphine post-conditioning on myocardial ischemiareperfusion injury in rabbits. *J. Zhejiang Univ. Med. Sci.* No. 38(5), pp. 521–524.
20. Gross E.R., Hsu A.K., Gross G.J. (2004) Opioid-induced cardioprotection occurs via glycogen synthase kinase beta inhibition during reperfusion in intact rat hearts. *Circ. Res.* No. 94(7), pp. 960–966.
21. Gross E.R., Hsu A.K., Gross G.J. (2007) Diabetes abolishes morphine-induced cardioprotection via multiple pathways upstream of glycogen synthase kinase-3. *Diabetes.* No. 56(1), pp. 127–136.
22. Gross E.R., Hsu A.K., Gross G.J. (2007) GSK3 inhibition and KATP channel opening mediate acute opioid-induced cardioprotection at reperfusion. *Basic Res. Cardiol.* No. 102(4), pp. 341–349.
23. Huhn R., Heinen A., Weber N.C., Schlack W., Preckel B., Hollmann M.W. (2010) Ischaemic and morphine-induced post-conditioning: impact of mKCa channels. *Br. J. Anaesth.* No. 105(5), pp. 589–595.
24. Jang Y., Xi J., Wang H., Mueller R.A., Norfleet E.A., Xu Z. (2008) Postcon-ditioning prevents reperfusion injury by activating δ -opioid receptors. *Anesthesiology.* No. 108(2), pp. 243–250.
25. Jordan J.E., Zhao Z.Q., Sato H., Taft S., Vinten-Johansen J. (1997) Adenosine A2 receptor activation attenuates reperfusion injury by inhibiting neutrophil accumulation, superoxide generation and coronary endothelial adherence. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* No. 280(1), pp. 301–309.
26. Kim J.H., Chun K.J., Park Y.H., Kim J., Kim J.S., Jang Y.H., Lee M.Y., Park J.H. (2011) Morphine-induced postconditioning modulates mitochondrial permeability transition pore opening via delta-1 opioid receptors activation in isolated rat hearts. *Korean J. Anesthesiol.* No. 61(1), pp. 69–74.
27. Kopecky S.L., Aviles R.J., Bell M.R., Lobl J.K., Tipping D., Frommell G., Ramsey K., Holland A.E., Midei M., Jain A., Kellett M., Gibbons R.J. (2003) Amp579 Delivery for Myocardial infarction reduction study. A randomized, double-blinded, placebo-controlled, dose-ranging study measuring the effect of an adenosine agonist on infarct size reduction in patients undergoing primary percutaneous transluminal coronary angioplasty: the ADMIRE (Amp579 Delivery for Myocardial Infarction REduction) study. *Am. Heart J.* No. 146(1), pp. 146–152.
28. Mahaffey K.W., Puma J.A., Barbagelata N.A., DiCarli M.F., Leeser M.A., Browne K.F., Eisenberg P.R., Bolli R., Casas A.C., Molina-Viamonte V., Orlandi C., Blevins R., Gibbons R.J., Califf R.M., Granger C.B. (1999) Adenosine as an adjunct to thrombolytic therapy for acute myocardial infarction: results of a multicenter, randomized, placebocontrolled trial: the Acute Myocardial Infarction Study of Adenosine (AMISTAD) trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* No. 34(6), pp. 1711–1720.
29. Micari A., Belcik T.A., Balcells E.A., Powers E., Wei K., Kaul S., Lindner J.R. (2005) Improvement in microvascular reflow and reduction of infarct size with adenosine in patients undergoing primary coronary stenting. *Am. J. Cardiol.* No. 96(10), pp. 1410–1415.
30. Mourouzis I., Saranteas T., Perimenis P., Tesseromatis C., Kostopanagiotou G., Pantos C., Cokkinos D.V. (2009) Morphine administration at reperfusion fails to improve postischaemic cardiac function but limits myocardial injury probably via heat-shock protein 27 phosphorylation. *Eur. J. Anaesthesiol.* No. 26(7), pp. 572–581.
31. Murry C.E., Jennings R.B., Reimer K.A. (1986) Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation* 1986. No. 74(5), pp. 1124–1136.
32. Peart J.N., Gross E.R., Reichelt M.E., Hsu A., Headrick J.P., Gross G.J. (2008) Activation of kappa-opioid receptors at reperfusion affords cardioprotection in both rat and mouse hearts. *Basic Res. Cardiol.* No. 103(5), pp. 454–463.
33. Philipp S., Yang X.M., Cui L., Davis A.M., Downey J.M., Cohen M.V. (2006) Postconditioning protects rabbit hearts through a protein kinase C-adenosine A2b receptor cascade. *Cardiovasc. Res.* No. 70(2), pp. 308–314.

34. Simes R.J., O'Connell R.L., Aylward P.E., Varshavsky S., Diaz R., Wilcox R.G., Armstrong P.W., Granger C.B., French J.K., Van de Werf F., Marschner I.C., Califf R., White H.D. (2010) HERO-2 Investigators. Unexplained international differences in clinical outcomes after acute myocardial infarction and fibrinolytic therapy: lessons from the Hirulog and Early Reperfusion or Occlusion (HERO)-2 trial. *Am. Heart J.* No. 159(6), pp. 988–997.
35. Smits G.J., McVey M., Cox B.F., Perrone M.H., Clark K.L. (1998) Cardioprotective effects of the novel adenosine A1/A2 receptor agonist AMP 579 in a porcine model of myocardial infarction. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* No. 286(2), pp. 611–618.
36. Tsutsumi Y.M., Yokoyama T., Horikawa Y., Roth D.M., Patel H.H. (2007) Reactive oxygen species trigger ischemic and pharmacological postconditioning: in vivo and in vitro characterization. *Life Sci.* No. 81(15), pp. 223–227.
37. Wang J., Chen Y.D., Zhi G., Xu Y., Chen L., Liu H.B., Zhou X., Tian F. (2012) Beneficial effect of adenosine on myocardial perfusion in patients treated with primary percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* No. 39(3), pp. 247–252.
38. Zhang R., Shen L., Xie Y., Gen L., Li X., Ji Q. (2013) Effect of morphine-induced postconditioning in corrections of tetralogy of Fallot. *J. Cardiothorac. Surg.* No. 8, p. 76.
39. Zhao Z.Q., Corvera J.S., Halkos M.E., Kerendi F., Wang N.P., Guyton R.A., Vinten-Johansen J. (2003) Inhibition of myocardial injury by ischemic postconditioning during reperfusion: comparison with ischemic preconditioning. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* No. 285(2), pp. H579–H588.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ВОСТРЕБОВАННОСТЬ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ – ВЫПУСКНИКОВ РОССИЙСКИХ ВУЗОВ В НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ВЕДУЩИХ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

Г.Г. Родионова, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, rodionova@extech.ru

Т.И. Турко, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. биол. наук, ttamara16@extech.ru

С.В. Дуквиц, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, dukwiz@extech.ru

В статье представлены результаты анализа процесса эмиграции квалифицированных кадров — выпускников ведущих технологических российских вузов за рубеж для выявления уровня их подготовки и направлений востребованности в научно-технологическом комплексе зарубежных стран, меры правительства РФ, направленные на удержание научных кадров и сотрудничество

Ключевые слова: ученые-соотечественники, эмиграция квалифицированных научных кадров, выпускники российских вузов, научные и технологические направления востребованности кадров для работы за границей.

THE DEMAND FOR QUALIFIED PERSONNEL – GRADUATES OF RUSSIAN UNIVERSITIES IN SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL COMPLEX OF THE LEADING FOREIGN COUNTRIES

G.G. Rodionova, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Economics, rodionova@extech.ru

T.I. Turko, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Biology, ttamara16@extech.ru

S.V. Duckwiz, Senior Researcher, SRI FRCEC, dukwiz@extech.ru

The article presents the results of the analysis of the process of emigration of qualified personnel — graduates of the leading Russian technological universities abroad to identify levels and trends of demand in the scientific-technological complex of foreign countries, the measures of the government of the Russian Federation to retain scientific personnel and cooperation

Keywords: scientists-compatriots, the emigration of skilled scientific personnel and graduates of Russian universities, scientific and technological areas of demand for personnel to work abroad.

В последние годы интернационализация мирового развития усиливает процесс миграции специалистов, в том числе межгосударственной интеллектуальной, под которой понимается перемещение ученых и специалистов высокой квалификации, занятых в научно-технологическом комплексе ведущих зарубежных стран.

Большое значение приобретает изучение востребованности квалифицированных научных кадров — выпускников российских вузов в научно-технологическом комплексе ведущих

зарубежных стран, а также их привлечение к работе в интересах развития российского научно-технического и научно-образовательного комплексов.

Исследование вопросов миграции ученых и специалистов, которые продолжают свою научную работу за рубежом, ведутся в основном по двум аспектам. К первому относятся количественные оценки, т.е. число, статус уехавших ученых, направления их исследований, география миграции, их позиции за рубежом. Второй аспект включает, с одной стороны, изучение зарубежного опыта противодействия миграции ученых, с другой — установление связей и развитие сотрудничества с российской научной диаспорой.

По данным Московской международной высшей школы бизнеса (МИРБИС) эмиграция ученых из России — порядка 5–6 тыс. человек в год. От общего количества российских эмигрантов это составляет 1,5–2 %. Одновременно, такое же количество российских ученых работают в зарубежных университетах по контрактам. По данным за 2013 г., число эмигрировавших ученых — менее 1 % от общего количества ученых России (727 тыс. чел.). По данным статистики Центра миграционных исследований, наиболее востребованы российские физики (33,6 %) и биологи (22,8 %). Больше количество выезжающих ученых в возрасте от 30 до 50 лет. Преимущественный поток эмиграции в страны Западной Европы (42 %) и Северную Америку (30 %). При этом биологи, математики и медики едут в основном в США, а физики и представители гуманитарных наук — в Германию [1].

Система образования в каждой конкретной стране связана с ее общественно-культурной средой и производственно-технологической базой множеством сложных функциональных отношений и зависимостей. Эффективность и качество являются ключевыми параметрами, по которым судят об общественно-экономической значимости сферы образования. Но если эффективность обычно рассматривается как экономическая или экономико-управленческая категория, то понятие качества, включающее в себя, наряду с экономическими, социальными, познавательными и культурными аспектами образования, воспринимается как всеобъемлющая интегральная характеристика образовательной деятельности, ее результатов [2].

Общепринятого определения для качества образования до настоящего времени не существует. Это обусловлено, во-первых, неоднозначностью самого понятия качества, различные аспекты которого и их взаимозависимости, как правило, не поддаются адекватному формализованному представлению. Во-вторых, тем, что основные общественные группы, которые непосредственно участвуют в образовательном процессе или оценивают и используют его результаты (студенты, преподаватели, руководители образования, работодатели), имеют разные представления о качестве образования и поэтому предъявляют к нему разные требования.

В 1995 г. ЮНЕСКО во исполнение решений своей Генеральной конференции был разработан Программный документ под названием «Реформа и развитие высшего образования», в котором в синтетической тезисной форме излагались мировые тенденции и задачи развития высшего образования на рубеже веков. Во введении к документу среди «основных задач высшего образования в быстро меняющемся мире» выделены главные направления, в том числе: соответствие требованиям современности, интернационализация и качество, определяемое как «многосторонняя концепция, охватывающая все основные функции и виды деятельности применительно к высшему образованию».

Согласно Документу ЮНЕСКО выделены следующие аспекты образовательной деятельности, наиболее существенно влияющие на качество высшего образования:

- качество персонала, гарантируемое высокой академической квалификацией преподавателей и научных сотрудников вузов, и качество образовательных программ, обеспечиваемое сочетанием преподавания и исследований, их соответствием общественному спросу;
- качество подготовки студентов, которое может быть достигнуто только на пути диверсификации образовательных программ, преодоления многопланового разрыва, существующего между средним и высшим образованием, и повышения роли механизмов учебно-профессиональной ориентации и мотивации молодежи;

— качество инфраструктуры и «физической учебной среды» высших учебных заведений, охватывающее всю совокупность условий их функционирования, включая компьютерные сети и современные библиотеки, что может быть обеспечено за счет адекватного финансирования, возможного только при сохранении государственного подхода к высшему образованию как общенациональному приоритету.

Проблема оценки качества образования существовала всегда, но лишь в последние годы наметился системный комплексный подход к ее решению. Российские и зарубежные ученые и практики исследуют проблематику качества образования: разрабатывают само понятие качества образования; критерии оценок, выявляют факторы, обуславливающие высокое качество; изучают вопросы управления качеством образования и мониторинга и т.д.

Системы оценки качества, существующие в мире, можно условно разделить на две модели. Первая модель — «французская», основанная на внешней оценке вуза с точки зрения его ответственности перед обществом и государством, посредством аттестации, аккредитации, инспекции. Такая модель используется в Скандинавских странах, Чехии, Латвии, Эстонии и других странах, где государственные органы формулируют цели оценки, определяют наиболее важные аспекты оценки, принимают решение в организации образовательного процесса. Самооценке вуза придается номинальное значение, так как основное внимание уделяется проведению эффективной внешней оценки.

Вторая модель системы оценки высшего образования — «английская», в основе которой лежит внутренняя самооценка вуза. Она функционирует в США, Великобритании, Германии, странах Латинской Америки.

Например, в США контроль за качеством образования представляет собой удачное сочетание идей «английской» и «французской» моделей. Система самооценки университетов США наиболее развита. Это связано с тем, что в отличие от стран, где образование регулируют государственные органы, американское высшее образование контролируется преимущественно самими учебными заведениями. Процедура аккредитации университетов осуществляется региональными Ассоциациями университетов и колледжей. Эти ассоциации имеют специальные Комиссии по высшему образованию, которые проводят аккредитацию на территории региона.

Национальные системы оценки качества образования, существующие в настоящее время в разных странах, существенно различаются не только по целям и задачам, критериям и процедурам, но и многим другим параметрам, в том числе, степени вовлеченности в этот процесс правительственных (государственных) и общественных и профессиональных органов и учреждений. Тем не менее, во всех случаях признается, что оценка качества образования должна основываться на двух составляющих: внутренней (самооценка) и внешней, при этом конкретные механизмы определения этих составляющих могут быть очень различны.

В Российской Федерации в настоящее время придерживаются «французской» модели. Контроль за качеством образования осуществляет государство, а основными инструментами контроля являются государственные образовательные стандарты по специальностям подготовки специалистов, разрабатываемые Министерством образования и науки Российской Федерации. В образовательных стандартах сформулированы требования к кадровому, учебно-методическому и материально-техническому обеспечению учебного процесса, а также организации различного рода практик, итоговой государственной аттестации и уровню профессиональной подготовленности выпускников.

В России на фоне внутренних демократических изменений формировалось новое правовое поле для высшего образования на базе Законов Российской Федерации «Об образовании», «О высшем и послевузовском профессиональном образовании». Эти законы открыли высшее образование для российской и мировой общественности, а система лицензирования, аттестации и аккредитации вузов, нострификации дипломов стала реальным механизмом общественно-государственного контроля и оценки качества обучения.

Необходимость российских вузов повышать качество подготовки студентов обусловлено такими факторами, как:

- рост конкуренции между вузами, влияние рынка труда и требований работодателей;
- заинтересованность самих студентов в качественном образовании и в дальнейшем трудоустройстве;
- обмен студентами на международном уровне, в том числе обучение за границей;
- систематическое проведение внешней оценки качества (ВОК) Министерством образования Российской Федерации и внутривузовской оценки качества (ВВОК).

Таким образом, целью оценки качества обучения в российских вузах является создание единого образовательного пространства, где выпускники стали бы полноправными и квалифицированными специалистами, в том числе в зарубежных научных организациях и компаниях.

В настоящее время в российских вузах самооценка проводится только как подготовка к аттестации, но для повышения качества образования нужно не эпизодическое получение количественных данных сторонними наблюдателями, а вуз сам должен постоянно исследовать свою деятельность с целью выявления недостатков и оперативного их устранения. Одним из способов оценки качества является проведение вузом мониторинга деятельности своих выпускников.

Выпускники российских вузов успешно работают в таких крупных зарубежных компаниях, как Siemens, Mercedes и IBM. Причем при приеме на работу российским специалистам отдают предпочтение.

Российским ученым и специалистам в области естественных наук, математикам, инженерам, врачам, IT-специалистам и др. выдается так называемая «Голубая карта Германии и Евросоюза» — рабочая виза со значительно облегченным режимом выдачи, применения и продления. Зарплата такого сотрудника на предприятии государства ЕС должна быть не меньше 3867 евро в месяц [3].

Мировой концерн Siemens развивает программу для выпускников вузов (Siemens Graduate Program — SGP) и приглашает российских выпускников вузов по следующим специальностям: электротехника, электроэнергетика, инженерная механика, машиностроительные технологии, релейная защита и автоматизация, высоковольтная электроэнергетика, радиотехника и электротехника, автоматика и электромеханика, железнодорожный транспорт, локомотивы, биомедицинская инженерия, техника, медицина [4]. Для выпускников таких вузов как Российский государственный университет нефти и газа, Томский политехнический университет, Пермский государственный технический университет всегда есть вакансии в концерне «Siemens» [5].

С 1 апреля 2012 г. вступил в силу «Закон об упрощении процедуры признания зарубежных дипломов/квалификаций в Германии» (Gesetz zur Verbesserung der Feststellung und Anerkennung im Ausland erworbener Berufsqualifikationen) [6], который позволяет российским специалистам подтверждать свою квалификацию в упрощенном виде.

Одной из наиболее востребованных профессий в западных странах является химик. Никогда не снижался интерес к выпускникам химфака МГУ у зарубежных компаний, работающих в РФ. Удалось сохранить качество подготовки специалистов и обеспечить их трудоустройство в научных центрах этих компаний. Большая группа выпускников работает в компании Covestro, отделившейся от Bayer, более 30 — в BASF, немало их в компании «Chevron». Для компании Covestro химфак МГУ готовит специалистов для работы по получению важнейших полимерных материалов, созданию новых материалов для различных типов авиационной техники в НИИ авиационных технологий. Такие композиционные материалы на основе полимеров исключительно перспективны, а области их использования чрезвычайно масштабны. Поэтому сотрудничество с Covestro выходит на новый, более высокий уровень [7].

В последние два десятилетия немало выпускников химического факультета МГУ уехали на работу за границу. По словам декана химического факультета Московского Государственного университета академика В.В. Лунина, если раньше при устройстве на работу за рубежом выпускникам факультета устраивали всяческие проверки, то в настоящее время лучшей характеристикой специалиста из России является диплом химфака МГУ.

Десятки выпускников факультета работают заведующими лабораториями в Германии, Франции, США. В знаменитом МИТ (Массачусетский технологический институт) очень много выпускников МГУ, а в не менее знаменитом Калтехе (Калифорнийский технологический институт) испытывают в них острую потребность. Один из важнейших методов отбора являются олимпиады. На химическом факультете МГУ регулярно проводится Международная Менделеевская олимпиада, в ней сейчас участвуют школьники не только из стран бывшего СССР, но и из нескольких европейских стран, из Турции, Израиля, даже Нигерии.

По оценкам Национального научного фонда США, в настоящее время 17 ученых-эмигрантов из России являются членами Национальной академии наук США. На кафедрах ведущих университетов США работают много выходцев из России. Например, в университете Миннесоты на кафедре теоретической физики с 1994 г. русский даже стал рабочим языком [8].

Анализ, проведенный на основе базы Scopus, показал, что более 50 % публикаций российской научной диаспоры идут из США. При этом наиболее цитируемые российские ученые также работают в США: на их долю приходится 44 % всех ссылок после 2003 г. Лидируют по индексу цитируемости выпускники МГУ, вторые — выпускники МФТИ. На долю русских ученых, работающих в России, приходится всего 10 % ссылок [9].

Российские программисты и специалисты в области информационных технологий и компьютерной техники работают в технологических парках США. Например, каждая третья разработка корпорации Microsoft приходится на программистов — выходцев из России. Главный район проживания наших высококвалифицированных специалистов — штат Калифорния. Численность русской технологической общины в Силиконовой долине составляет 30–50 тыс. специалистов. Большая часть — инженеры и ученые. Причем, как подчеркивают эксперты, русские принадлежат к числу «жизненно необходимых сотрудников» [10]. Компании очень высоко ценят российских специалистов, потому что они способны в самый последний момент прийти с решением, которое может спасти компанию. В Силиконовой долине работает американская ассоциация специалистов из России («American Business Association of Russian Expatriates»). Целью организации является создание сети, помогающую встраиваться в американский и, шире, мировой высокотехнологический бизнес членам российской диаспоры.

Вторая страна приема высококвалифицированных специалистов — это Германия. По данным российской статистики, в Германию в 2002–2010 гг. эмигрировали около 40 тыс. специалистов, в том числе 140 докторов и кандидатов наук. С учетом поправочного коэффициента на национальную статистику Германии эта цифра в реальности значительно выше, при этом среди иностранных ученых преобладают выходцы из стран Европы. По данным И. Дежиной, в Институте Макса Планка на долю россиян приходится примерно 5 % [11]. В Германии обосновались такие известные ученые, как геолог Л. Дубровинский, работающий в области геологии в Университете Байройта, физики В. Мукханов, К. Ефетов, А. Утинов, Р. Сюняев и А. Мирлин [12].

Из других европейских стран, принявших большое число российских ученых, можно отметить Великобританию, Францию и Швейцарию. В Институте высших научных исследований во Франции работает известный математик Н. Некрасов — специалист по математической физике, который внес значительный вклад в развитие теории струн.

В Университете Пьера и Марии Кюри во Франции работает геолог Е. Буров, который создает числовые модели термомеханических процессов, происходящих в литосфере (растяжений и сжатий горных пластов), изучает столкновения литосферных плит, возникновение

горных хребтов и эволюцию магматических систем. Физики А. Гейм и К. Новоселов, работающие в Манчестерском университете в Великобритании, в 2004 г. создали принципиально новый материал графен — двухмерный слой графита толщиной в один атом, у которого находят все больше удивительных свойств, за что были удостоены Нобелевской премии. Математики М. Концевич и А. Веселов работают во Франции и Великобритании; геологи А. Оганов — в Швейцарии, Н. Шапиро — во Франции, Ю. Подладчиков — в Норвегии, Т. Геря — в Швейцарии; физик М. Шапошников — в Швейцарии [12].

В Израиле наши соотечественники осуществляют научную деятельность в университетах, исследовательских центрах, клиниках, больницах. По примерным оценкам, 40 % научного потенциала Израиля приходится на иммигрантов из России [13].

В перечне стран эмиграции появились государства, которые в последние годы существенно усилили внимание к научным разработкам и увеличили финансирование науки. Российские ученые работают в Латинской Америке, Юго-Восточной Азии и Китае, добиваясь там значительных успехов. Например, в 2005 г. научную премию ЮНЕСКО получил российский ученый А. Баланкин, проживающий в Мексике, «... за выдающиеся достижения в развитии фрактальной механики и их технологические приложения, внесшие вклад в промышленное развитие в его собственной стране и во всем мире» [14]. По экспертным оценкам, примерно 30 тыс. специалистов в таких ранее закрытых областях, как ракетная промышленность, ядерная сфера, производство оружия, работают в развивающихся странах [13].

Приведенные выше факты показывают, что Россия стала страной экспорта интеллектуальных ресурсов. Согласно некоторым данным, прямые потери российского бюджета в постперестроечный период составили около 60 млрд долл. [15]. По расчетам Министерства образования и науки, с отъездом одного ученого страна в среднем теряет 300 тыс. долл.

Условно можно выделить шесть форм (каналов) эмиграции научных кадров из России.

Первый канал — целенаправленная эмиграция ученых и высококвалифицированных специалистов на постоянное место жительства за границу с заблаговременным или последующим поиском работы. Данная форма преобладала в начале 1990-х годов, хотя сохраняется и до настоящего времени.

Второй канал — это трудовая эмиграция по временным контрактам, которые постепенно трансформируются в вид на жительство или гражданство принимающей страны. По примерным оценкам, 70–80 % работающих российских ученых за рубежом имеют временные контракты [16].

Третий канал — это эмиграция через стажировки и постдокторские программы, которые имеют многие университеты мира для приема ведущих ученых и специалистов в определенных отраслях и направлениях исследований.

Четвертый канал — это эмиграция с преобладанием семейных причин, в том числе через заключение брака с гражданами принимающей страны, с последующим трудоустройством. В большинстве своем этот канал эмиграции более характерен для российских женщин.

Пятый канал — переход в науку из другой сферы. Это довольно сложный вариант эмиграции, поскольку «пробиться» в науку из другой сферы в чужой стране достаточно трудно, но возможно. Главный фактор успеха — свободное владение языком, наличие опыта и знаний, целеустремленность. Как показывает практика, да и отмечали неоднократно сами респонденты, именно выходцам из России и стран бывшего СССР эти свойства характера более всего присущи.

Шестой канал — эмиграция молодых людей (студентов и аспирантов) через канал обучения и стажировки. Это новое, но уже весьма распространенное явление. Можно констатировать, что в России сформировалась особая модель «трамплинной эмиграции», когда молодые люди (студенты, аспиранты) специально поступают на учебу в те вузы, лаборатории и центры, которые имеют широкие контакты за рубежом, преследуя цель эмиграции в будущем.

Эмиграционный потенциал среди ученых и высококвалифицированных специалистов в России остается очень высоким. По примерным оценкам 200–250 тыс. программистов из России хотят эмигрировать из страны на работу за границу. Около 10 % российских ученых ищут рабочее место за границей, 40 % работают с зарубежными организациями и фондами, 20 % ориентируются на временную трудовую эмиграцию за рубеж. Только 30 % ученых в России не имеют эмиграционных настроений [13].

В последние годы осложнение экономико-политической ситуации в Российской Федерации, во многом вызванное санкциями, не способствует позитивной динамике в российской науке. Большое количество научных проектов долгое время существовали за счет грантов, выделяемых российскими и западными фондами, которые постепенно сокращают свою деятельность в России.

В связи с этим государство предпринимает меры по улучшению ситуации в российской науке. На развитие научно-исследовательской деятельности вузов, на поддержку молодых ученых выделяются значительные финансовые средства. Одновременно возрастают требования к показателям научной деятельности вузов, к квалификационному уровню преподавательского состава.

Однако этой поддержки все же недостаточно. Возможности получить финансирование на ведение исследований ограничены. Кроме того, многие научные достижения не учитываются при мониторинге вузов, так как показателем успешности науки зачастую являются освоение денежных ресурсов. В России пока еще отсутствуют адекватные критерии успешности науки, лабораторий и конкретных ученых.

В первую очередь, нужна поддержка прорывным технологиям, одной из форм реализации которой является государственно-частное партнерство. С целью помочь российским университетам наладить программы технологического трансфера перспективных разработок в российские корпорации в 2013 г. Российской венчурной компанией был запущен проект GenerationS — крупнейший акселератор технологических проектов на территории России и Восточной Европы и первая федеральная платформа для создания и развития инструментов корпоративной акселерации. За три года вокруг проекта выросла собственная экосистема из корпораций, экспертов, менторов, технологических брокеров и других участников рынка. В настоящее время в партнерскую сеть GenerationS входят более 250 государственных организаций и коммерческих компаний. В рамках проекта команды стартапов из российских регионов и ближнего зарубежья прошли онлайн-курс по основам технологического предпринимательства и очную программу акселерации, получив практические навыки того, как создать и продать свой проект. Были запущены первые отраслевые акселераторы по направлениям Industrial (индустриальные решения), IT (информационные технологии), BioTechMed (биотехнологии и медицина), CleanTech (энергоэффективность и ресурсосбережение). GenerationS в 2015 г. собрал рекордное число заявок — от 2566 проектов из 14 стран. 141 проект был отобран для участия в корпоративных акселераторах по 7 направлениям. Заказчиками и индустриальными партнерами GenerationS стали больше 20 российских корпораций, в интересах которых проводился отбор и акселерация проектов [17].

Несмотря на то, что российский венчурный рынок довольно молод, он быстро развивается и предоставляет возможность молодым ученым реализовать свой интеллектуальный потенциал в России.

Уровень российской научно-технической школы продолжает оставаться очень высоким. Об этом свидетельствует тот факт, что научные компании с российскими корнями, головные офисы которых находятся в России, успешно конкурируют на мировом рынке в многих перспективных областях исследований.

В вышедшем в начале 2010 г. аналитическом докладе британских экспертов «Россия. Исследования и сотрудничество в новой географии науки» утверждается, что ведущие научные дисциплины в России — это по-прежнему «науки XX века» (физика, космонав-

тика), тогда как в XXI столетии на первый план выходят науки о жизни и окружающей среде [18].

На самом деле физика и космонавтика являются крупнейшими областями российских научных успехов. Однако существуют и ряд современных областей инновационных разработок, где у России есть значительные достижения.

Россия занимает высокое место на рынке информационных технологий. Она одна из 4 стран в мире, где существует своя собственная поисковая система Яндекс, которая успешно конкурирует с Google. При этом остальные 3 страны сделали это с помощью государственной поддержки локальных поисковиков [19].

В настоящее время Яндекс обеспечивает 60 % рынка поиска в России. Яндекс планомерно развивает свою деятельность в отношении других стран, где позиции Google не так сильны из-за особенностей локального языка, в частности, в Турции, где Яндекс постепенно увеличивает рыночную долю за счет Google.

Все это свидетельствует о высокой подготовке российских инженеров, так как на современном этапе поиск – это самый высокотехнологичный продукт, в котором собираются все достижения любого другого направления ИТ.

Для создания качественного поиска нужна слаженная работа огромного количества специалистов по семантике, математиков, программистов, кибернетиков и специалистов по машинному обучению. Кроме того, огромное количество инженеров обслуживают и оптимизируют инфраструктуру поисковика. Все это может являться доказательством того, что российская научная школа может соответствовать самым высоким мировым стандартам, если есть достойный проект.

Кроме Яндекса в сфере ИТ существует еще целый ряд крупных российских компаний, таких как Mail.ru Group или Alawar, которые успешно конкурируют на мировом рынке ИТ. К ним относится петербургская компания «Центр Речевых Технологий», которая 20 лет создает продукты по распознаванию и синтезированию речи и по праву считается одним из мировых лидеров на этом рынке. Компания акцентирует свое внимание в основном на сложных наукоемких задачах, наподобие распознавания поврежденных записей или идентификации личности по голосу. Основными клиентами «ЦРТ» являются военные и крупные корпорации.

Еще одним доказательством квалификации российской научной школы служит компания «Разумные Решения», которая за три года прошла путь от команды энтузиастов до коллектива из 90 профессиональных разработчиков инновационных продуктов. Они занимаются технологиями big data на мировом уровне, сотрудничая с ведущими научными учреждениями в России и Европе.

Достойными примерами разработки оборудования ИТ являются компании «РМТ» и «ИНКОМ». Первая входит в десятку крупных в мире производителей термоэлектрической микроохлаждающей продукции. А вторая успешно производит и внедряет комплексные системы безопасности и мониторинга.

Кроме этого, существует огромное количество небольших компаний, которые делают свои небольшие продукты для глобальных корпораций, либо выполняют заказы для клиентов со всего мира. Причем российских программистов ценят по всему миру за хорошее качество работы.

Научная школа в области физики в Советском Союзе была лучшей в мире. Огромное количество советских фундаментальных открытий и прикладных разработок определили развитие науки в XX веке. На этой почве выросло много больших и успешных инновационных компаний. Одним из самых крупных являются «НПП «Лазерные Системы», более 20 лет успешно работающие на международном рынке высоких технологий. «НПП «Лазерные Системы» разрабатывает инновационные решения для безопасности, экологии, медицины, космоса и успешно продает свои продукты по всему миру. Это системы слежения и иден-

тификации, мобильные комплексы для экологического мониторинга, системы вихревой безопасности аэропортов, мощные лазеры, а также различные системы безопасности и контроля доступа. Среди уникальных проектов — первый в мире алколазер, обеспечивающий дистанционное определение паров алкоголя в салоне автомобиля и определитель следов взрывчатых и наркотических веществ X-tracer.

Одна из компаний ГК «Диаконт» разрабатывает системы слежения с высокой радиационной стойкостью. Достаточно сказать, что американская General Electric сейчас переоснащает свои электростанции продукцией «Диаконта». Более половины мощностей энергетического гиганта США мониторятся с помощью оборудования российской компании. Кроме General Electric среди клиентов: Westinghouse (США), Areva и Electricite de France (Франция), Fortum (Финляндия), «Концерн «Росэнергоатом» (Россия).

Заметны успехи российских ученых в самой молодой и быстро развивающейся отрасли — биотехнологии, особенно в таких областях, как персонализированная медицина и препараты на основе клеточных, генных и постгеномных технологий, которые активно развиваются в «Институте стволовых клеток человека». Компания ПАО «ИСКЧ» работает с 2003 г., а в 2009 г. успешно вышла на биржу. Деятельность компании охватывает пять основных направлений современных биомедицинских технологий: регенеративная медицина, биострахование, медицинская генетика, генная терапия, биофармацевтика (в рамках международной партнерской программы «СинБио»). ПАО «ИСКЧ» принадлежит крупнейший в России банк персонального хранения стволовых клеток пуповинной крови Гемабанк[®], а также банк репродуктивных клеток человека — Репробанк[®] (персональное хранение/донация). Также компания регулярно организует форумы и симпозиумы для развития научного сообщества биотехнологов в России.

В других областях медицинских технологий таких, как производство медицинского оборудования и фармакологии, российские производители успешно оснащают всю российскую медицину качественными диагностическими инструментами и медикаментами, которые проходят сертификацию по мировым стандартам. Постоянно ведутся разработки новых лекарственных средств и диагностических приборов, которые помогают врачам распознавать тревожные симптомы раньше и лечить их эффективнее [19].

Миграция российских научных кадров происходит в основном в одном направлении — оттока из страны. В этой связи усилия Правительства РФ наряду с разработкой мер на удержание ученых и исследователей направлены на развитие сотрудничества, его форм, методов, условий [20].

Существенным шагом в решении этой проблемы было принятие Федерального закона от 24 мая 1999 г. № 99-ФЗ «О государственной политике Российской Федерации в отношении соотечественников за рубежом», в котором закреплено само понятие «соотечественник» в России. Привлечение ученых-соотечественников, проживающих за рубежом, к участию в приоритетных проектах по развитию образования, науки и технологий в Российской Федерации призваны способствовать реализации задач модернизации страны, поднятия уровня научных исследований, а также создает возможность использования потенциала ученых в интересах развития российского научно-технического и научно-образовательного комплексов.

В настоящее время одним из путей привлечения российской научной диаспоры и использования ее знаний — это приглашение известных российских ученых, проживающих за рубежом, возглавить научные исследования российских научных коллективов, в том числе в рамках Постановления Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 220 «О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные организации высшего образования, научные учреждения, подведомственные Федеральному агентству научных организаций, и государственные научные центры Российской Федерации в рамках подпрограммы «Институциональное развитие научно-исследовательского сектора» государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы» (с изменениями от 25 мая 2016 г.).

В рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы» также осуществляется финансирование исследований, направленных на создание научно-технического задела совместно с зарубежными научно-исследовательскими и образовательными учреждениями. Особое внимание в этом процессе уделяется ученым-соотечественникам, работающим в этих организациях.

Исходя из международного опыта одной из форм расширения государственного регулирования эмиграции ученых из России может быть принятие специальных программ. Они должны строиться на принципах дифференцированного и адресного подхода к интеллектуальным мигрантам, эффективного мониторинга, действенной системы «обратной связи» при реализации решений. Необходимо также увеличение финансирования отечественной науки как за счет целевых проектов, так и за счет предоставления льгот наукоемкому бизнесу. Актуальность этих шагов особенно высока в свете наметившейся стабилизации оттока российских специалистов за рубеж. Если позитивные тенденции будут поддержаны активной государственной политикой и общим социально-экономическим подъемом в Российской Федерации, то в среднесрочной перспективе они могут привести к радикальному перелому пока еще негативной ситуации с «оттоком мозгов» из России. Идея возвращения обратно высококвалифицированных кадров для работы в РФ практически никем из отечественных специалистов не оспаривается. Именно в этом видится основной путь преодоления «утечки мозгов» из России [21].

Поэтому целесообразно создавать все позитивные условия для:

- добровольного переселения квалифицированных соотечественников в перспективные с точки зрения дальнейшего развития российские регионы;

- обеспечения благоприятных возможностей для возвращения научных кадров из-за рубежа;

- привлечения в российские научные структуры молодых ученых из ближнего и дальнего зарубежья;

- осуществления их поддержки по государственной и негосударственной линии;

- облегчения адаптации и интеграции в новой социальной среде местных сообществ.

Исходя из практики зарубежных стран, можно предложить принятие ряда мер, например:

- введение специальных депозитных счетов;

- продажа земельных участков под строительство;

- выдача на льготных условиях ссуд на строительство домов под переводы, хранимые в строго определенных банках;

- создание альтернативного жилого фонда для льготной реализации среди возвращающихся мигрантов;

- открытие валютных счетов для беспоплатного провоза машин, товаров длительного пользования;

- создание специального пенсионного фонда.

В контексте необходимости балансирования встречных потоков эмиграции из России необходимо рассмотреть интеллектуальную иммиграцию в РФ как компенсирующий эмиграцию фактор. Россия является не только посылающей, но и принимающей образовательных мигрантов страной. Существуют два «компенсационных» потока. Один из них составляют ученые и высококвалифицированные специалисты (например, врачи), переезжающие в Россию на постоянное место проживания из постсоветских стран. Второй поток составляют «циклические мигранты», возвращающиеся в Россию после учебы, длительного повышения квалификации или периодической работы за рубежом.

Многие ученые-соотечественники, работающие за рубежом, приобрели опыт организации и проведения современных научных исследований, достигли значительных научных результатов, приобрели опыт преподавания в ведущих университетах мира, имеют широкую сеть контактов с большим количеством зарубежных ученых. Многие представители научной

диаспоры являются высококвалифицированными специалистами, способными генерировать и реализовывать новые оригинальные научные идеи, в том числе посредством создания кафедр, лабораторий, опытных конструкторских бюро, компаний, научных парков, инкубаторов и др. Кроме того, часть ученых-соотечественников обладает компетенцией оценить состояние российского сектора исследований и разработок и системы образования в сопоставлении с аналогичными системами развитых стран и выступить экспертами управленческих решений по модернизации науки и образования в России [22].

Этот потенциал российской научной диаспоры является одним из резервов для решения задач модернизации страны. Необходим решительный переход от осознания целесообразности и необходимости сотрудничества с диаспорой к системным и последовательным практическим действиям, созданию благоприятных условий и механизмов привлечения ученых-соотечественников к реализации приоритетных для России направлений развития науки и образования на основе разработки и последовательной реализации государственной политики по взаимодействию с российской научной диаспорой.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.10.2016/НМ.

Список литературы

1. Парнякова Марта. Почему российские ученые уезжают на запад? Available at: <http://rosnauka.ru/publication/540>.
2. Анализ системы оценки высшего образования в мире. Available at: <http://www.quality.edu.ru/quality/sk/param/213>. Источник: Отчет УГАТУ «Формирование системы менеджмента качества образовательных услуг университетского округа аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 годы)».
3. Available at: <http://www.bluecard-eu.de/blaue-karte-eu-deutschland/antrag.html>.
4. Available at: http://w3.siemens.ru/jobs_careers/graduates.
5. Available at: https://jobsearch.siemens.biz/career?company=Siemens&career_job_req_id=222366&career_ns=job_listing.
6. Available at: https://www.anerkennung-in-deutschland.de/html/de/anerkennungsgesetz_des_bundes.php.
7. Available at: <https://rg.ru/2016/05/26/vypuskniki-himfaka-mgu-vostrebovany-i-v-rossii-i-za-rubezhom.html>.
8. Available at: Прусс И. Мозги утекают навсегда // Взгляд. 2006. Постсоветские трансформации: отражение в миграциях / Под ред. Ж.А. Зайончковской и Г.С. Витковской. М.: Адамант, 2009.
9. Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
10. Аммосов Ю. Калифорния ставит на нас // Эксперт. 2003. № 32.
11. Дежина И. Никогда не говори «навсегда» // Поиск. 2009. Демографические перспективы России / Под ред. акад. Г.В. Осипова и проф. С.В. Рязанцева. М.: ИСПИ РАН, 2008.
12. Максимов Н. Возвращаться — плохая зарплата // Русский ньюсуик. 2008. № 45.
13. Перминова Е. Рыночная гримаса на лице российской науки // ВВП. 2004. № 3.
14. Булгакова Н. Мексиканский гамбит // Поиск. 2005. № 47.
15. Изосимов В. Ю. Взаимодействие с российской научной диаспорой как необходимый элемент государственной научно-технической политики // Наука, инновации, образование. 2014. № 15.
16. Available at: <http://generation-startup.ru/about>.
17. Хертог П., Лимпенс И., Смитс Р. Международное научно-техническое сотрудничество и его значение для выработки научной и научно-технической политики // Управление наукой в странах ЕС. М.: Наука-Интерпериодика, 1999. Т. 1.
18. Алексей Дудинов. Какие из российских инноваций востребованы в мире? Available at: <http://globalscience.ru/article/read/23015>.

19. Турко Т.И., Родионова Г.Г. Сотрудничество с учеными-соотечественниками, работающими за рубежом. *Инноватика и Экспертиза*, 2015. № 2.

20. Казанцев А.А., Боришполец К.П. «Утечка мозгов» из России как политико-управленческая проблема // *Вестник МГИМО—Университета*. 2013. № 6.

21. Изосимов В.Ю. Взаимодействие с российской научной диаспорой как необходимый элемент государственной научно-технической политики. Альманах «Наука. Инновации. Образование». Вып. 15. Available at: <http://rier.ru/upload/iblock/d87/d87e7bea80d11eb1417b3d97ba07a31e.pdf>.

References

1. Parnyakova M. *Pochemu rossiyskie uchenye uezzhayut na zapad?* [Why Russian scientists leave for the West?] Available at: <http://rosnauka.ru/publication/540>.

2. *Analiz sistemy otsenki vysshego obrazovaniya v mire* [Analysis of evaluation system of higher education in the world] *Istochnik: Otchet UGATU «Formirovanie sistemy menedzhmenta kachestva obrazovatel'nykh uslug universitetskogo okruga analiticheskoy vedomstvennoy tselevoy programmy «Razvitie nauchnogo potentsiala vysshey shkoly (2006–2008 gody)»* [Source: Report of USATU «Formation of system of quality management of educational services University district of the analytical departmental target program «Development of scientific potential of higher school (2006–2008)»]. Available at: <http://www.quality.edu.ru/quality/sk/param/213>.

3. Available at: <http://www.bluecard-eu.de/blau-e-karte-eu-deutschland/antrag.html>.

4. Available at: http://w3.siemens.ru/jobs_careers/graduates.

5. Available at: https://jobsearch.siemens.biz/career?company=Siemens&career_job_req_id=222366&career_ns=job_listing.

6. Available at: https://www.anerkennung-in-deutschland.de/html/de/anerkennungsgesetz_des_bundes.php.

7. Available at: <https://rg.ru/2016/05/26/vypuskniki-himfaka-mgu-vostrebovaniy-i-v-rossii-i-za-rubezhom.html>.

8. Pruss I. (2009) *Mozgi utekayut navsegda* [Brains flow away forever] *Vzglyad* [Look] *Postsovetskie transformatsii: otrazhenie v migratsiyakh*. Pod red. Zh.A. Zayonchkovskoy, G.S Vitkovskoy [Post-Soviet transformations: reflection in migration. Edited by Zh. a. the Zayonchkovskaya and G. Vitkovskaya] *Adamant* [Adamant], Moscow.

9. Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

10. Ammosov Yu. (2003) *Kaliforniya stavit na nas* [California puts on us] *Ekspert* [Expert]. No. 32.

11. Dezhina I. (2008) *Nikogda ne govori «navsegda»* [Never say «forever»] *Demograficheskie perspektivy Rossii*. Pod red. akad. G.V. Osipova i prof. S.V. Ryazantseva [Demographic prospects of Russia. Under the editorship of Akad. G.V. Osipov and Professor S.V. Ryazantsev] *Poisk ISPI RAN* [Poisk, ISPI Russian Academy], Moscow.

12. Maksimov N. (2008) *Vozvrashchat'sya — plokhaya zarplata* [Back a bad salary] *Russkiy n'yusuik* [Russian Newsweek], No. 45.

13. Perminov E. (2004) *Rynoch'naya grimasa na litse rossiyskoy nauki* [Market face of Russian science] *VVP* [GDP], No. 3.

14. Bulgakova N. (2005) *Meksikanskiy gambit* [Mexican gambit] *Poisk* [Poisk], No. 47.

15. Izosimov V.Yu. (2014) *Vzaimodeystvie s rossiyskoy nauchnoy diasporoy kak neobkhodimyy element gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy politiki* [Interaction with the Russian scientific Diaspora as a necessary element of the state scientific-technical policy] *Nauka, innovatsii, obrazovanie* [Science, innovations, education], No. 15.

16. Available at: <http://generation-startup.ru/about>.

17. Hertog P., Limpens I., Smits R. (1999) *Mezhdunarodnoe nauchno-tekhnicheskoe sotrudnichestvo i ego znachenie dlya vyrabotki nauchnoy i nauchno-tekhnicheskoy politiki* [Nauka-Interperiodika International scientific and technological cooperation and its importance for the development of scientific and scientific-technological policy] *Upravlenie naukoy v stranakh ES* [Managing science in the EU] *Nauka-Interperiodica* [Nauka-Interperiodica], Moscow. Vol. 1.

18. Dudinov A. *Kakie iz rossiyskikh innovatsiy vostrebovany v mire?* [Which of the Russian innovations is in demand in the world?]. Available at: <http://globalscience.ru/article/read/23015>.
19. Turko T.I., Rodionov G.G. (2015) *Sotrudnichestvo s uchenymi-sootchestvennikami, rabotayushchimi za rubezhom* [Cooperation with scientists-compatriots working abroad] *Innovatika i Ekspetriza* [Innovation and Expert Examination], No. 2.
20. Kazantsev A.A., Borishpolets K.P. (2013) «*Utechka mozgov*» iz Rossii kak politiko-upravlencheskaya problema [«Brain drain» from Russia as a political and managerial problem] *Vestnik MGIMO—Universiteta* [Vestnik MGIMO—University], No. 6.
21. Izosimov V.Yu. *Vzaimodeystvie s rossiyskoy nauchnoy diasporoy kak neobkhodimyy element gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy politiki* [Interaction with the Russian scientific Diaspora as a necessary element of the state scientific-technological policy] *Al'manakh «Nauka. Innovatsii. Obrazovanie»* [Almanac «Science. Innovation. Education»]. Issue 15. Available at: <http://riep.ru/upload/iblock/d87/d87e7bea80d11eb1417b3d97ba07a31e.pdf>.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В РОССИИ (2000–2014)

А.В. Кольцов, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, akoltsov@extech.ru

А.В. Федин, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, avfedin@extech.ru

Н.А. Плужнова, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, plugnova@extech.ru

Л.В. Прохорова, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, prohorova@extech.ru

В статье представлены результаты анализа изменения общей численности и структуры кадров высшей квалификации в период 2000–2014 гг. Проанализированы динамика приема в аспирантуру и докторантуру, выпуск из аспирантуры и докторантуры, выпуск с защитой диссертации. Выявлены факторы, влияющие на динамику кадров высшей квалификации.

Ключевые слова: кадры высшей квалификации, аспиранты, докторанты, академический сектор.

TRAINING OF HIGH QUALIFICATION SPECIALISTS IN RUSSIA (2000–2014)

A. V. Koltsov, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Economics, akoltsov@extech.ru

A. V. Fedin, Senior Researcher, SRI FRCEC, avfedin@extech.ru

N. A. Plugnova, Senior Researcher, SRI FRCEC, plugnova@extech.ru

L. V. Prohorova, Senior Researcher, SRI FRCEC, prohorova@extech.ru

The article presents results of the analysis of changes in total number and structure of higher qualification specialists during 2000–2014. Dynamics of reception in postgraduate doctoral studies, post-graduate studies, with issue of Ph.D. and doctoral thesis. Defined the factors that influence the dynamics of higher qualification personnel.

Keywords: highly qualified specialists, graduate students, doctoral students, academic sector.

Подготовка кадров высшей квалификации в стране осуществляется в образовательных организациях высшего образования, организациях дополнительного профессионального образования и научных организациях, в том числе академического сектора науки Российской Федерации. Согласно Федеральному закону от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [1] к освоению программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре допускаются лица, имеющие образование не ниже высшего (специалитет или магистратура). Подготовка аспирантов осуществляется по утвержденным Министерством образования и науки Российской Федерации специальностям. Подготовка специалистов в докторантуре происходит в соответствии с Положением о докторантуре (постановление Правительства Российской Федерации от 04.04.2014 № 267) [2]. В докторантуру допускаются лица, имеющие ученую степень кандидата наук.

Представленные в статье результаты анализа подготовки специалистов высшей квалификации в российских академиях наук в период 2000–2014 гг. могут представлять интерес для органов государственной власти Российской Федерации, сотрудников научно-исследовательских организаций, преподавателей вузов, докторантов и аспирантов, занимающихся

вопросами государственного управления в сфере науки, технологий и техники в связи с принятием 27 сентября 2013 г. Федерального закона № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [3], а также других, связанных с этим законом, нормативно-правовых актов, обеспечивающих модернизацию системы подготовки кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) в неразрывной связи с процессами научных исследований.

Анализ динамики подготовки аспирантов в России. В предреформенном 2013 г. в стране подготовку аспирантов осуществляли 1557 организаций. При этом организации российских академий наук (Российской академии наук (РАН), отраслевых государственных академий наук), ведущие подготовку аспирантов, в 2013 г. составляли свыше трети их общего количества в Российской Федерации — 33,7%. В том числе, на Российскую академию наук приходилось 22,3% организаций. Основное же число организаций (66,3%), осуществляющих в стране подготовку аспирантов, составляли организации, не входящие в российские академии наук. Следует отметить, что указанная структура организаций, осуществляющих подготовку аспирантов в стране, сохранялась практически на протяжении всего анализируемого периода, начиная с 2000 г.

По сравнению с 2000 г. число научных организаций, ведущих подготовку аспирантов в российских академиях наук в предреформенном 2013 г., возросло на 14,4%, в том числе в Российской академии наук — на 19,2%, Российской академии сельскохозяйственных наук — на 15,2%, Российской академии образования — на 21,4%. В Российской академии архитектуры и строительных наук и Российской академии художеств число организаций, осуществляющих подготовку аспирантов, в течение всего анализируемого периода оставалось без изменений и составляло 4 и 3 соответственно. В Российской академии медицинских наук с 2000 по 2013 год имело место уменьшение числа организаций, ведущих подготовку аспирантов, которое составило в 2013 г. 12,7%. Таким образом, число организаций, осуществляющих подготовку аспирантов в рассматриваемом периоде в России, было неустойчивым при общей тенденции к их увеличению.

Существенные изменения в количественном составе и структуре научных организаций, ведущих подготовку аспирантов в стране, произошли в 2014 г. В частности, доля научных организаций российских академий наук, ведущих подготовку аспирантов, уменьшилась практически в два раза — до 16,9%, а научных организаций Российской академии наук — до 15,8%. При этом в целом по Российской Федерации общее число организаций, ведущих подготовку аспирантов в 2014 г., по сравнению с 2013 г., сократилось незначительно — с 1557 до 1519 организаций. Из этого можно сделать вывод, что основное сокращение численности организаций, ведущих подготовку аспирантов в стране, произошло в 2014 году за счет организаций академического сектора науки.

В связи с ростом числа научных организаций, ведущих подготовку в стране аспирантов в период с 2000 по 2013 год, соответственно численность аспирантов, обучающихся в аспирантуре, возросла на 12,1%, причем в течение рассматриваемого периода численность аспирантов изменялась разнонаправленно как по структуре научных организаций, так и по темпам изменения. Например, в период 2000–2010 гг. наблюдался прирост численности аспирантов, который составил 33,7%, затем происходило их сокращение. В итоге в 2013 г. прирост этого показателя составил 12,1%, а в 2014 г. 1,8% относительно 2000 г.

Аналогичная динамика численности аспирантов наблюдалась и в научных организациях академического сектора. Так, рост числа аспирантов в организациях академического сектора замедлился уже в 2007 г., составив относительно 2000 г. 115% против 119,7% в 2006 г. В дальнейшем это сокращение численности аспирантов в организациях российских академий наук ускорилось и в 2013 г. составило 76% от уровня 2000 г. В 2014 г. численность аспирантов в организациях академического сектора уменьшилась более чем в два раза (прирост к 2000 г. составил 36,4%).

Приведенная динамика численности аспирантов в научных организациях российских академий наук характерна и для организаций Российской академии наук. Так, до 2005 г. наблюдалось увеличение численности аспирантов в данных организациях. Затем происходило их сокращение, в результате чего в 2013 г. показатель сократился относительно 2000 г. до 81,3 %. После реорганизации РАН в 2014 г. число аспирантов в ее организациях сократилось относительно 2000 г. до 50 %.

В Российской академии образования до 2007 г. происходил рост численности аспирантов по сравнению с 2000 г., который составил 157 %. Однако в дальнейшем эта тенденция сменилась на существенное сокращение до 60 % в 2012 г., 45,2 % в 2013 г. и 30,4 % в 2014 г.

Вместе с тем следует отметить, что в целом ситуация с общей численностью аспирантов в стране определяется в основном организациями, не входящими в российские академии наук, которые составляли в 2014 г. 96,7 % их численности в стране. Однако, учитывая значение академического сектора в развитии фундаментальной науки и сложившуюся в нем ситуацию с возрастным составом научных работников, можно сказать, что подготовка кадров высшей квалификации в организациях академического сектора требует совершенствования и активизации.

Несмотря на то, что в 2013 г. по сравнению с 2000 г. число аспирантов в научных организациях российских академий наук уменьшилось на 24 %, в том числе в Российской академии наук на 18,7 %, после начала реформ РАН в 2014 г. произошло их резкое сокращение. В целом по организациям российских академий наук оно составило 52,2 % (относительно 2013 г.), а в Российской академии наук — 38,5 %. В результате общее сокращение числа аспирантов в организациях академического сектора в 2014 г. по сравнению с 2000 г. составило 63,6 %, а, например, в организациях Российской академии образования — 69,6 %.

В организациях, не входящих в состав российских академий наук, в рассматриваемом периоде, начиная с 2011 г., также имело место сокращение численности аспирантов. Однако происходило это более медленными темпами, чем в академическом секторе, а к 2014 г. их численность уменьшилась относительно 2010 г. на 21 %.

Численность аспирантов, проходящих обучение, прежде всего, определяется числом принимаемых в аспирантуру. В целом по Российской Федерации прием в аспирантуру в анализируемом периоде возрастал до 2009 г. (128,9 %), затем происходило его неравномерное сокращение до 90,4 % в 2013 г. и 76,5 % в 2014 г. относительно 2000 г.

Сокращение приема в аспирантуру в организациях академического сектора началось несколько ранее. Так, в 2006 г. относительно 2005 г. оно составило 5,2 %. В 2013 г. прием в аспирантуру уменьшился до 68 % по сравнению с 2000 г. В том числе, в Российской академии наук прием в аспирантуру сократился в рассматриваемом периоде на 22,9 %. Еще более значительное сокращение приема в аспирантуру в целом по организациям академического сектора произошло в 2014 г. (на 40,5 процентных пункта), в том числе, по научным организациям Российской академии наук (на 38,4 процентных пункта).

Сокращение приема в аспирантуру организаций, не входящих в российские академии наук, происходило более медленными темпами и составило к 2013 г. 7,5 %, а в 2014 г. — 18,9 % относительно 2000 г.

Выпуск из аспирантуры зависит не только от числа лиц, принятых в аспирантуру, но и от качества работы аспирантуры по подготовке специалистов высшей квалификации. Вместе с тем тенденция выпуска из аспирантуры организаций российских академий наук в значительной мере соответствовала в рассматриваемом периоде тенденции приема в аспирантуру.

В целом по Российской Федерации выпуск аспирантов характеризовался на начальном этапе анализируемого периода (до 2007 г.) увеличением их численности на 44 % относительно 2000 г. В дальнейшем наблюдалось незначительное снижение выпуска из аспирантуры до 2013 г., составившее 2,8 % относительно 2007 г. Однако в 2014 г. произошло резкое сокращение выпуска аспирантов из аспирантуры (на 26 процентных пункта). Еще более значи-

тельное (в 2,3 раза) снижение выпуска аспирантов происходило в научных организациях российских академий наук, в том числе в Российской академии наук на 56 процентных пункта. В Российской академии образования снижение показателя составило 35,5 процентных пункта. Одновременно существенный рост выпуска аспирантов наблюдался в Российской академии художеств (на 52,9% относительно 2000 г.). Таким образом, динамика выпуска аспирантов в организациях различных академий наук имела различные темпы и была в отдельные годы разнонаправленной.

В организациях, не входящих в российские академии наук, до 2006 г. наблюдался рост выпуска аспирантов (на 44% относительно 2000 г.). В дальнейшем, однако, произошло их существенное сокращение и в 2014 г. оно составило 16% относительно 2006 г., что позволило сохранить общую с 2000 г. положительную тенденцию их роста. В целом по научным организациям Российской Федерации в анализируемом периоде отмечен рост выпуска аспирантов, который составил в 2014 г. 113,9% относительно 2000 г.

Важным показателем качества работы аспирантуры по подготовке специалистов высшей квалификации является выпуск аспирантов с защитой диссертации. В целом по Российской Федерации выпуск аспирантов с защитой диссертации возрастал до 2006 г. и достиг 158,5% относительно 2000 г. В дальнейшем данный показатель работы аспирантуры в стране стал снижаться и составил в 2013 г. 119,7% относительно 2000 г.

Эта тенденция была характерна и для организаций российских академий наук. Однако сокращение численности выпуска аспирантов с защитой диссертации в организациях академического сектора было более резким и к 2012 г. составило 92,8% относительно 2000 г. Несколько иной была тенденция выпуска аспирантов в научных организациях Российской академии наук. До 2012 г. выпуск аспирантов с защитой диссертации увеличивался и составил относительно 2000 г. 119%. Наибольшее сокращение выпуска аспирантов с защитой диссертации в 2013 г. отмечено в Российской академии сельскохозяйственных наук (54,9% от 2000 г.) и в Российской академии образования — 35,5%. Более устойчивый рост выпуска аспирантов с защитой диссертаций в анализируемом периоде наблюдался в организациях, не входящих в российские академии наук. В итоге рост показателя по ним к 2013 г. составил 121,2% относительно 2000 г., что определило и общую тенденцию выпуска аспирантов с подготовкой диссертации в стране. Следует отметить, что выпуск аспирантов с защитой диссертации в Российской Федерации был неустойчивым. Заметное снижение показателя произошло в 2014 г. — на 30,8% относительно 2000 г.

Более сложно складывалась ситуация с подготовкой кадров высшей квалификации через аспирантуру в научных организациях академий наук, у которых показатели динамики доли выпуска аспирантов из аспирантуры с защитой диссертации колебались в рассматриваемом периоде от 13,7% до 19,9%. При этом, начиная с 2006 г., величина показателя не превышала 17,8%.

Еще ниже по величине был показатель доли окончивших обучение в аспирантуре с защитой диссертации в научных организациях Российской академии наук. Его значение в анализируемом периоде не превышало 15,8%, причем величина показателя была неустойчивой в динамике и колебалась от 15,8% до 11,6%.

Данный показатель проявил себя более высоким и устойчивым к изменениям в научных организациях, не относящихся к российским академиям наук. Его величина колебалась в анализируемом периоде от 35,2% до 24,9%. Однако в 2012–2013 гг. он снизился соответственно до 27% и 26,5%.

Анализ динамики подготовки докторантов в России. Наиболее эффективным направлением подготовки специалистов высшей квалификации для научной деятельности является докторантура. Особенно важно это направление для организаций академического сектора, выполняющих в основном фундаментальные и поисковые исследования, требующие использования высококвалифицированных кадров. Результаты поисковых исследований во

многим определяют масштабы, качество и результативность прикладных исследований и разработок, а также качество создаваемых инноваций.

Подготовкой докторантов в Российской Федерации в предреформенном 2013 г. занимались 585 организаций, в том числе 136 организаций в академиях наук. Основная часть из них (83 научные организации) относились к Российской академии наук, 23 организации представляли Российскую академию сельскохозяйственных наук. В Российскую академию медицинских наук входили 17 научных организаций. Российскую академию образования представляли 12 научных организаций. В Российской академии архитектуры и строительных наук подготовкой докторантов занималась одна научная организация.

Если рассматривать динамику организаций, ведущих подготовку докторантов в России, начиная с 2000 г., то следует отметить, что в течение всего анализируемого периода основной удельный вес в подготовке докторантов составляли научные организации, не входящие в российские академии наук. Их доля в общей численности организаций, ведущих подготовку докторантов в стране, составляла в 2000 г. 74,4%. Среди научных организаций российских академий наук в подготовке докторантов доминируют научные организации Российской академии наук. В целом по стране количество организаций, ведущих подготовку докторантов, начиная с 2000 г., увеличивалось до 2011 г. (темп роста – 123,6%). В последующие два года имело место их незначительное сокращение роста – до 118,9%. Более резкое сокращение численности организаций, ведущих подготовку докторантов, произошло в 2014 г. – до 97,2% относительно 2000 г.

Количество научных организаций российских академий наук, ведущих подготовку докторантов в рассматриваемом периоде, было весьма неустойчивым. Так, если до 2003 г. происходило их увеличение (до 114,3%), то в дальнейшем отмечалось сокращение в течение нескольких лет. В 2007 г. произошло резкое увеличение их числа (до 128,6%) относительно 2000 г. Однако, начиная с 2010 года, происходило устойчивое снижение их количества, в результате этого темп роста числа научных организаций, осуществляющих подготовку докторантов, в 2014 г. снизился до 97,2% относительно 2000 г.

Аналогичная тенденция неравномерного увеличения количества научных организаций, осуществляющих подготовку докторантов, и их сокращения наблюдалась в Российской академии наук. Наибольший рост их числа (до 132%) был отмечен в 2007 г., а самый низкий (103,8%) – в 2012 г. Более устойчивый рост числа научных организаций, занимающихся подготовкой докторантов в период с 2000 г. по 2013 г., происходил в Российской академии сельскохозяйственных наук, составив 143,8%.

В 2014 г. в связи с реорганизацией РАН произошло резкое уменьшение (до 34% относительно 2000 г.) числа научных организаций, осуществляющих подготовку докторантов в системе академий наук, в том числе в Российской академии наук (до 47,4%). Аналогичная ситуация сложилась в 2014 г. в Российской академии образования, в которой число организаций, ведущих подготовку докторантов, сократилось с 12 организаций в 2013 г. до 6 организаций в 2014 г.

Более устойчивым был рост числа научных организаций, осуществляющих подготовку докторантов, в системе научных организаций, не входящих в российские академии наук. Их число монотонно увеличивалось и составило в 2014 г. относительно 2000 г. 118,9%. В 2014 г. отмечено незначительное (на 3,1%) сокращение указанных организаций относительно 2013 г.

Сокращение числа организаций, осуществляющих подготовку докторантов в стране, сопровождалось сокращением численности обучающихся в докторантурах, особенно, в академическом секторе, что отрицательно влияло как на качественный, так и на их возрастной состав исследователей в данном секторе. Наибольшее сокращение численности докторантов произошло в 2014 г. Так, если до 2013 г. наблюдался неравномерный рост численности докторантов в целом по Российской Федерации (до 108,5%), то в 2014 г. показатель снизился до 76,1% относительно 2000 г. Следует отметить, что в целом по стране указанная тенден-

ция изменения численности докторантов определялась в основном организациями, не входящими в российские академии наук, по которым рост числа докторантов к 2013 г. составил 114 % и сократился относительно 2000 г. до 81 % лишь в 2014 г.

Более сложной была ситуация с подготовкой докторантов в научных организациях академий наук. Так, численность докторантов в организациях российских академий наук начала устойчиво сокращаться уже с 2004 г., и составила в 2013 г. 50,3 % от уровня 2000 г. В 2014 г. произошло более резкое сокращение докторантов в научных организациях российских академий наук до 23,9 % относительно уровня 2000 г.

Ситуация в научных организациях Российской академии наук складывалась аналогичным образом. Так, начиная с 2003 г., численность докторантов начала устойчиво сокращаться и составила в 2013 г. 58,2 % от уровня 2000 г. В 2014 г. произошло резкое сокращение численности докторантов, которое составило по сравнению с 2013 г. в целом по научным организациям академического сектора 26,4 процентных пункта, по организациям Российской академии наук — 23,2 процентных пункта, Российской академии образования — 25 процентных пунктов. В процессе данного сокращения численность докторантов в 2014 г. в академическом секторе уменьшилась относительно 2000 г. на 76,1 %, в том числе в Российской академии наук на 65 %, а в Российской академии образования на 75 %.

Сложившаяся ситуация с подготовкой докторантов определялась рядом факторов. Основное количество докторантов принималось научными организациями, не входящими в российские академии наук. В 2014 г. они составляли 97 % всех принятых на обучение в стране докторантов. Число принятых на обучение докторантов в научных организациях российских академий наук в анализируемом периоде не превышало 10 % от общей их численности, в том числе в организациях Российской академии наук — 6 %. При этом надо сказать, что речь идет о максимальных показателях, достигнутых научными организациями по приему в докторантуру в отдельные годы анализируемого периода. Что же касается сложившейся тенденции приема научными организациями обучающихся в докторантуру в период 2000–2014 гг., то наблюдалась тенденция снижения приема, причем снижение это в большей мере присуще научным организациям российских академий наук.

Так, если в целом по Российской Федерации прием в докторантуру за период с 2000 г. по 2013 г. сократился на 3,4 % (с 1637 до 1582 человек), то в организациях российских академий наук это сокращение составило 49,6 % (со 141 человека до 71 человека). Соответственно в научных организациях Российской академии наук — 32,9 % (с 85 до 57 человек), а в организациях Российской академии медицинских наук прием в докторантуру в рассматриваемом периоде уменьшился в 9 раз — с 27 до 3 человек.

Большие изменения в приеме в докторантуру отмечены в 2014 г. В частности, произошло резкое уменьшение приема обучающихся специалистов в докторантуру в стране — на 86,5 процентных пункта. Одновременно в организациях российских академий наук число принятых в докторантуру уменьшилось в 28 раз, что составляет 3,5 % относительно приема в докторантуру в 2000 г. Соответственно, в Российской академии наук прием в докторантуру в 2014 г. уменьшился по сравнению с 2000 г. в 17 раз — с 85 до 5 человек. В результате проведенных преобразований доля принятых обучающихся в докторантуру организациями академий наук в 2013 г. составила 4,5 % от общей их численности по стране, против 8,6 % в 2000 г., в том числе в Российской академии наук — 3,6 % против 5,2 % в 2000 г.

Важным направлением в подготовке специалистов высшей квалификации в докторантуре научных организаций являются качество подготовки и своевременность выпуска докторантов. В целом по стране в анализируемом периоде наблюдается рост выпуска окончивших докторантуру по сравнению с 2000 г. В 2014 г. он составил 8,6 %. По научным организациям, не входящим в российские академии наук, показатель был значительно выше — 16 %. Иная тенденция сложилась в научных организациях академического сектора. Так, в 2013 г. выпуск из докторантуры организаций академического сектора сократился относительно 2000 г. на

50,5 %, в Российской академии наук — на 25,5 %, Российской академии сельскохозяйственных наук — на 77,8 %, а Российской академии медицинских наук — на 81,8 %.

Одновременно увеличился в рассматриваемом периоде выпуск из докторантуры научных организаций, не входящих в российские академии наук. В 2014 г. он возрос относительно 2000 г. на 16 %.

Наиболее эффективным завершением обучения в докторантуре является окончание обучения с защитой докторской диссертации. В целом по Российской Федерации выпуск из докторантуры с защитой диссертации в рассматриваемом периоде возрастал с 2000 г. по 2005 г. Далее наметилась тенденция снижения и выпуск сократился в 2013 г. до 66,5 %. Снижение выпуска из докторантуры с защитой диссертации происходило и в научных организациях российских академий наук. При этом на первом этапе анализируемого периода с 2001 г. по 2007 г. общая тенденция снижения выпуска докторантов с защитой диссертации была неустойчивой и чередовалась с некоторым их увеличением. Однако в дальнейшем отмечалось только неуклонное сокращение числа выпускаемых из докторантуры с защитой диссертации.

Аналогично складывалась ситуация в научных организациях Российской академии наук, в которых до 2004 г. наблюдался рост выпуска из докторантуры с защитой диссертации, затем началось неустойчивое снижение. В результате в 2013 г. выпуск докторантов с защитой диссертации сократился в академических организациях до 30 % от уровня 2000 г., в Российской академии сельскохозяйственных наук — до 10 %, Российской академии медицинских наук — до 12,5 %, Российской академии образования — до 16,7 %. Наименьшее сокращение выпуска из докторантуры с защитой диссертации произошло в научных организациях, не входящих в российские академии наук.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что на протяжении рассматриваемого периода динамика основных показателей, характеризующих деятельность аспирантуры и докторантуры, была неустойчивой. В последнее время наметилась тенденция снижения значений ряда показателей подготовки кадров высшей квалификации в целом по Российской Федерации, например, таких, как, выпуск из аспирантуры и докторантуры с защитой диссертации, прием обучающихся специалистов аспирантуру и докторантуру, число организаций, осуществляющих подготовку докторантов и других.

Среди факторов, повлиявших на данную динамику, можно выделить общую тенденцию сокращения бюджетных мест в аспирантуре, закрытие диссертационных советов, проводимые преобразования, как в высшем профессиональном образовании, так и в академическом секторе науки.

В то же время необходимо учитывать тот факт, что специалисты высшей квалификации выполняют две важные функции. Во-первых, проводят исследования в рамках приоритетных направлений развития науки, технологий и техники. Во-вторых, готовят образованных специалистов, способных решать насущные задачи современной экономики. Таким образом, данная категория специалистов является тем ресурсом, без которого невозможно осуществить технологическую модернизацию российской экономики.

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполняемой ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (задание № 2.41.2016/НМ Минобрнауки России).

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об образовании в Российской Федерации».
2. Постановление Правительства РФ от 04.04.2014 № 267 «Об утверждении Положения о докторантуре».

3. Березина Е.В., Глисин Ф.Ф., Плужнова Н.А., Прохорова Л.В., Хабарова Т.В., Щепанский С.Б. Организации и персонал, выполняющие научные исследования и разработки // Информационно-статистический материал, ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, М. 2015, 115 с.

4. Березина Е.В., Глисин Ф.Ф., Кольцов А.В., Лебедев К.В., Плужнова Н.А., Прохорова Л.В., Федин А.В., Шамсутдинов Ю.А. Основные показатели развития научных организаций, входящих в систему государственных академий наук. Информационно-статистический материал. Вып. 1 // М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2016, 220 с.

References

1. *Federal'nyy zakon ot 29.12.2012 No. 273-FZ (red. ot 13.07.2015) «Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii»* [Federal law of 29.12.2012 No. 273-FL (as amended on 13.07.2015) «On education in the Russian Federation»].

2. *Instruktsiya po ekologicheskomu obosnovaniyu khozyaystvennoy i inoy deyatel'nosti. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 04.04.2014 No. 267 «Ob utverzhdenii Polozheniya o doktoranture»* [The decree of the Russian Federation Government dated 04.04.2014 No. 267 «On approval of the Regulations on doctoral studies»]. Moscow.

3. Berezina E.V., Glisin F.F., Pluginov N.A., Prokhorov L.V., Khabarova T.V., Szczepanski S.B. (2015) *Organizatsii i personal, vpolnyayushchie nauchnye issledovaniya i razrabotki* [Organizations and staff implementing research and development] *Informatsionno-statisticheskiy material, FGBNU NII RINKTsE* [Information and statistical material, SRI FRCEC], Moscow.

4. Berezina E.V., Glisin F.F., Koltsov A.V., Lebedev K.V., Pluginov N.A., Prokhorov L.V., Fedin V.A., Shamsutdinov A.Y. (2016) *Osnovnye pokazateli razvitiya nauchnykh organizatsiy, vkhodyashchikh v sistemu gosudarstvennykh akademiya nauk* [Main indicators of development of scientific organizations within the system of state academies of Sciences] *Informatsionno-statisticheskiy material FGBNU NII RINKTsE* [Information and statistical material SRI FRCEC]. Moscow. Issue 1, 220 p.

КОНКУРС 2016 ГОДА НА ПРАВО ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНТОВ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ МОЛОДЫХ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ – КАНДИДАТОВ НАУК И ДОКТОРОВ НАУК И СРЕДСТВ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ВЕДУЩИХ НАУЧНЫХ ШКОЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ

Б.В. Иванов, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, bivanov@extech.ru

С.В. Кристалинская, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, kris@extech.ru

Е.А. Гладышева, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, glad@extech.ru

В статье представлены результаты конкурса 2016 г. Проанализирована динамика распределения конкурсных заявок по годам, областям знаний, регионам и ведомствам. Рассматриваются вопросы оценки соответствия научных исследований направлениям национальной технологической инициативы (НТИ) и показателей публикационной активности соискателей.

Ключевые слова: гранты Президента Российской Федерации, конкурс, молодые российские ученые, кандидаты наук, доктора наук, информационное сопровождение, организационно-техническое обеспечение, НТИ, международные информационно-аналитические системы научного цитирования.

COMPETITION IN 2016 FOR THE GRANTS OF THE PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR STATE SUPPORT OF YOUNG RUSSIAN SCIENTISTS – DOCTORS AND PH.D-S AND FUNDS FOR STATE SUPPORT OF LEADING SCIENTIFIC SCHOOLS OF THE RUSSIAN FEDERATION. MODERN APPROACHES TO ORGANIZATION

B.V. Ivanov, Director of Centre, SRI FRCEC, bivanov@extech.ru

S.V. Krystalinskaya, Senior Researcher, SRI FRCEC, kris@extech.ru

E.A. Gladisheva, Senior Researcher, SRI FRCEC, glad@extech.ru

The article presents the results of the contest of 2016 and analyzes the dynamics of the distribution of bids by year, fields of study, regions and departments. The article deals with evaluation of compliance of scientific research directions of the national technology initiative (NTI) and indicators of publication activity of the candidates.

Keywords: grants of the President of the Russian Federation, the contest of young Russian scientists, candidates of Sciences, doctors of Sciences, information support, logistics, NTI, international information-analytical system of scientific citation.

В современном обществе наука и технологии становятся центральным элементом национального и глобального экономического развития. Вопрос управления наукой со стороны государства оказывается более острым, если в качестве основной цели ставится переход экономики на инновационное развитие, как это происходит в России сегодня. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. предполагает реорганизацию российской науки и ее превращение в инструмент экономического развития, чему безусловно способствует грантовая система поддержки научных исследований. Грант — это денежные средства, предоставляемые ученому или группе ученых на реализацию конкретного научно-исследовательского проекта. Важное место в грантовой системе поддержки

отечественной науки занимают гранты Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и средств для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации. Их выделение предусмотрено постановлением Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2005 г. № 260 «О мерах по государственной поддержке молодых российских ученых — кандидатов наук и докторов наук и ведущих научных школ Российской Федерации».

Государственная поддержка осуществляется за счет средств федерального бюджета, конкурсы проводятся ежегодно, организатором выступает Минобрнауки России, функции информационного сопровождения и организационно-технического обеспечения реализует ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ.

Информационное сопровождение конкурсов на право получения грантов Президента Российской Федерации предусматривает обеспечение федеральных органов исполнительной власти полной, достоверной и оперативной информацией о состоянии государственной поддержки молодых российских ученых Российской Федерации, которая формируется в результате проведения ежегодного мониторинга.

Конкурсы традиционно проводятся по номинациям: ведущие научные школы — «Конкурс НШ», кандидаты наук — «Конкурс МК», доктора наук — «Конкурс МД».

Конкурс ведущих научных школ проводится один раз в два года. Как видно из диаграммы на рис. 1, наблюдается устойчивая тенденция снижения количества участников конкурса, начиная с 2010 г. Так, в 2016 г. число коллективов—соискателей гранта по сравнению с 2010 г. уменьшилось на 40 %, а по сравнению с предыдущим конкурсом 2014 г. — на 10 %.

Всего по результатам шести конкурсов поддержку получили 1024 ВНШ. При этом 62 % научных коллективов возглавляют академики и член—корреспонденты государственных академий наук.

Указанная выше тенденция сокращения числа участников конкурса прежде всего объясняется тем обстоятельством, что в действующей системе финансирования научных исследований с начала 2010-х годов возникли новые и были усовершенствованы ранее существующие инструменты поддержки научных коллективов и их исследовательских проектов, которые по своему содержанию, объему и продолжительности существенно превосходят гранты ведущих научных школ в рамках рассматриваемых конкурсов.

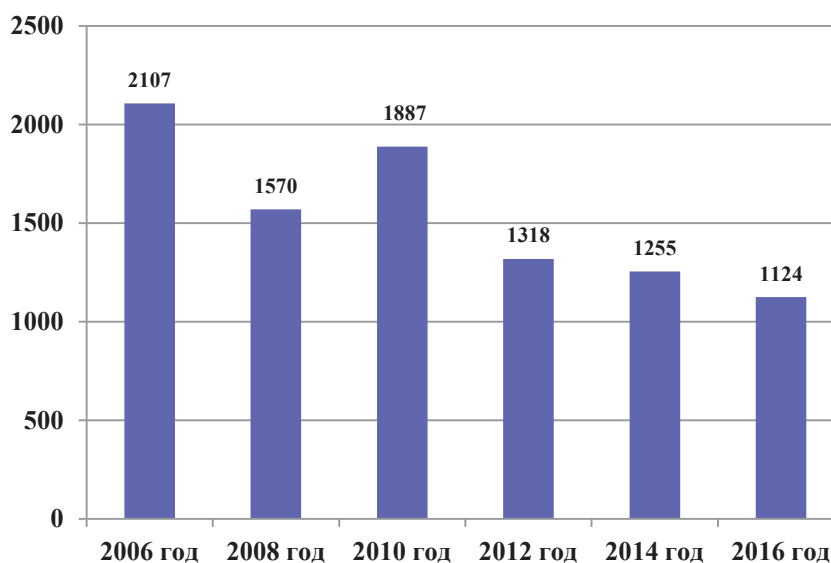


Рис. 1. Распределение количества участников конкурса ведущих научных школ по годам

Например, линейка грантов Российского научного фонда. Как показал сравнительный анализ, руководители 1/3 ведущих научных школ успешно участвуют в конкурсах данного фонда.

Отличительной особенностью 2016 г. стало и значительное сокращение общей конкурсной квоты: с 400 мест до 150. Распределение сокращенной квоты по областям знаний представлено в таблице.

Распределение квот по областям знаний в конкурсе ведущих научных школ

№	Область знаний	Квота
1	Математика и механика	18
2	Физика и астрономия	32
3	Химия, новые материалы и химические технологии	18
4	Биология и науки о жизни	15
5	Науки о Земле, экологии и рациональном природопользовании	15
6	Общественные и гуманитарные науки	8
7	Медицина	10
8	Технические и инженерные науки	23
9	Информационно-телекоммуникационные системы и технологии	6
10	Сельскохозяйственные науки	5
Всего		150

В настоящее время обсуждается вопрос о возможном прекращении государственной поддержки ведущих научных школ в рамках конкурсов грантов Президента Российской Федерации с отнесением высвободившихся средств на поддержку молодых российских ученых.

Наиболее многочисленным по числу участников остается конкурс молодых кандидатов наук. Количество ученых, подавших заявки на участие в конкурсе составило 2235 человек. Вместе с тем, сохраняется наметившаяся с 2010 г. тенденция снижения количества участников (лишь в 2014 г. количество конкурсантов выросло по сравнению с 2013 г. на 40 чел. или 1,5%).

Динамика распределения участников конкурсов молодых кандидатов наук по годам представлена в диаграмме на рис. 2.

Традиционно наибольшую активность в «Конкурсе МК–2016» проявили молодые российские ученые таких областей знаний, как «Общественные и гуманитарные науки» (570 участников) и «Технические и инженерные науки» (448 участников). Меньше всего участвовало молодых кандидатов наук в области знания «Сельскохозяйственные науки» (60 участников).

Анализ детализации в разрезе областей знаний по годам показывает, что количество участников «Конкурса МК–2016» по сравнению с предыдущим годом увеличилось в областях знаний «Физика и астрономия» и «Технические и инженерные науки» (на 14% и 1%, соответственно), а по остальным областям знаний снизилось.

Кроме того, в 2016 г. впервые принимались заявки по новой области знаний «Сельскохозяйственные науки», а выделение грантов по области знаний «Военные и специальные технологии» было прекращено.

Распределение участников конкурсов молодых кандидатов наук по областям знаний и годам представлено в диаграмме на рис. 3.

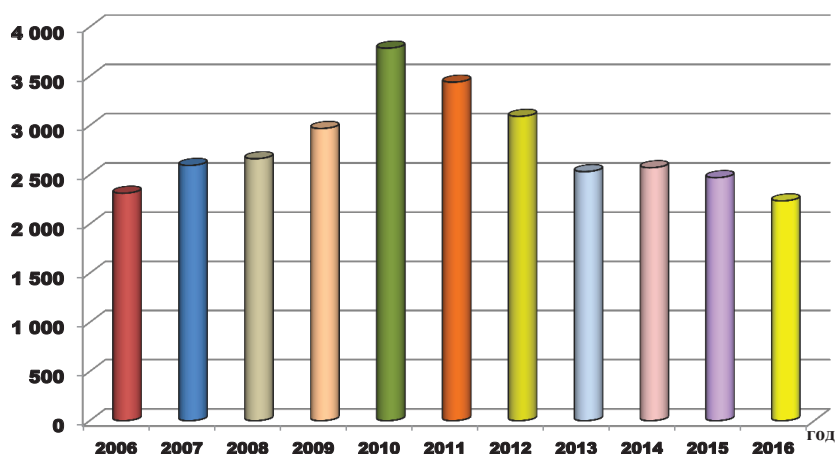


Рис. 2. Распределение количества участников конкурсов молодых кандидатов наук по годам

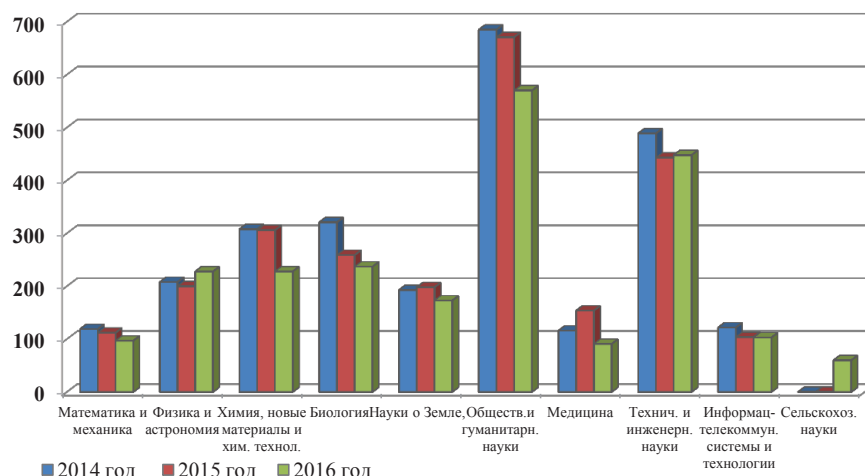


Рис. 3. Распределение участников конкурсов молодых кандидатов наук по областям знаний по годам

В аспекте распределения заявок по регионам безусловным лидером по количеству победителей «Конкурса МК–2016» является Москва (133 человека из 400). Значительное число победителей данного конкурса из Санкт–Петербурга и Новосибирской области (по 36 чел.) Далее по убыванию числа победителей регионы расположились следующим образом: Томская (21), Свердловская (19), Ростовская (13) и Нижегородская (10) области. Остальные 132 победителя конкурса представляют другие субъекты Российской Федерации.

Большой интерес представляет степень участия ведомств в «Конкурсе МК–2016». И по числу допущенных к конкурсу молодых ученых (1407 человек из 2235), и по количеству победителей (204 человека из 400) лидируют организации, подведомственные Минобрнауки России, далее с некоторым отрывом следуют организации, подведомственные ФАНО России (472 и 134 человека, соответственно).

По объективным причинам конкурс молодых докторов наук является немногочисленным по числу участников. Всего подали заявки 267 чел. Намечившаяся тенденция роста числа

участников в 2015 г. (количество соискателей по сравнению с 2014 г. выросло на 11%) не нашла своего продолжения в 2016 г.: участников вновь стало меньше (по сравнению с 2015 г. — на 12%).

Распределение участников конкурсов молодых докторов наук по годам представлено на рис. 4.

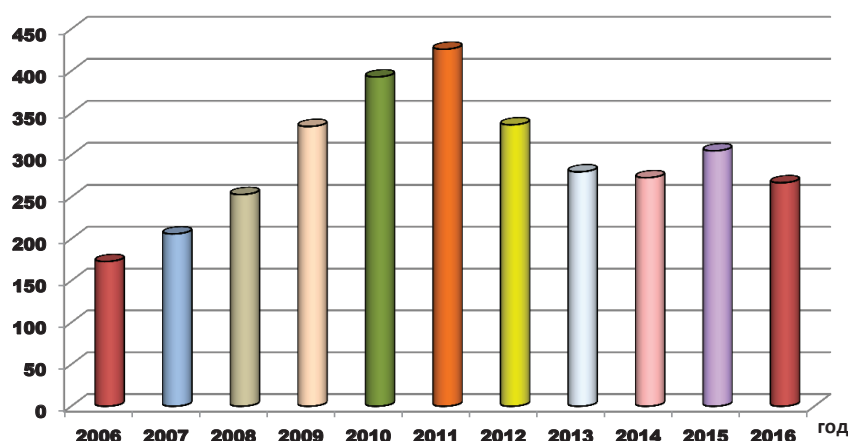


Рис. 4. Распределение участников конкурсов молодых докторов наук по годам

В части распределения участников в «Конкурсе МД–2016» по областям знаний ситуация аналогична «Конкурсу МК–2015»: наибольшее количество конкурсантов в областях знаний «Общественные и гуманитарные науки» и «Технические и инженерные науки», минимальное — «Сельскохозяйственные науки». Обобщенные сведения о распределении количества участников конкурсов молодых докторов наук по областям знаний и годам представлены на рис. 5.

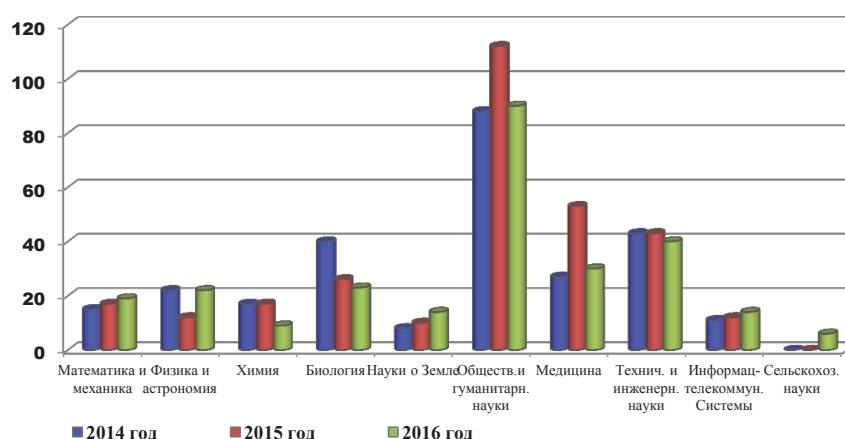


Рис. 5. Распределение участников конкурсов молодых докторов наук по областям знаний по годам

В части вопроса распределения победителей среди молодых докторов наук по регионам, то, как и в конкурсе молодых кандидатов наук, лидером стала Москва (15 чел. из 60). Следом по убыванию количества победителей конкурса расположились Санкт–Петербург и Томская об-

ласть (по 6 чел.), далее Саратовская область (4 чел.), Воронежская и Новосибирская области, Приморский край и Республика Татарстан (по 3 чел.). Остальные 17 победителей конкурса представляют другие субъекты Российской Федерации.

Статистика степени участия ведомств в «Конкурсе МД–2016» показывает, что абсолютные лидирующие позиции, как по количеству допущенных к конкурсу ученых, так и по количеству победителей, занимают организации, подведомственные Минобрнауки России (61 % и 48 %, соответственно). На втором месте – организации, подведомственные ФАНО России (14 % и 25 %, соответственно). Далее следуют организации, подведомственные Минздрав России (8 % и 15 %, соответственно) и МГУ имени М.В. Ломоносова (4 % и 7 %, соответственно).

Отличительной особенностью конкурсов 2016 г. стала экспертиза соответствия научного исследования, представляемого соискателями грантов, национальной технологической инициативе (НТИ).

Национальная технологическая инициатива определяет основные направления и механизмы научно–технологического развития страны на долгосрочную перспективу с учетом геополитических и социально–экономических условий. Ее цель – вырастить национальные компании на тех принципиально новых отраслевых рынках, которых сегодня не существует; основной инструмент реализации – система дорожных карт, включающих мероприятия:

- по созданию, развитию и продвижению передовых технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках;

- по поэтапному совершенствованию нормативной правовой базы с целью устранения барьеров для использования передовых технологических решений и создания системы стимулов для их внедрения;

- по совершенствованию системы образования для обеспечения перспективных кадровых потребностей динамично развивающихся компаний, научных и творческих коллективов, участвующих в создании новых глобальных рынков;

- по ежегодной актуализации с использованием методологии форсайта.

Матрица НТИ объединяет ключевые понятия: рынки, технологии, инфраструктура и институты. В качестве направлений выделяются два: группа «Рынки» и группа «Технологии». Именно относительно второй группы и рассматривались научные исследования соискателей грантов в конкурсах 2016 г.

Как видно из диаграммы на рис. 6, в конкурсе молодых кандидатов наук лидирующие позиции среди заявок участников занимают такие группы НТИ, как «Новые материалы» и «Цифровое проектирование и моделирование». Указанная тенденция сохраняется также в оценке заявок победителей.

Аналогичная картина наблюдается и в конкурсе молодых докторов наук (соответствующая диаграмма на рис. 7).

Обращает на себя внимание тот факт, что эксперты в отборе работ–победителей конкурсов 2016 г. учитывали, насколько тот или иной проект соответствует НТИ. Так, если среди работ участников конкурса кандидатов наук 44 % проектов (988 из 2 235) не соответствует ни одной из групп НТИ, то среди работ победителей – только 27 % (108 из 400). Та же тенденция и просматривается и у молодых докторов наук: 48 % (130 из 260) проектов участников и 35 % (21 из 60) проектов победителей не нашли своего соответствия ни одной из групп НТИ.

Актуальной задачей в проведении конкурсов 2016 г. продолжала оставаться оценка показателей публикационной активности соискателей грантов. Обобщенные данные о количестве публикаций в изданиях, индексируемых в международных информационно–аналитических системах научного цитирования Web of Science и Scopus представлены в диаграммах на рис. 8–9.

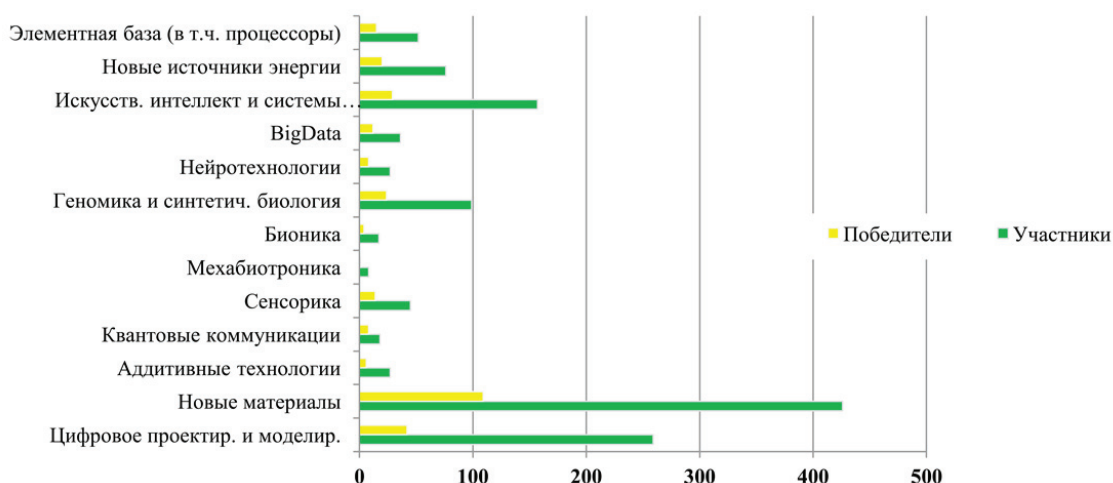


Рис. 6. Распределение участников конкурсов молодых кандидатов наук по НТИ

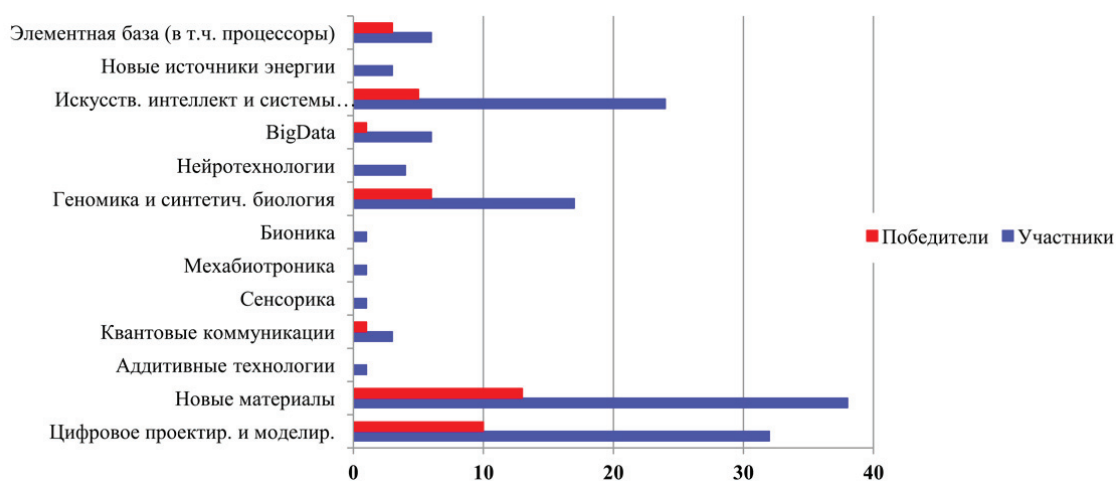


Рис. 7. Распределение участников конкурсов молодых докторов наук по НТИ

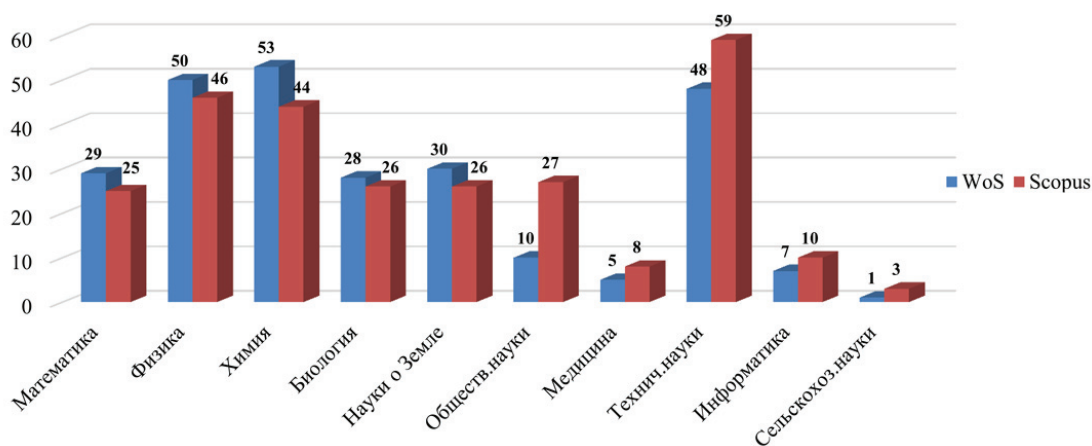


Рис. 8. Данные о количестве публикаций в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus, среди победителей конкурса молодых кандидатов наук по областям знаний

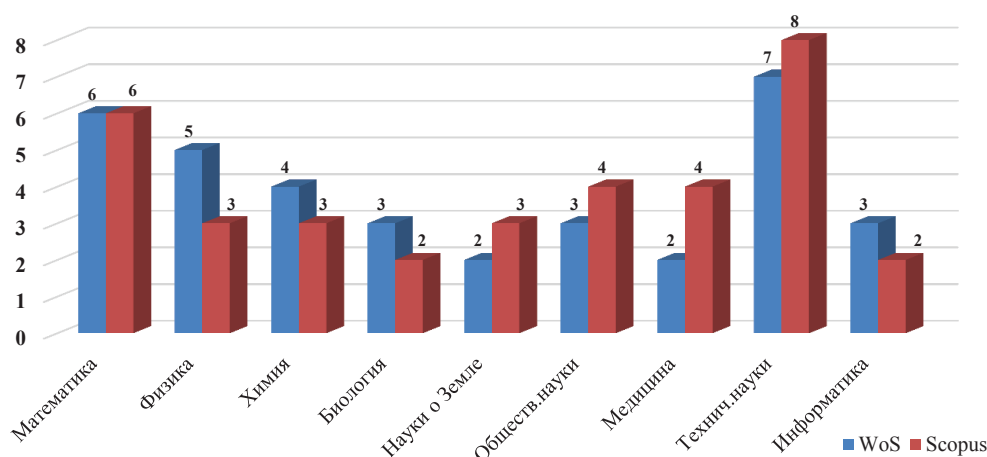


Рис. 9. Данные о количестве публикаций в изданиях, индексируемых WoS и Scopus, для победителей конкурса молодых докторов наук по областям знаний

В целом конкурсы 2016 г. проводились по следующим критериям:

- научный задел соискателя гранта, где оценивалось его участие в научных исследованиях, научные публикации со ссылками в WoS, в Scopus (монографии, учебники, учебные пособия, статьи, тезисы докладов), зарегистрированные объекты интеллектуальной собственности и общественное признание (премии, медали, дипломы и т.п.);
- научная значимость заявленного проекта;
- реальность достижения результатов, где оценивались предполагаемые результаты работы по публикации научных статей, созданию результатов интеллектуальной деятельности, участию в конференциях, школах—семинарах, выставках, симпозиумах в рамках реализации заявленного проекта.

Анализ представленных данных конкурсов 2016 г. свидетельствует о сохранении интереса российских ученых к такой форме государственной поддержки отечественной науки, как конкурсы на право получения грантов Президента Российской Федерации. Вместе с тем, от года к году просматривается уменьшение количества участников рассматриваемых конкурсов. При этом сохраняется устойчивая тенденция в распределении представляемых проектов по областям знаний, а также по представительству организаций, ведомств и регионов, представляющих грантополучателей.

Статья подготовлена по материалам работ, выполненных ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в рамках Государственного задания на 2016 год, проект 2.210.2016/НМ.

ПРОГРАММНО–ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ФИНАНСИРОВАНИЯ ПОЛУЧАТЕЛЕЙ СТИПЕНДИИ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ СВЕДЕНИЙ О НИХ

О.В. Фахурдинов, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, olegator@extech.ru

Д.А. Добрынин, инж.-прогр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, martencat@gmail.ru

А.Д. Шлапак, зам. нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, shura@extech.ru

В статье рассматривается процесс финансирования получателей стипендии Президента Российской Федерации, приводятся технические подробности процесса мониторинга изменений сведений о получателях стипендии, показывается необходимость унификации способов отбора стипендиатов и получения сведений о них и указываются способы ее достижения.

Ключевые слова: стипендия Президента Российской Федерации, информационная система, база данных, представление, финансирование, мониторинг изменений.

SOFTWARE AND TECHNICAL ASPECTS OF THE PROCESS OF FUNDING RECIPIENTS OF SCHOLARSHIPS OF THE PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION AND MONITORING CHANGES TO INFORMATION ABOUT THEM

O.V. Fahurdinov, Senior Researcher, SRI FRCEC, olegator@extech.ru

D.A. Dobrynin, Software Engineer, SRI FRCEC, martencat@gmail.ru

A.D. Shlapak, Deputy Director of Department, SRI FRCEC, shura@extech.ru

The article examines the process of financing the recipients of scholarships of the President of the Russian Federation, provides technical details of the process of monitoring changes in information about the recipients of the scholarship, the necessity of unifying the methods of selection of fellows and more information about them and identifies ways of its achievement.

Keywords: scholarship of the President of the Russian Federation, information system, database, performance, funding, monitoring changes.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно–исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно–консультационный центр экспертизы» (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ) осуществляет информационную поддержку деятельности Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ России. В рамках решения этой задачи разработана специализированная информационная система «Совет по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ» (сайт <http://grants.extech.ru>), на базе которой с 2003 г. осуществляется сбор заявочных документов, подготовка документов для финансирования, сбор финансовых и научных отчетов участников конкурса на получение гранта Президента Российской Федерации, проведение экспертизы заявочных и отчетных документов, подготовка различных статистических справок.

Кроме того, с 2012 г. проводится конкурсный отбор получателей стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации россий-

ской экономики. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ осуществляет организационно–техническое и информационное сопровождение всех этапов проведения этого конкурсного отбора.

Значительная разница в порядке и условиях проведения конкурсов на гранты и на стипендии Президента Российской Федерации потребовала разработки для конкурсного отбора стипендиатов отдельной подсистемы, тем не менее визуально и концептуально поддерживающей общие принципы работы с информационной системой.

Этапы конкурсного цикла на право получения стипендии Президента Российской Федерации в общем виде выглядят следующим образом:

- сбор заявок;
- экспертиза заявок и определение победителей;
- финансирование (включая непрерывное отслеживание изменений сведений о стипендиатах);
- сбор отчетности (ежеквартальное информационная письмо для стипендиатов из государственных организаций, ежегодный научный отчет для всех стипендиатов).

В рамках данной статьи остановимся на рассмотрении наиболее технически и организационно сложного этапа – обеспечении процедуры финансирования стипендиатов. На этом этапе решается множество различных задач, часть из которых выполняется однократно, а некоторые – требуют непрерывного выполнения.

По окончании процедуры экспертизы, проводимой в информационной системе, утверждается список победителей и в базе данных проставляется признак для соответствующих участников конкурса. За этим следует выпуск приказа о назначении стипендии.

Приказ содержит следующие сведения:

- группа, к которой относится организация, в которой учится или работает стипендиат (раздел приказа);
- наименование организации (подраздел приказа);
- ФИО стипендиата;
- категория стипендиата (молодой ученый или аспирант);
- срок получения стипендии.

Крайне важно сохранить эти сведения на момент формирования приказа, включая как точные наименования разделов и подразделов, так и порядок их следования, чтобы иметь возможность в дальнейшем точно восстановить в каком именно разделе, подразделе и на какой позиции находился стипендиат. Для этого в момент формирования приказа в базе данных фиксируются список и порядок следования разделов приказа и порядок следования организаций внутри раздела. Стипендиаты по каждой организации упорядочиваются в алфавитном порядке по ФИО. Последнее впоследствии хоть и может меняться, но легко восстанавливается по состоянию на момент выхода приказа, а поэтому не требует специального сохранения. Подобному же восстановлению сведений об организации мешает то, что изменения сведений об организации может затрагивать не только изменение ее названия, но и изменение ведомственной подчиненности; нередки и случаи объединения организаций.

Сведения о разделах и входящих в него организациях фиксируются в базе данных в момент формирования приказа о назначении стипендии соответственно в двух таблицах `prik_razdel` и `prik_org`, структура которых приведена в табл. 1 и 2.

Срок получения стипендии определяется исходя из заявленного срока выполнения программы и возраста стипендиата. Срок выполнения программы указывается заявителем и составляет от одного до трех лет. Возраст стипендиата не должен превышать 35 лет, поэтому выплата стипендии прекращается с первого числа месяца, следующего за тем, в котором стипендиат достигает указанного возраста. Выплата стипендии производится ежемесячно, поэтому в базе данных фиксируется не день начала и окончания выплаты стипендии, а лишь месяц и год.

Таблица 1

Структура таблицы *prik_razdel*, содержащей сведения о разделах приказа о назначении стипендии

Имя поля	Тип	Описание
id_razdel	INT(11) AUTO_INCREMENT	Первичный ключ (идентификатор раздела приказа)
year	YEAR	Год конкурса
IdEventPrikaz	INT(11)	Идентификатор приказа о назначении стипендии
name_razdel	VARCHAR(500)	Наименование раздела
num_razdel	VARCHAR(5)	Номер раздела (римские цифры)
num_razdel_arabic	INT(11)	Номер раздела (арабские цифры)
IdVedomstvo	INT(11)	Идентификатор ГРБС
date_add	DATE	Дата добавления раздела (для разделов добавленных в приказах о внесении изменений в приказ о назначении стипендии)

Таблица 2

Структура таблицы *prik_org*, содержащей сведения об организациях, входящих в соответствующий раздел приказа о назначении стипендии

Имя поля	Тип	Описание
id_prik_org	INT(11) AUTO_INCREMENT	Первичный ключ (идентификатор организации, входящей в приказ)
id_razdel	INT(11)	Идентификатор раздела приказа
id_org	INT(11)	Идентификатор организации в Хранилище организаций ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ
num	INT(11)	Порядковый номер организации в разделе
date_add_org	DATE	Дата добавления организаций (для организаций добавленных в приказах о внесении изменений в приказ о назначении стипендии)

Выплата стипендии может быть прекращена досрочно в ряде случаев, таких как невыполнение программы исследований и календарного плана или получение другой стипендии. Кроме того, выплата может быть приостановлена в случае убытия в зарубежную командировку или отпуска по беременности и родам, и возобновлена по их завершению. Указанные выше обстоятельства приводят к изменению срока получения стипендии. Может меняться и категория стипендиата в результате поступления в аспирантуру или при ее окончании.

Соответствующие изменения сведений о стипендиате фиксируются в базе данных, восстановление категории стипендиата и срока получения стипендии на любой момент времени не представляет особой сложности.

Процесс финансирования различается, в зависимости от того, в какой организации, в которой учится или работает стипендиат. Выделяются следующие группы организаций:

- подведомственные Минобрнауки России;
- подведомственные другим федеральным главным распределителям бюджетных средств (ГРБС);
- подведомственные региональным ГРБС;
- частные образовательные организации высшего образования и научные учреждения (негосударственные организации).

Наиболее сложен процесс финансирования стипендиатов из негосударственных организаций. С каждым таким стипендиатом требуется заключение трехстороннего договора о выплате стипендии между Минобрнауки России, организацией, в которой учится или работает стипендиат и самим стипендиатом. Помимо прочего, этот договор включает в себя банковские реквизиты счета стипендиата. Таким образом, финансирование осуществляется непосредственно на личный счет стипендиата. Во всех остальных случаях финансирование производится на счет организации или ГРБС, которые осуществляют дальнейший их перевод стипендиату. Кроме того, стипендиаты из негосударственных организаций обязаны ежеквартально предоставлять информационное письмо о выполнении программы и календарного плана научных исследований с указанием актуальных реквизитов получателя стипендии. В случае непредставления информационного письма выплата стипендии прекращается.

Помимо указанных выше групп организаций как на этапе выпуска приказа о назначении стипендии, так и в дальнейшем требуется выдача различного рода сведений и в других разрезах. Для удобства формирования соответствующих запросов (как в скриптах, так и при непосредственном обращении к базе данных) выделено несколько типовых элементов для упрощения отбора организаций и унификации их категоризации. Перечень элементов приведен в табл. 3.

Таблица 3

Элементы категоризации организаций

Символьный код	Способ отбора (язык структурированных запросов – SQL)	Описание
gos	(Org.OKFS = 11 OR Org.OKFS = 12 OR Org.OKFS = 13) AND (Org.OKOPF!='12247' AND Org.OKOPF!='12267' AND Org.OKOPF!='12200'))	государственная
neGos	((Org.OKFS != 11 AND Org.OKFS != 12 AND Org.OKFS != 13) OR Org.OKOPF='12247' OR Org.OKOPF='12267' OR Org.OKOPF='12200'))	негосударственная
minobr	(Org.IdVedomstvo = '16')	подведомственная Минобрнауки России
otherGrbs	(Org.IdVedomstvo != '16' AND Org.IdVedomstvo > 0)	подведомственная другому ГРБС
vuz	(Org.isVuz = '1')	вуз
nevuz	(Org.isVuz = '0' OR Org.isVuz IS NULL)	не вуз
autonom	(Org.OKOPF = '20901' OR Org.OKOPF = '75101' OR Org.OKOPF = '75201')	автономная
budget	(Org.OKOPF = '20903' OR Org.OKOPF = '20907' OR Org.OKOPF = '75103' OR Org.OKOPF = '75203')	бюджетная
fgup	(Org.OKOPF = '65200' OR Org.OKOPF = '65241' OR Org.OKOPF = '65242')	ФГУП
commercial	(Org.OKOPF>10000 AND Org.OKOPF<20000)	коммерческая
nonCommercial	((Org.OKOPF>20000 AND Org.OKOPF<30000) OR (Org.OKOPF>=40000 AND Org.OKOPF<50000) OR (Org.OKOPF>=70000))	некоммерческая
fed	(IdUroven= 'F')	федерального уровня
reg	(IdUroven= 'R')	регионального уровня

Как видно, в большинстве случаев для отнесения организации к той или иной категории используются коды ОКФС и ОКОПФ, в некоторых случаях (вуз, уровень ГРБС) – применяются собственные признаки Хранилища организаций ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Эти элементы могут применяться как поодиночке, так и совместно. Так, например, комбинация элементов *minobr*, *vuz* и *autonom* позволяет отобрать подведомственные Минобрнауки России автономные вузы.

После выпуска приказа о назначении стипендии производится непрерывный мониторинг изменений сведений о стипендиатах, с целью внесения этих изменений в изначальный приказ, и, главным образом, своевременного прекращения, приостановки и возобновления выплаты стипендии в предусмотренных порядком финансирования случаях. Кроме того, в случаях изменения организации, в которой учится или работает стипендиат, так же необходимо учесть эти изменения для произведения корректных выплат.

Изменения данных стипендиатов делятся на две большие группы:

- касающиеся личных данных стипендиата;
- касающиеся наименования организации.

В первую группу входят изменения категории стипендиата (молодой ученый или аспирант), изменения фамилии, а также различные изменения, приводящие к прекращению, приостановке и возобновлению выплаты стипендии. Отслеживать изменения касающиеся личных данных стипендиата самостоятельно ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ не имеет возможности, обязанности сообщать о всех изменениях личных данных, влияющих на сроки и порядок выплаты стипендии, возлагается на куратора стипендиата. В табл. 4 представлены все виды изменений, о которых на данный момент требуется сообщать стипендиату. Отметим, что в дальнейшем этот список может быть скорректирован (что неоднократно происходило за время проведения существования информационной системы).

Таблица 4

Виды изменений, касающиеся личных данных стипендиата

Вид уведомления	Кто может подать (аспирант / молодой ученый)	Дополнительные изменения в данные стипендиата в соответствии с уведомлением	Список подтверждающих документов
Прекращение выплаты стипендии			
Отчисление из аспирантуры за неуспеваемость	аспирант	—	Скан-копия приказа об отчислении из аспирантуры
Отчисление из аспирантуры по собственному желанию	аспирант	—	Скан-копия приказа об отчислении из аспирантуры
Получение стипендии Президента Российской Федерации студентам ... обучающимся по направлениям подготовки (специальностям), соответствующим приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики	аспирант	—	Скан-копия выписки из приказа о присуждении стипендии, заверенная в отделе кадров организации
Получение стипендии Правительства Российской Федерации для студентов ..., обучающихся по ... программам, соответствующим приоритетным направлениям модернизации и технологического развития экономики России	аспирант	—	Скан-копия выписки из приказа о присуждении стипендии, заверенная в отделе кадров организации

Продолжение таблицы 4

Прекращение выплаты стипендии			
Отчисление из аспирантуры за неуспеваемость	аспирант	—	Скан-копия приказа об отчислении из аспирантуры
Отчисление из аспирантуры по собственному желанию	аспирант	—	Скан-копия приказа об отчислении из аспирантуры
Получение стипендии Президента Российской Федерации студентам ... обучающимся по направлениям подготовки (специальностям), соответствующим приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики	аспирант	—	Скан-копия выписки из приказа о присуждении стипендии, заверенная в отделе кадров организации
Получение стипендии Правительства Российской Федерации для студентов ..., обучающихся по ... программам, соответствующим приоритетным направлениям модернизации и технологического развития экономики России	аспирант	—	Скан-копия выписки из приказа о присуждении стипендии, заверенная в отделе кадров организации
Плановое окончание срока обучения в аспирантуре и прекращение работы над программой	аспирант	—	Скан-копия приказа об окончании аспирантуры
Досрочное завершение аспирантуры и прекращение работы над программой	аспирант	Дата окончания аспирантуры	Скан-копия приказа об окончании аспирантуры
Увольнение из организации	молодой ученый	—	Скан-копия приказа об увольнении
Невыполнение программы и календарного плана	аспирант/ молодой ученый	—	—
Приостановка/возобновление выплаты стипендии			
Убытие в зарубежную командировку (стажировку) на срок свыше 1 года	аспирант/ молодой ученый	—	Скан-копия приказа (выписки из приказа) об убытии в зарубежную командировку (стажировку)
Отпуск по беременности и родам	аспирант/ молодой ученый	—	Скан-копия приказа (выписки из приказа) о предоставлении отпуска по беременности и родам
Завершение зарубежной командировки (стажировки)	аспирант/ молодой ученый	—	—
Завершение отпуска по беременности и родам	аспирант/ молодой ученый	—	—
Смена фамилии			
Заключение брака	аспирант/ молодой ученый	Склонения ФИО	Скан-копия свидетельства о заключении брака
Расторжение брака	аспирант/ молодой ученый	Склонения ФИО	Скан-копия свидетельства о расторжении брака

Окончание таблицы 4

Смена категории (аспирант / молодой ученый)			
Поступление в аспирантуру	молодой ученый	Дата поступления в аспирантуру; Дата окончания аспирантуры	Скан-копия приказа (выписки из приказа) о зачислении в аспирантуру
Отчисление из аспирантуры и продолжение работы над программой на научной должности	аспирант	Должность в организации	Скан-копия выписки из приказа о принятии на научную должность или трудовой книжки с записью об оформлении
Плановое окончание срока обучения в аспирантуре и продолжение работы над программой на научной должности	аспирант	Должность в организации	Скан-копия выписки из приказа о принятии на научную должность или трудовой книжки с записью об оформлении. Скан-копия приказа об окончании аспирантуры
Досрочное завершение аспирантуры и продолжение работы над программой на научной должности	аспирант	Должность в организации. Дата окончания аспирантуры	Скан-копия выписки из приказа о принятии на научную должность или трудовой книжки с записью об оформлении. Скан-копия приказа об окончании аспирантуры
Прочие изменения			
Продление срока обучения в аспирантуре	аспирант	Дата окончания аспирантуры	Скан-копия приказа о продлении аспирантуры

Для каждого стипендиата в организации, в которой он учится или работает, назначается куратор, который обязан подавать уведомления об изменении данных стипендиата. К уведомлению прилагается комплект подтверждающих документов в электронном виде, а само уведомление (распечатанное на бланке организации, с обязательным присвоением исходящего номера), кроме того, представляется в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в бумажном виде. Лишь после получения бумажного подтверждения изменения вносятся в базу данных. На рис. 1 представлена строка таблицы изменений данных стипендиата рабочего кабинета администратора информационной системы. Стипендиат на своей персональной странице видит все поданные куратором уведомления об изменении его данных, но не может редактировать их (равно как и не может самостоятельно подать уведомление об изменении собственных данных).

Отслеживанием изменения данных организаций занимается непосредственно ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Основными источниками сведений об изменении данных организаций является Хранилище организаций, агрегирующее сведения из всех информационных систем, поддерживаемых институтом, и данные, предоставляемые Минобрнауки России. Кроме того, стипендиат или его куратор имеют возможность передать сведения об изменении данных организации через форму обратной связи.

Любое изменение данных влечет за собой необходимость внесения изменений в исходный приказ о назначении стипендии. Подобные изменения реализуются путем выпуска соответствующего приказа о внесении изменений в приказ о назначении стипендии.

Крайне важным при процессе финансирования является возможность получить текущие сведения о сроках и сумме выплаты стипендий с учетом всех изменений, причем как в рамках одного года, так и в рамках всех лет выплаты стипендии и в то же время получить сведения о том, какие сроки заявлены в изначальном приказе. Напрямую получить эту информацию из таблиц базы данных невозможно по следующим причинам:

- сведения в таблице заявок на участие в конкурсе отражают текущую ситуацию по сроку окончания выплаты стипендии, но не ту, что была в изначальном приказе;
- сумма стипендии меняется, в том числе и для уже получающих ее, а не только для новых победителей;
- возможны приостановки выплаты стипендии на срок до одного года.

Логин	Значения	Причина изменения	Основание	Подтверждение
СП-9876.2016.4 Иванов Пётр Сергеевич федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» перейти на страницу пользователя	аспирант ↓ молодой учёный	Плановое окончание срока обучения в аспирантуре и продолжение работы над программой на научной должности	Дата окончания аспирантуры: 01.07.2016 Приказ об окончании аспирантуры: №2102-ЛС от 29.06.2016 Дата принятия на научную должность: 10.03.2016 Приказ о принятии на научную должность: №18-03-1-976 от 02.03.2016 Научная должность: Младший научный сотрудник Наименование структурного подразделения организации, в которое принят на научную должность: лаборатория внесинаптической передачи НИИ Нейронаук Скан-копия выписки из приказа о принятии на научную должность или трудовой книжки с записью об оформлении Скан-копия приказа об окончании аспирантуры Скан-копия уведомления	Дата запроса: 19.07.2016 Подтверждение:  изменить 08.08.2016 Изменения в базу данных: 08.08.2016 Отменить изменения в бд: отменить Номер письма: 194/09.01.04-37 изменить Дата письма: 20.07.2016  сбросить дату

Рис. 1. Работа с уведомлением об изменении сведений о стипендиате

Изначально каждый скрипт информационной системы, предполагающий вывод каких-либо параметров финансирования стипендиатов, включал расчет сумм и сроков непосредственно в своем коде. Такой подход, однако, может привести к несогласованности и ошибкам в случае появления новых причин для изменения параметров финансирования (например, нового вида изменений, связанного с прекращением выплаты стипендии). Для исключения подобного рода ошибок разработана система представлений и таблиц-справочников в базе данных, осуществляющих расчет параметров финансирования стипендиатов. Каждый скрипт, таким образом, не производит никаких вычислений, а обращается к единому централизованному хранилищу этих сведений. Схема разработанных представлений и взаимосвязи их между собой приведена на рис. 2.

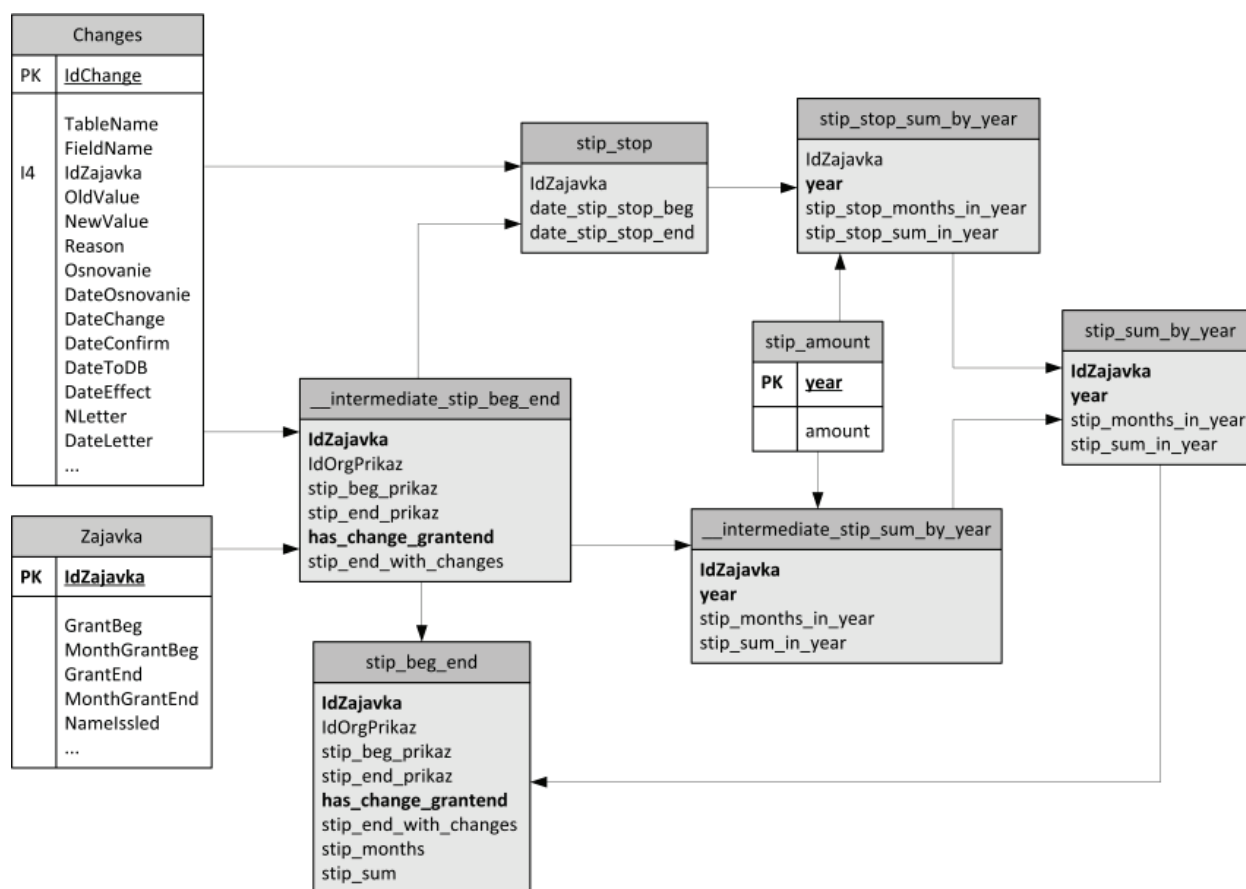


Рис. 2. Схема представлений в базе данных для получения сведений о финансировании

Основными таблицами, предоставляющими информацию для представлений, являются таблица *Zajavka*, содержащая основные сведения о заявке на участие в конкурсе на право получения стипендии, включая сведения о текущих сроках начала и окончания получения стипендии и таблица *Changes*, в которой хранятся сведения о поданных уведомлениях на изменение данных стипендиатов. Кроме того, в качестве исходной таблицы используется справочник *stip_amount*, содержащий сведения о размере стипендии в каждом году. На основании данных этих таблиц с использованием двух промежуточных вспомогательных представлений формируются следующие основные представления:

- *stip_stop* – даты приостановки выплаты стипендии;
- *stip_stop_sum_by_year* – количество месяцев и сумма приостановки выплаты стипендии по годам;
- *stip_sum_by_year* – количество месяцев и сумма выплаты стипендии по годам;
- *stip_beg_end* – текущие (с учетом изменений) и изначальные (по приказу о назначении стипендии) сроки выплаты стипендии, текущее общее число месяцев и сумма выплаты стипендии (за весь срок выплат).

Помимо получения сведений о статусе стипендиатов и сроках выплаты стипендии на заданный момент времени, так же требуется отслеживать и динамику происходящих изменений. Для этого в информационной системе разработан ряд инструментов.

Одним из таких инструментов является форма «Приказы о внесении изменений», отражающая изменения состава и статуса стипендиатов после выхода приказа о внесении изменений в

приказ о назначении стипендии. Вместе с тем, форма учитывает все виды изменений как личных данных стипендиата, так и организации, в которой он учится или работает, а также позволяет формировать текст приказа о внесении изменений в приказ о назначении стипендии и его экспорт в текстовый документ формата doc, согласованный по оформлению, структуре и содержанию с Минобрнауки России. Сведения о вхождении стипендиатов в тот или иной приказ о внесении изменений используются также в различных других формах, поэтому для обеспечения согласованности этих сведений и исключения дублирования данных в системе разработан специальный скрипт, формирующий массивы стипендиатов на каждой, так называемой, «точке» — моменте, соответствующем выходу приказа о назначении стипендии или приказа о внесении изменений в него. Массив включает в себя сведения о каждом стипендиате из начального приказа о назначении стипендии с указанием его текущего статуса и текущих сведений о нем, а также о произошедших изменениях с предыдущей «точки».

Кроме того, разработана специальная форма, отражающая ежемесячное изменение количества стипендиатов. В этом случае учитываются только изменения срока выплаты стипендии (приостановка, возобновление, прекращение выплаты), изменения категории аспирант/молодой ученый, фамилии стипендиата, названия организации, очевидно, не влияют на суммы и срок выплат, ее фрагмент приведен на рис. 3.

Месяц	Конкурс 2015-2017 (приказ 184)	Конкурс 2016-2018 (приказ 375)	Сумма выплат, тыс.руб.
1.2016	571 прекращена выплата: <i>СП-295.2015.2</i> по сроку программы <i>СП-1068.2015.1</i> по сроку программы <i>СП-1459.2015.1</i> по сроку программы <i>СП-1979.2015.4</i> по сроку программы <i>изм СП-2494.2015.5</i> подтв: 12.01.2016 приостановка <i>СП-2963.2015.1</i> по сроку программы	416	22777.2
2.2016	571	414 прекращена выплата: <i>изм СП-1073.2016.5</i> подтв: 18.04.2016 <i>изм СП-3395.2016.5</i> сформ: 17.03.2016 приостановка	22731.6
3.2016	570 прекращена выплата: <i>СП-2541.2015.4</i> достижение 35 лет	414	22708.8
4.2016	567 прекращена выплата: <i>СП-171.2015.2</i> достижение 35 лет <i>СП-1408.2015.1</i> достижение 35 лет <i>изм СП-2328.2015.2</i> подтв: 15.04.2016	414	22640.4

Рис. 3. Фрагмент формы помесечного финансирования стипендиатов

Таким образом, разработанные средства информационной системы позволяют решать полный спектр задач, возникающих в процессе финансирования стипендиатов, включая:

- формирование приказа о назначении стипендии;
- заключение договоров и дополнительных соглашений между стипендиатом, организацией, в которой он учится или работает и Минобрнауки России;

- формирование распределений стипендиатов по различным признакам (ГРБС, организация, регион, вузы или научные организации, бюджетные или автономные и т. п.);
- формирование помесечного числа и сумм финансирования стипендиатов;
- мониторинг изменений в данных стипендиата и организации, в которой он учится или работает;
- формирование приказов о внесении изменений в приказ о назначении стипендии.

Большое число задач, возникающих в процессе финансирования стипендиатов, потребовало унификации способов получения сведений, что успешно реализовано путем выделения типовых элементов категоризации организации, разработки представлений в базе данных для получения сведений о финансировании стипендиатов, формирования массивов сведений о стипендиатах на различных «точках» финансирования.

За четыре года, прошедшие с момента запуска информационной системы в 2012 г., с ее помощью подготовлены пять проектов приказа Минобрнауки России о назначении стипендии, общее число стипендиатов составляет более 2000 чел. Подготовлены 20 проектов приказа Минобрнауки России о внесении изменений в приказ о назначении стипендии, в которых отражены более 400 изменений личных данных стипендиатов и около 100 изменений данных организаций, в которых учатся или работают стипендиаты.

Статья подготовлена по материалам работ, выполненных ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в рамках Государственного контракта от 13 февраля 2015 г. № 14.183.11.0001.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ КРУПНЫХ МОРСКИХ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В РОССИЙСКОЙ ПРИБАЛТИКЕ

В.М. Питулько, зам. дир. ФГБНУ Научно-исследовательский Центр Экологической Безопасности, проф., д-р геол.-мин. наук, pitulko@rambler.ru

Р.Р. Илющенко, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, renaldi@extech.ru

В статье представлен обзор экологических аспектов крупномасштабных проектов в акватории и на берегах Российской Прибалтики. Выполнен анализ геоэкологических оценок и прогноза развития береговой зоны и показано, что решение проблем стратегического управления рисками и предупреждения кризисных явлений в регионе должно иметь принципиально новую научную основу — обеспечение экологической безопасности при сооружении и эксплуатации морских природно-хозяйственных систем. Сформулированы экологические требования к проектированию и эксплуатации морских природно-хозяйственных объектов, способствующие повышению рациональности морехозяйственного природопользования и совершенствованию экспертных оценок проектных решений.

Ключевые слова: рациональное природопользование, экологическая безопасность, морские природно-хозяйственные системы, Российская Прибалтика, береговая зона, экологический риск, управление качеством окружающей среды.

ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF LARGE MARINE NATURAL AND ECONOMIC SYSTEMS IN THE RUSSIAN BALTIC

V.M. Pitulko, Deputy Director, Research Center of Ecological Safety, Ph.D. of Geology and Mineralogy, pitulko@rambler.ru

R.R. Ilyushchenko, Head of Department, SRI FRCEC, renaldi@extech.ru

The analysis of geo-ecological assessment and forecast of development of the coastal zone was done, and it is shown that the solution of problems of strategic risk management and prevention of crises in the region must have a fundamentally new scientific basis — to ensure environmental safety in the construction and operation of offshore natural and economic systems. The article presents an in-depth review of the environmental aspects of large-scale projects in the waters and on the shores of the Russian Baltic. Some environmental requirements were formulated for the design and operation of offshore natural-economic projects that improve the marine economic rationality and improvement of expert assessments of technological solutions.

Keywords: environmental management, environmental safety, marine natural and economic systems, the Russian Baltic, the coastal zone, environmental risk, rational use of nature resources.

Морская деятельность играет важную роль в экономической и социальной жизни России, издавна утвердившей себя как крупная морская держава. Использование потенциала морехозяйственного комплекса дает прибрежным регионам значительное конкурентное преимущество. Применительно к Российской Прибалтике эти аспекты традиционно оказываются в центре геополитических интересов многих стран Евросоюза, а исследование проблемы функционирования морских природно-хозяйственных систем в СЗФО РФ и возникающих при этом экологических рисков являются чрезвычайно актуальными в свете придания международным сообществом Балтийскому морю статуса уязвимой экосистемы и осуществле-

ния комплекса мероприятий Плана действий по защите его от загрязнения и биологической деградации. Согласованная национальная политика необходима для стратегического планирования развития приморских регионов, которое должно обеспечить потребности морской деятельности в береговой инфраструктуре и экологическую безопасность морехозяйственных объектов, включая защиту от «эха войны» [1, 5, 8 и др.].

Особенности морских природно-хозяйственных систем

Природно-хозяйственные системы (ПХС) являются особой разновидностью геосистем, сформированных при взаимодействии общества и природы. Природные и техногенные элементы в ПХС взаимодействуют между собой и функционируют как единая система. ПХС изучаются геоэкологией — естественно-научным направлением, включающим анализ влияния последствий производственных процессов на экосистемы различного уровня.

ПХС объединяют в две большие группы. К первой относятся системы, осуществляющие деградацию и дестабилизацию окружающей среды, ко второй — системы, защищающие, восстанавливающие или очищающие компоненты биосферы. Часто ПХС второй группы или их функциональные аналоги представлены природными компонентами (санитарно-защитные зоны, водоемы-охладители, накопители, подводные, наземные и подземные хранилища отходов и продукции, дренажные загрузки, фильтры и т. п.).

Природно-хозяйственные системы, расположенные в прибрежной зоне моря, принято называть морскими ПХС или морехозяйственными комплексами. Несомненно, морские ПХС относятся к первой из упомянутых выше групп. В их структуре для выполнения ими хозяйственных функций неперенным элементом является морская водная толща, обеспечивающая работу транспортных средств, рассеяние выбросов и сбросов вредных веществ, добычу строительных материалов и биоресурсов, размещение отходов.

Морские ПХС и прибрежные территории издавна привлекали внимание многих исследователей в геополитическом, экономическом и экологическом контекстах [7, 8, 10]. Именно в этих системах проявляется наибольшая активность по трансформации вещества и энергии. За счет наличия технического (технологического) «ядра» все морские ПХС являются источниками экологической опасности.

Эффективное стратегическое управление, в том числе морскими ПХС, может быть обеспечено только при условии согласования целей, реализуемых на различных уровнях планирования [2, 6, 10]. При этом отсутствие вертикальной интеграции приводит к диспропорциям в развитии. Россия остается одним из немногих крупных прибрежных государств, не имеющих четко сформулированной и законодательно оформленной политики в сфере управления прибрежной зоной, точные пределы которой по-разному определяются правовыми нормами на национальном и международном уровнях. Большинство проблем, возникающих при использовании морских побережий России, связано именно с тем, что прибрежная зона не рассматривается как целостный объект государственного управления [3, 4 и др.].

Экологическое сопровождение проектов — как метод обеспечения экологической безопасности морских ПХС

По материалам научно-технической и государственной экологической экспертизы проектов создания портовых ПХС в Российской Прибалтике [1, 3, 9] рассмотрим, как решены в них вопросы обеспечения экологической безопасности.

Требования к экологическому сопровождению крупных инвестиционных проектов в явной форме в отечественном законодательстве не сформулированы. Вероятно, они являются избыточными по отношению к экологическим требованиям Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». В хозяйственной практике обычно понимается, что такое сопровождение состоит в грамотном исполнении нормативно-законодательных экологических ограничений по воздействию проекта на экосистемы, т. е. кор-

ректно выполненное экологическое проектирование и есть его экологическое сопровождение, контролируемое в рамках мониторинговой программы объекта (ПЭК и ЛЭК)¹.

Предполагается, что в целом эту функцию выполняют инженерно-экологические изыскания, материалы ОВОС² и природозащитные мероприятия, обосновывающие хозяйственный проект, а также производственный экологический контроль и локальный экологический мониторинг, проводимый компанией-оператором при создании и эксплуатации объекта. Большинство практиков полагает также, что все вопросы регулируются ЕГСЭМ³, концепция и системный проект которой был предложен в 1993 г. и просуществовал до 2003 г. Постановлением правительства Российской Федерации от 31 марта 2003 г. № 177 было введено в действие Положение об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга) – ГЭМОС, представляющего собой комплексную систему наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза ее изменений под воздействием природных и антропогенных факторов. Реально экологическое сопровождение крупных проектов по-прежнему заложено в их ОВОС и программах производственного экологического контроля.

Понятие «экологическое сопровождение» хозяйственного проекта возникло 5–7 назад, когда в отечественном законодательстве произошел ряд изменений в части объектов экологического проектирования и государственной экологической экспертизы (Федеральный Закон от 18 декабря 2006 г. № 232-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации»)⁴.

В настоящее время Россия вступила в эпоху реализации крупных инфраструктурных проектов, которые неминуемо окажут колоссальное влияние на очень большие территории, в том числе и в пределах Российской Прибалтики. В связи с этим следует ожидать дальнейшего ухудшения состояния окружающей среды во всех районах, где ведется соответствующее строительство. Причем это ухудшение всегда будет существенным, а то и катастрофическим. Именно в этом контексте и возникло новое понимание «экологического сопровождения» проектов, как необходимости выполнять дополнительные экологические исследования, чтобы повысить эффективность контроля, действенность мероприятий по охране окружающей среды, снизить экологические риски и ущербы. В то же время нельзя рассматривать эту деятельность как самостоятельный вид экологических работ, речь идет лишь о дополнительном информационном обеспечении проекта [8, 11].

В настоящее время в стране образованы так называемые СРО⁵, курирующие хозяйственную деятельность в различных сферах, в том числе и в сфере экологического проектирования. Работать на рынке экологических услуг могут только действительные члены СРО, которым предоставляется допуск к работам, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства. Эти допуски заменили лицензии Госстроя России на проектирование, проведение инженерно-экологических изысканий, ОВОС, разработку природозащитных мероприятий. Необходимо признать, что на сегодняшний день экологическое проектирование морских ПХС нуждается в формировании специализированных «морских» СРО.

¹ ПЭК – производственный экологический контроль; ЛЭК – локальный экологический мониторинг.

² ОВОС – Оценка воздействия на окружающую среду.

³ ЕГСЭМ – Единая государственная система экологического мониторинга.

⁴ Согласно 232-ФЗ с 1 января 2007 г. ГЭЭ для подавляющего большинства объектов строительства практически ликвидирована, оказавшись введенной в состав государственной экспертизы. Ее отсутствие может привести к тому, что через несколько лет под угрозой окажется экологическая безопасность страны.

⁵ СРО – саморегулируемая организация.

Инструменты обеспечения экологической безопасности при проектировании морских ПХС

Важное место в российской системе экологической оценки занимает понятие экологического обоснования, определяемое в «Инструкции...» [2]. До 2000 г. лишь эта инструкция определяла требования к материалам ОВОС, которые должны присутствовать в составе документации, представляемой на экологическую экспертизу. Экологическое обоснование рассматривается как «совокупность доводов и прогнозов» и определяет лишь его содержание, не устанавливая требований к процедуре и методике его подготовки, порядку документирования.

«Положение об оценке воздействия» [6] 2000 г. говорит об ОВОС как о «процессе, способствующем принятию экологически ориентированного управленческого решения». Особое значение приобретают оценки экологического риска и прогнозирование изменений компонентов окружающей среды. Разработка ОВОС транспортных и добывающих проектов обладает специфической особенностью — необходимостью исследования техногенных геодинамических и литодинамических последствий при обустройстве инфраструктуры морских ПХС, включая проседание морского дна, что требует соответствующей ориентировки проектируемой рациональной системы производственно-экологического мониторинга.

При разработке ОВОС морских ПХС главной задачей является учет альтернативного хозяйственного использования территории (акватории) — пользование биоресурсами, транспортная составляющая, рыболовство, интересы традиционного природопользования коренного населения. Мировой опыт и практика применения современных экологических требований в таких странах как Канада, Норвегия, Дания, Великобритания, обосновывают вывод о возможности баланса интересов на шельфе этих видов хозяйственной деятельности (в первую очередь совместного развития рыбной и транспортной отраслей).

Проекты крупных морских ПХС реализуются в течение порядка 10 лет, и на всем протяжении их жизненного цикла должен неукоснительно соблюдаться принцип «нулевого сброса». Также желательна декомпозиция проектов по основным этапам освоения участка проектирования, во время которых доминируют конкретные виды воздействий, как то:

- сейсмоакустические воздействия;
- обустройство причалов и берегоукрепление;
- дноуглубительные работы;
- обращение с отходами и сточными водами.

Не прибегая к такой декомпозиции, очень трудно организовать эффективный комплексный экологический мониторинг.

Отдельно надо коснуться такого инструмента как карты уязвимости экосистем в районе морской ПХС. Эти карты являются непременным атрибутом как ОВОС, так и локального экологического мониторинга. Очевидно, что реальная отдача от этих карт возникает только при разработке и реализации ПЛАС⁶ для прибрежных зон. При этом такие карты всегда схематичны, мелкомасштабны и апостериорны.

Анализ взаимоотношений проектируемого объекта с окружающей средой последовательно проходит ряд уровней, на которых наращивается детальность используемых данных. Возникновение зон экологического бедствия, регионов кризисных экологических ситуаций, техногенных аварий и чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями — печальные свидетельства сбоев в рациональности природопользования. Рациональное природопользование должно обеспечить полноценное существование и развитие современного общества, но при этом сохранить высокое качество среды обитания человека. Сегодня это выражено в парадигме устойчивого развития и достигается благодаря регламентам ресурсосбережения и самым эффективным режимам их воссоздания.

Рациональное природопользование предполагает разработку мероприятий по охране окружающей среды, возобновление нарушаемых взаимосвязей в экосистемах, предотвращение

⁶ План ликвидации аварийных ситуаций.

обострения экологических ситуаций. Логичным продолжением этого процесса стала разработка и внедрение в промышленную и хозяйственную практику системы международных экологических стандартов и нормативов ISO 14000.

Определяя эколого-экономическую оценку намечаемой хозяйственной или иной деятельности, необходимо доказать, что ее положительный эффект явно превышает экологические потери.

На прединвестиционном этапе необходимо предусмотреть разработку, согласование с надзорными инстанциями и утверждение региональными властями специального документа — концепции экологической безопасности компании-оператора (по смыслу эквивалентного международному понятию ЗВОС⁷) в составе разделов:

1. Экологическая политика хозяйствующего субъекта и ее отражение в концепции экологической безопасности проекта, где на основе анализа экологических проблем территории и сложившейся региональной экологической политики предлагается система экологической безопасности, обеспечивающая рациональность использования природных ресурсов и охрану окружающей среды в рамках нормативно-правового регулирования хозяйственной деятельности в районе проектирования.

2. Стратегическая экологическая оценка (СЭО) существующего экологического состояния района проектирования. На локальном уровне выполняется краткий обзор состояния окружающей среды на территории проекта за последние 5 лет, уровень антропогенной нагрузки на компоненты окружающей среды, уроки природоохранной практики за последние 25 лет, и обозначаются экологические проблемы района.

3. Требования к природоохранным решениям на объекте проектирования. Данные требования должны опираться на выводы СЭО применительно к социально-экономической и технологической мотивации проекта, на результаты анализа природозащитных технологических решений, сформулированные принципы экологической безопасности проекта, экологический статус проектируемого объекта, общую характеристику объекта-аналога, уровень природозащитных решений на объекте-аналоге.

4. Ведущие тенденции и основные факторы, определяющие развитие экологических изменений в зоне проекта как следствие важнейших системных вызовов и действия опасных факторов и адекватное им информационное обеспечение экологического обоснования проекта.

5. Ожидаемые результаты развития приоритетных направлений работ по созданию системы экологической безопасности проекта, компоненты концепции экологической политики, вопросы сокращения экологического следа предприятия и вклад в решение глобальных экологических проблем.

Развитие морских ПХС, в целом, требует системного подхода, его нельзя рассматривать в отрыве от других объектов прибрежной инфраструктуры. Необходимо не только создавать новые портовые сооружения, но и модернизировать железные и автомобильные дороги, складские помещения, припортовые коммуникации, систему транспортной логистики. Неразвитость логистической припортовой инфраструктуры, железнодорожных, автомобильных подходов и отсутствие тыловых зон являются существенными недостатками российских портов.

Анализ полноты и качества геоэкологических исследований, выполняемых при проектировании морских ПХС [2, 3 и др.], показывает, что с точки зрения представительности, достоверности и нормативного соответствия они позволяют оценивать влияние на береговые и инфильтрационные процессы в разрезе рыхлых отложений до глубины 10 м.

Главным предметом этого анализа являются современные проектные решения, воздействие которых на окружающую среду береговой зоны осуществляется на фоне существенных изменений и преобразований со стороны ранее хозяйствующих субъектов в XIX-XX веках.

⁷ ЗВОС — заявление о воздействии на окружающую среду.

В каждом случае понятие «берег» и «береговая зона» необходимо уточнять применительно к конкретному участку планируемых мероприятий, с определением пространственных границ объекта. Решения в этом случае принимаются на основании опыта многолетних береговых исследований в Санкт-Петербурге, Финском заливе и Калининградской акватории с учетом современных представлений комплексного береговедения, становление которого имеет длительную историю в России и за рубежом.

К сожалению, результаты инженерных изысканий, как правило, не дают желаемого полного и доказательно достоверного представления о береговой зоне в ее современном состоянии. Достаточно сложно оценивать их в отношении соответствия нормативным требованиям. С одной стороны, обычно утверждается, что учтены требования многочисленных норм и правил. С другой стороны, оказывается, что в России до настоящего времени либо вообще отсутствует, либо неупорядочено береговое законодательство.

Выводы

Реалиями для Российской Прибалтики являются различия в условиях функционирования и, соответственно, в уровнях социально-экономического развития прибрежных и внутренних ее областей, трудности с формальным определением границ прибрежной зоны, особенно ее сухопутной границы, отсутствием концепций защиты ее побережий на среднесрочную и долгосрочную перспективы. Слабым местом остается информационное обеспечение процесса принятия решений на основе современных информационных технологий и оценочных методик, сопоставимых с теми, что используются в странах — участниках Хельсинкской конвенции.

Не только для рассматриваемого региона, но и для всех побережий России актуальным становится совершенствование управления морским и прибрежным природопользованием, приоритет управленческих решений, основанных на достоверных оценочных методиках, мониторинге прибрежной зоны, ее пространственно-временного развития, обладании постоянно обновляемой информацией об основных параметрах ее функционирования.

Список литературы

1. Донченко В.К., Иванова В.В., Питулько В.М. Эколого-химические особенности прибрежных акваторий». СПб.: НИЦЭБ РАН, 2008. 560 с.
2. Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности. М.: Минприроды России, 1995, 42 с.
3. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2011 г. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 80 С.; То же, в 2012 г. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 112 С.; То же, в 2013 г. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 137 С.
4. Спиридонов М.А., Рябчук Д.В., Суслов Г.А., Нестерова Е.Н. Литодинамические аспекты геоэкологии береговой зоны восточной части Финского залива / Сб. Материалы VI конференции АКВАТЕРРА / СПб.: Рестек, 2003. С. 137–139.
5. Карев А., Раевский В., Коняев Ю., Румянцев А., Аверченко А., Илющенко Р. Мобильный комплекс обнаружения взрывчатых веществ. Технология разминирования XXI века // Электроника: наука, технология, бизнес, 2002, № 1. с. 54–58.
6. Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ (Минюст № 2302 04.07.2000). Приказ Госкомэкологии России от 16.05.00. № 372.
7. Питулько В.М. Масштабные проекты в восточной части Финского залива: принципы и презумпции для подготовки природозащитных мероприятий // Региональная экология, 2014, № 1–2(35). жс. 96–105.
8. Питулько В.М., Иванова В.В., Кулибаба В.В. Экологическая безопасность морских природно-хозяйственных систем Российской Прибалтики. М.: Издательский центр ИНФРА-М, 2016. 317 с.

9. Спиридонов М.А., Рябчук Д.В., Шахвердов В.А., Звездунов С.И., Нестерова Е.Н., Суслов Г.А., Григорьев А.Г. Невская губа. Эколого-геологический очерк. СПб., изд-во «Литера», 2004. 181 с.

10. Спиридонов М.А., Пака В.Т., Медведева Н.Г. Методология, методы и главные результаты Морского экологического (геоэкологического) патруля МЭП / Аналитический обзор «О состоянии окружающей среды в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 1998 году». СПб.: Ленком-экология. С. 68–85.

11. Курносов Ю.В., Илющенко Р.Р. «Русская аналитическая школа» как фактор укрепления интеллектуального потенциала России // Инноватика и Экспертиза, 2016, № 2(17). С. 90–96.

References

1. Donchenko V.K., Ivanova V.V., Pitulko V.M. (2008) *Ekologo-khimicheskie osobennosti pribrezhnykh akvatoriy* [Ecological and chemical characteristics of coastal waters] *NITsEB RAN* [The research center for ecological safety of Russian Academy of sciences]. St.Petersburg, 560 p.

2. *Instruktsiya po ekologicheskomu obosnovaniyu khozyaystvennoy i inoy deyatel'nosti* [Instruction on environmental substantiation of economic and other activities] *Minprirody Rossii* [Russian Ministry of Natural Resources], Moscow, 1995. 42 pp.

3. *Informatsionnyy byulleten' o sostoyanii geologicheskoy sredy pribrezhno-shelfovykh zon Barentseva, Belogo i Baltiyskogo morey v 2011 g.* [Information Bulletin on the state of the geological environment of the coastal-shelf zone of the Barents, White and Baltic seas in 2011] *SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI* [St. Petersburg: Cartographic factory of the VSEGEI, 2012. 80 p.; The same in 2012. St.Petersburg: Cartographic factory of the VSEGEI, 2013. 112 p.; The same in 2013. St.Petersburg: Cartographic factory of the VSEGEI], 2014, 137 p.

4. Spiridonov M.A., Ryabchuk D.V., Suslov A.G., Nesterova E.N. (2003) *Litodinamicheskie aspekty geologii beregovoy zony vostochnoy chasti Finskogo zaliva* [Lithodynamic aspects of the Geoecology of the coastal zone of the Eastern part of the Gulf of Finland] *Materialy VI konferentsii AKVATERRA. Restek* [Proceedings of the VI conference AQUATERRA. Restek], St.Petersburg, pp. 137–139.

5. Karev A., Raevskii V., Konyaev Yu. A., Rumyantsev A., Averchenko A., Ilyushchenko R. (2002) *Mobil'nyy kompleks obnaruzheniya vzryvchatykh veshchestv. Tekhnologiya razminirovaniya XXI veka* [Mobile system for detection of explosive matters. Technology of the XXI century] *Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes* [Electronics: science, technology, business], No. 1, pp. 54–58.

6. *Ob utverzhdenii Polozheniya ob otsenke vozdeystviya namechaemoy khozyaystvennoy i inoy deyatel'nosti na okruzhayushchuyu sredu v RF (Minyust No. 2302 04.07.2000). Prikaz Goskomekologii Rossii ot 16.05.00. No. 372* [The Regulations on impact assessment of planned economic and other activity on environment in the Russian Federation (Ministry of justice 04.07.2000 No. 2302). Order of state ecological Committee of Russia from 16.05.00. No. 372].

7. Pitulko V.M. (2013) *Masshtabnye proekty v vostochnoy chasti Finskogo zaliva: printsipy i prezumpitsii dlya podgotovki prirodozashchitnykh meropriyatiy* [Monitoring of the coastal zone inwashing territories] *Regional'naya ekologiya* [NOU «Applied ecology»], St.Petersburg, pp. 34–51.

8. Pitulko V.M., Ivanov V.V., Kulibaba V.V. (2016) *Ekologicheskaya bezopasnost' morskikh prirodno-khozyaystvennykh sistem Rossiyskoy Pribaltiki* [Ecological safety of marine natural-economic systems of the Russian Baltic] *Izdatel'skiy tsentr INFRA-M* [Publishing Center INFRA-M], Moscow, 317 p.

9. Spiridonov M.A., Ryabchuk D.V., Shakhverdov V.A., Zvezdunov S.I., Nesterova E.N., Suslov G.A., Grigoriev A.G. (2004) *Nevskaya guba. Ekologo-geologicheskii ocherk* [Nevskaya Guba. Environmental and geological sketch] *Izd-vo «Litera»* [Publishing house «Litera»], St.Petersburg, 181 p.

10. Spiridonov M.A., Paka V.T., Medvedeva N.G. *Metodologiya, metody i glavnye rezul'taty Morskogo ekologicheskogo (geoekologicheskogo) patrulya MEP. Analiticheskiy obzor «O sostoyanii okruzhayushchey sredy v Sankt-Peterburge i Leningradskoy oblasti v 1998 godu»* [Methodology, methods and main results of the Marine ecological (geoecological) patrol MEP. In the Analytical review: «The state of the environment in St.-Petersburg and Leningrad region in 1998»] *Lenkom-ekologiya* [Lencomecologia], St.Petersburg, pp. 68–85.

11. Kurnosov Yu.V., Ilyushchenko R.R. (2016) «*Russkaya analiticheskaya shkola*» kak faktor ukrepleniya intellektual'nogo potentsiala Rossii [«Russian analytical school» as a factor of strengthening the Russia's intellectual potential] *Innovatika i Ekspertiza* [Innovatics and Expert Examination], Moscow, No. 2(17), pp. 90–96.

НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ОБЗОР НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ РАЗВИТЫХ ИНОСТРАННЫХ ГОСУДАРСТВ

Е.А. Марышев, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, emarysh@extech.ru

Н.А. Миронов, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, namir@extech.ru

В статье обобщены результаты экспертно-аналитических исследований основных тенденций развития автоматизированных систем управления и принятия решений в области обеспечения обороны и безопасности в развитых иностранных государствах. Рассмотрены основные направления разработки интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей, технологий сетевого кибероружия, создания и использования нейросетевых технологий, наноэлектронных, квантовых и нанофотонных устройств. АСУ производством и эксплуатацией специальной техники рассматриваются как специфические области научно-технологического развития.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, информационно-телекоммуникационные системы, экспертно-аналитические исследования, единое информационное пространство.

OVERVIEW OF THE DEVELOPMENT TRENDS OF AN AUTOMATED CONTROL AND DECISION MAKING SYSTEMS IN THE FIELD OF ENSURING DEFENCE AND SECURITY OF DEVELOPED FOREIGN STATES

E.A. Maryshev, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, emarysh@extech.ru

N.A. Mironov, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, namir@extech.ru

The article summarizes the expert-analytical studies results of development trends of an automated control and decision making systems in the field of ensuring defence and security of developed countries. The main areas of development of integrated information and communication systems and networks, cyber weapons technologies, the development and use of neural network technologies, quantum and nano-photonic devices are considered. The management systems of production and operation of special equipment are reviewed as a specific field of scientific and technological development.

Keywords: automated control systems, decision support systems, information and communications technology, joint information environment, information resources management, expert-analytical studies.

Прогнозирование основных направлений научно-технической деятельности в интересах обеспечения обороны и безопасности проводится с учетом анализа современного состояния и перспектив применения научных, технологических и технических результатов в развитых

иностранных государствах, в том числе, с использованием материалов, подготовленных экспертами Федерального реестра экспертов научно-технической сферы (ФРЭ).

Одним из актуальных направлений развития науки и техники в интересах обеспечения обороны и безопасности в развитых зарубежных странах являются информатика и вычислительная техника, включая автоматизированные системы управления (АСУ) единым информационным пространством государства. В условиях гибридных войн появляется необходимость решения принципиально новых военно-технических задач автоматизированного управления специальными системами и объектами для обеспечения комплексной безопасности государства [1].

Разработка перспективных цифровых средств вычислительной и микропроцессорной техники за рубежом, а также программного обеспечения к ним, — это хорошо отлаженный технологический и финансово обеспеченный коммерческий процесс.

В военно-технической сфере по обозначенным областям и направлениям за рубежом активно проводятся научные исследования и внедряются их результаты в виде конкретных технологий, в том числе в рамках систем, реализующих концепцию НАТО ведения боевых действий в едином информационном пространстве (NATO Network Enabled Capability — NNEC) [2, 3], французской системы оперативного управления, систем обработки и распределения оперативной тактической информации (американской АСУ FBCB2 (Force XXI Battle Command, Brigade and Below), немецкой «Герос» (Heeres Führungsinformationssystem für Rechnergestützte Operationsführung in Stäben — HEROS)), английской тактической АСУ сил быстрого реагирования), а также АСУ войсками народной армии Китая «Глобальная система оперативного управления».

Прикладные работы в направлениях, связанных с обеспечением комплексной безопасности важных информатизированных объектов и систем военно-технической сферы, ведутся в США, Великобритании, Германии и других странах. В условиях работы с высоким уровнем неопределенности информации для построения таких систем неизбежно применение новых информационных технологий, ориентированных на потоки контекстно-зависимой информации, то есть фактическая разработка новых принципов построения интеллектуального управления системами высших уровней сложности.

Одним из актуальных направлений является разработка методов и средств построения интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей, направленных на:

- повышение пропускной способности сетевой инфраструктуры;
- повышение надежности передачи информации;
- оптимизации сетевой инфраструктуры, в том числе на основе ее децентрализации и самоорганизации.

По мнению экспертов ФРЭ, для эффективного практического использования интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей в интересах обороноспособности должны быть получены следующие научные результаты:

- новые теоретические положения по построению самоорганизующихся сетей для организации группового управления объектами;
- новые методы передачи информации (повышение достоверности и надежности каналов передачи информации);
- новые методы высокоскоростной обработки информации (построение систем высокого уровня интеграции);
- новые методы распознавания и визуализации информации (управление интегрированными системами и объектами, извлечение информации).

Одним из бурно развивающихся направлений в создании интеллектуальных систем управления и принятия решений является использование нейросетевых технологий. Агентство передовых оборонных исследовательских проектов министерства обороны США (Defense Advanced Research Projects Agency — DARPA) финансирует ряд проектов в данной области,

в частности, проект Smart Sensor Web, предусматривающий организацию распределенной сети разнообразных датчиков, синхронно работающих на поле боя [4].

Исследования в области нейросетевого моделирования объектов с распределенными параметрами проводятся в научно-исследовательских организациях различных стран, а также в университетах: Ливерморская национальная лаборатория имени Эрнеста Лоуренса (Lawrence Livermore National Laboratory), г. Ливермор, США; Университет аэронавтики Эмбри Риддл (Embry-Riddle Aeronautical University), г. Окленд, США; Национальный Технический Институт имени Мотилала Неру (Motilal Nehru National Institute of Technology), г. Аллахабад, Индия; Северный транспортный университет (Northern Jiaotong University), г. Пекин, Китай; Университет Янины (University of Ioannina), г. Янина, Греция; Университет Южного Квинсленда (University of Southern Queensland), г. Тувумба, Австралия.

Основные проблемы при создании систем поддержки принятия решений возникают в ходе создания математических методов, алгоритмов и программного обеспечения поддержки нечетких когнитивных моделей для автоматизации разработки управленческих решений в слабоструктурированных, сложных (социально-экономических, военных и политических) системах. Удобным инструментом исследования слабоструктурированных, плохо формализуемых задач является когнитивная структуризация. Методы когнитивного моделирования активно развиваются в США. Компания Rand Corporation [5] широко использует когнитивные модели на основе аппарата знаковых и взвешенных графов для анализа сложных крупномасштабных систем управления в социально-экономической, экологической, организационной, технической, военной и политической сферах.

По мнению экспертов ФРЭ, наиболее значимыми результатами для интеллектуальных систем управления и принятия решений, которые могут быть достигнуты в период до 2030 г, являются:

- принципы контекстно-зависимых вычислительных средств, например, на базе мем-компьютеров;
- усовершенствованные методы получения и предварительной обработки видеоданных;
- системы распознавания, базирующиеся на гарантированных оценках отнесения входного образа к эталону;
- методы когнитивного моделирования для анализа слабоструктурированных данных.

Возможными областями применения результатов развития науки и технологий в части построения интеллектуальных систем управления и принятия решений, в том числе на основе нейроинформатики и теории распознавания образов, могут стать:

- средства разведки;
- средства высокоточного поражения;
- средства раннего предупреждения о нападении;
- средства наблюдения за полем боя;
- инженерные средства;
- робототехнические средства наземного, воздушно-космического и морского базирования.

В настоящее время интенсивно развивается направление научной деятельности, связанное с разработкой моделей сетевого кибероружия. Информатизация всех областей деятельности общества и государства, в том числе военной области, явилась причиной возникновения нового класса угроз — угроз в информационной сфере. Принятая в 2015 г. в США Стратегия кибербезопасности [6] рассматривает киберпространство как новое «поле боя», такое же, как суша, море, воздушное пространство или космос. При этом Пентагон предусматривает возможность ведения как отдельных кибервойн, так и использования кибероружия в рамках так называемой «единой битвы».

Ожидаемый военно-технический эффект от применения результатов проводимых исследований заключается в возможности создания: сетевого, коммуникационного, предустанов-

ленного, проникающего кибероружия. При этом следует учитывать, что подавляющая часть военных киберустройств, встроенных в высокотехнологичные, автоматизированные и роботизированные вооружения, построена на базе микропроцессоров и других электронных компонентов, производимых, главным образом, компаниями, относящимися к юрисдикции США, Великобритании и Тайваня.

Перспективными считаются следующие научные направления зарубежных исследований и разработок в области защиты аппаратно-программных средств и персонала АСУ от сетевого кибероружия:

- исследование и создание информационных компьютерных технологий и технических средств для организации целенаправленного активного сбора информации о компьютерных атаках с использованием возможностей естественно-языковых диалоговых систем. Они могут использоваться как самостоятельно, так и в совокупности с другими методами обнаружения компьютерных атак, что позволит повысить достоверность таких обнаружений;

- разработка методов и средств защиты персонала объектов критической информационной инфраструктуры от негативных информационно-психологических воздействий. Вероятно проведение таких исследований Агентством передовых оборонных исследовательских проектов министерства обороны США (DARPA), в совместных проектах альянса США, Канады, Великобритании, Австралии и Новой Зеландии Five Eyes («Пять глаз») [7];

- разработка моделей низкоэнергетического внешнего электромагнитного воздействия на средства вычислительной техники (СВТ) и способов защиты (система Air Force Intranet Control Weapon System [8]; DARPA).

Большое внимание уделяется созданию наноэлектронных, квантовых и нанофотонных устройств, устройств на основе нано- и микросистемотехники. Практические направления применения квантовых технологий в АСУ включают в себя: квантовые компьютеры, квантовую криптографию и атомные квантовые стандарты частоты.

Научно-исследовательские работы по созданию прототипа квантового компьютера организованы во многих странах мира. В настоящее время наиболее активные исследования ведутся в Национальном институте стандартов и технологий США (National Institute of Standards and Technology – NIST), Инсбрукском университете (Австрия), Научно-техническом университете Китая, Университете Ватерлоо (Канада), Университете Нового Южного Уэльса (Австралия), Комиссариате по атомной энергии Франции (Quantronics Group), Институте квантовой оптики общества Макса Планка (Германия), Висконсинском университете в Мадисоне (США).

Этими группами уже разработаны методы создания квантовых регистров кубитов, управления отдельными кубитами методами лазерной и микроволновой спектроскопии, реализации универсальных одно- и двухкубитовых квантовых операций, считывания квантовых состояний кубитов. Достигнуты и реализованы все критерии Ди Винченцо [9] для кубитов квантового компьютера. Некоторые группы начали выполнять демонстрационные эксперименты по реализации простейших квантовых алгоритмов и квантовых симуляций.

Одним из важнейших элементов автоматизированных систем управления единым информационным пространством государства, в том числе, в интересах обеспечения обороны и безопасности являются системы глобальной навигации, синхронизации и передачи данных. В настоящее время одним из основных направлений разработок в области названных систем являются атомные квантовые стандарты частоты и времени, являющиеся основой высокоточных систем глобальной навигации, высокоскоростной синхронизации и передачи данных. По мере развития квантовых технологий атомные квантовые стандарты частоты могут также начать применяться для синхронизации в квантовых линиях связи, как наземных оптоволоконных, так и в спутниковых. В настоящее время за рубежом ведутся интенсивные экспериментальные и теоретические исследования по созданию стандартов частоты

ты на основе холодных атомов и ионов. Наибольшие успехи достигнуты следующими учеными:

- Д. Вайнлэнд (D. Wineland), NIST, США, одиночные ионы Hg^+ , Al^+ ;
- К. Оутс (C. Oates), NIST, США, оптическая решетка с атомами Yb ;
- Х. Йи (J. Ye), Институт JILA, США, оптическая решетка с атомами Sr ;
- Э. Пейк (E. Peik), Национальный метрологический институт Германии (Physikalisch-Technische Bundesanstalt – PTB), одиночный ион Yb^+ ;
- Ф. Риле (F. Riehle), Национальный метрологический институт Германии, оптическая решетка с атомами Sr ;
- Х. Катори (H. Katori), Институт физико-химических исследований (RIKEN), Япония, оптические решетки с атомами Yb , Sr , Hg ;
- А. Мадей (A. Madej), Национальный научно-исследовательский совет Канады (National Research Council of Canada – NRC), одиночный ион Sr^+ ;
- S. Bize, лаборатория SYRTE (Systèmes de Référence Temps-Espace) Парижской обсерватории, Франция, оптические решетки с атомами Sr и Hg ;
- П. Джилл (P. Gill), Национальная физическая лаборатория Великобритании (National Physical Laboratory – NPL), Великобритания, одиночный ион Yb^+ .

Еще одно актуальное направление создания атомных стандартов частоты – миниатюрные атомные стандарты, предназначенные для замены кварцевых эталонов в мобильных устройствах. Например, в 2015 г. американская компания Microsemi представила семейство усовершенствованных компактных атомных генераторов частоты на основе атомов Rb .

Одним из перспективных практических применений квантовых технологий в АСУ, по мнению экспертов, является квантовая криптография. Квантовая криптография позволяет реализовать абсолютно защищенные системы связи на основе одиночных фотонов. За рубежом большое число научных групп и компаний работают над созданием и совершенствованием систем квантовой криптографии. В настоящее время наиболее активные исследования ведут следующие ученые и организации:

- Н. Гисин (N. Gisin), Х. Збинден (H. Zbinden), компания ID Quantique, Университет Женевы, Швейцария, коммерческие оптоволоконные системы квантовой связи;
- компания MagiQ, США, коммерческие оптоволоконные системы квантовой связи;
- Toshiba Cambridge Research Laboratory, Великобритания, коммерческие оптоволоконные системы квантовой связи;
- Tokyo QKD Network, Япония, оптоволоконная сеть на основе квантовой связи;
- Р.В. Бойд (R.W. Boyd), Рочестерский университет (University of Rochester), США, многомерная квантовая криптография с закрученным светом.

Разработкой оптоволоконных систем квантовой связи, не зависящих от метода регистрации фотонов, занимаются следующие ученые и организации:

- В. Титтел (B. Tittel), Университет Калгари (Calgary University), Канада;
- Научно-технический университет Китая (University of Science and Technology of China), г. Хэфэй;
- Ж.П. вон дер Вейд (J.P. von der Weid), Папский католический университет (Pontifical Catholic University), г. Рио-де-Жанейро, Бразилия.

Этими группами уже разработаны методы генерации, детектирования и управления квантовыми состояниями одиночных фотонов. Реализуются как оптоволоконные системы квантовой связи с дальностью до 250 км, так и атмосферные системы связи с дальностью до 150 км с перспективой их применения в спутниковой связи.

Осуществляется ряд программ, предусматривающих разработку и внедрение в АСУ волоконно-оптических средств, в том числе, в бортовой авиационной и корабельной аппаратуре, в линиях связи и передачи информации на различные расстояния, включая внутренние линии связи военных баз и командных пунктов, в системах спутниковой связи, дистанцион-

ного управления. Использование в бортовой аппаратуре летательных аппаратов волоконно-оптических средств приведет к увеличению полезной нагрузки, стойкости к радиационному поражению, защищенности линий связи; снижению электромагнитной заметности и повышению боеспособности военно-технических средств.

В ближайшей перспективе наиболее привлекательным является волокно с потерями на пропускание до 0,01 дБ/км, позволяющее иметь регенерационный участок до 10000 км. Такие исследования проводятся в Японии и Германии. В США закончены исследования перспективных материалов на стойкость к воздействию ионизирующих излучений. Продолжаются экспериментальные работы по снижению потерь за счет перехода на новые диапазоны рабочих длин волн с новыми материалами световодной жилы волокна. В США переход на новые диапазоны длин волн планируется после 2018 г.

Компания BTRL (Великобритания) проводила работы с короткими отрезками волокна на длине волны 2,51 мкм, используя фтороцирконатное стекло с потерями на пропускание до 0,02 дБ/км и возможной длиной регенерационного участка до 4600 км. Фирма NTT (Япония) использовала в опытных работах длину волны 3,2 мкм.

В области разработки методов и средств управления сложными динамическими объектами и автономными средствами различного назначения в рамках интегрированной АСУ в зарубежных источниках отмечаются следующие направления:

- создание бортовых систем управления, стойких к воздействию ионизирующих и электромагнитных излучений ядерного взрыва и оружия направленной электромагнитной энергии;
- разработка специализированных инструментальных программных сред и технологий их применения для исследования сложно структурированных образцов военной и специальной техники, обеспечивающих моделирование и визуализацию их поведения и состояния в процессе выполнения реальных задач на различных этапах жизненного цикла;
- разработка методов и средств интеллектуального управления движением автономных мобильных объектов и групп объектов, включая беспилотные летательные аппараты и роботизированные комплексы;
- разработка методов навигации, связи и управления одиночными и групповыми необитаемыми аппаратами, предназначенными для поиска, идентификации и уничтожения подводных, морских, сухопутных, воздушных и других объектов противника;
- разработка экспертных систем, обеспечивающих информационную поддержку экипажей боевой техники.

В области автоматизации промышленных технологий исследования проводятся в следующих направлениях:

- повышение качества изготовления, уровня автоматизации производства, сокращение трудоемкости и цикла технологической подготовки производства;
- разработка и внедрение аддитивных технологий изготовления специальной техники и изделий;
- обеспечение сокращения сроков и затрат на проведение испытаний и изготовление опытных образцов проектируемых изделий. Роботизированная сборка обеспечивает стабильность тактико-технических характеристик образцов вооружения, военной и специальной техники на основе автоматизации сборочных работ.

Ставка преимущественно делается на максимально широкое использование средств автоматизации, в качестве которых обычно выступают компьютеризированные среды проектирования:

- дальнейшее сращивание средств автоматизации проектирования и производства;
- создание концепции универсальных систем проектирования с распределенной структурой;
- практически полный переход к удаленным принципам работы над проектами.

В области эксплуатации и восстановления вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) активно проводятся работы по совершенствованию системы специального образования и подготовки специалистов, созданию тренажерных систем и средств, обучающих программ, в частности:

- создание имитационно-тренировочных испытательных комплексов;
- разработка компьютерных обучающих программ для подготовки экипажей и специалистов по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту ВВСТ.
- разработка видовых тренажерных комплексов (США, Германия).

Результаты проведенного анализа направлений развития науки и техники в области АСУ в сфере обеспечения обороны и безопасности развитых зарубежных стран могут быть использованы для формирования предложений по приоритетным направлениям, тематике исследований и разработок в рамках целевых программ, а также при прогнозировании основных направлений научно-технической деятельности в интересах обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.39.2016/НМ.

Список литературы

1. Concept of Operations for Global Information Grid Net Ops (Net Ops CONOPS) Final Version, MoD USA, 2002.
2. DoD Directive 8000.01, March 17, 2016. Available at: <http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/800001p.pdf>.
3. Кондратьев А. Борьба за информацию на основе информации, Независимое военное обозрение, 24.10.2008. Available at: http://nvo.ng.ru/concepts/2008-10-24/1_info.html.
4. Jeffrey L. Paul, 2001. Smart Sensor Web: Web-Based Exploitation of Sensor Fusion for Visualization of the Tactical Battlefield, Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE, 16(5), pp. 29–36. Available at: <http://fusion.isif.org/proceedings/fusion00CD/fusion2000/papers/TuB3-3-JeffreyPaul273.pdf>.
5. Available at: <http://www.rand.org>.
6. National Security Strategy, 2015. Available at: https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/2015_national_security_strategy_2.pdf.
7. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Five_Eyes.
8. Security Affairs, The Air Force earlier this month announced the launch of its first cyberspace weapon system, the Air Force Intranet Control (AFINC), April 29, 2016. Available at: <http://securityaffairs.co/wordpress/46776/cyber-warfare-2/air-force-intranet-control.html>.
9. Di Vincenzo D.P., Fortschr. Phys. 48, 771 (2000).

References

1. Concept of Operations for Global Information Grid Net Ops (Net Ops CONOPS) Final Version, MoD USA, 2002.
2. DoD Directive 8000.01, March 17, 2016. Available at: <http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/800001p.pdf>.
3. Kondratyev A. *Borba za informaciyu na osnove informacii* [The struggle for information based on information] *Nezavisimoe Voennoe Obozrenie* [Independent Military Review], No. 24.10.2008. Available at: http://nvo.ng.ru/concepts/2008-10-24/1_info.html.
4. Jeffrey L. Paul, 2001. Smart Sensor Web: Web-Based Exploitation of Sensor Fusion for Visualization of the Tactical Battlefield, Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE, 16(5), pp. 29–36. Available at: <http://fusion.isif.org/proceedings/fusion00CD/fusion2000/papers/TuB3-3-JeffreyPaul273.pdf>.
5. Available at: <http://www.rand.org>.

6. National Security Strategy, 2015. Available at: https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/2015_national_security_strategy_2.pdf.
7. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Five_Eyes.
8. The Air Force earlier this month announced the launch of its first cyberspace weapon system, the Air Force Intranet Control (AFINC), Security Affairs, April 29, 2016. Available at: <http://securityaffairs.co/wordpress/46776/cyber-warfare-2/air-force-intranet-control.html>.
9. Di Vincenzo D.P. Fortschr. Phys. 48, 771 (2000).

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ И РЕАЛИЗАЦИИ КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВМС США

В.Г. Хорошев, науч. рук. ФГУП «Крыловский государственный научный центр», д-р техн. наук, V_Horoshev@ksrc.ru

С.А. Клементьев, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, klements@extech.ru

Ф.Р. Сагайдаков, гл. инж. ФГУП «Крыловский государственный научный центр», felixmail@mail.ru

Н.С. Барабаш, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. филол. наук, nsb@extech.ru

В статье рассмотрены вопросы планирования, утверждения и реализации кораблестроительных программ ВМС США, процедура формирования бюджетной заявки для строительства и модернизации кораблей ВМС.

Ключевые слова: кораблестроительная программа, инновационные технологии, бюджетная заявка, финансирование, техническое задание.

FEATURES OF THE PREPARATION AND THE IMPLEMENTATION OF THE SHIPBUILDING PROGRAMS OF THE US NAVY

V.G. Khoroshev, Scientific Director, FSUE «Krylovskiy State Scientific Center», Ph.D of Engineering, V_Horoshev@ksrc.ru

S.A. Klementiev, Head of Department, SRI FRCEC, klements@extech.ru

F.R. Sagaidakov, Chief Engineer, FSUE «Krylovskiy State Scientific Center», felixmail@mail.ru

N.S. Barabash, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Philology, nsb@extech.ru

This article considers the questions of planning, approval, realization and budgeting of the shipbuilding and modernization in the United States Navy.

Keywords: shipbuilding program, innovative technologies, budgeting, funding, specification.

Кораблестроительные программы ВМС США, так же, как и другие программы приобретения систем вооружения и военной техники (В и ВТ), формируются и проходят процесс рассмотрения и утверждения в рамках системы «планирования — программирования — разработки бюджета» [1].

Программы учитывают необходимость замены устаревающих кораблей, поддержания количественного состава на определенном уровне текущих и перспективных оперативных потребностей. Оперативные потребности и количество кораблей в составе флота определяются в результате систематически выполняемых ВМС оценок существующих и прогнозируемых боевых возможностей в результате изменяющихся военных угроз и национальной военной политики, а также оценок структуры сил (FSA — Force Structure Assessment).

В соответствии с законодательством США планирование строительства и модернизации кораблей ВМС происходит путем ежегодной разработки кораблестроительных программ на пятилетний и тридцатилетний периоды. Пятилетняя программа содержит данные по численности кораблей всех классов и типов и по выделяемым на них ассигнованиям. В тридцатилетней программе приводится общая численность приобретаемых кораблей всех классов.

Планы кораблестроения в интересах ВМС США базируются на трех основных принципах:

- сохранении требуемой от ВМС способности обеспечения национальной стратегии обороны;

- балансе между потребностями и предполагаемыми ресурсами;

- необходимости сохранения производственной базы кораблестроения.

На организацию и финансирование работ по проектированию и строительству кораблей ВМС США распространяются общие принципы и подходы к процессам проведения НИОКР и приобретения систем В и ВТ.

Этап планирования пятилетней программы в аппарате министерства обороны США начинается с определения Президентом США основных принципов и задач политики в области национальной безопасности.

Председатель комитета начальников штабов формулирует задачи военной стратегии и с учетом финансовых ограничений определяет силы и средства, необходимые для реализации этих задач. Аппарат министерства обороны США готовит проекты «Руководства по военному планированию» («Defense Planning Guide») и «Руководства по финансовым вопросам» («Finance Guide»), которые служат основой для подготовки штабом ВМС «Меморандума о целях программы» («Program Objective Memorandum») и представления его в МО.

После утверждения «Меморандум о целях программы» становится отправным документом для разработки министерством ВМС детального бюджета, предусматривающего, в частности, финансирование кораблестроительной программы. Подготовленный проект бюджета передается в аппарат министерства обороны США для рассмотрения и составления бюджетной заявки. Одобренная заявка представляется в Конгресс.

Бюджетная заявка министерства обороны США рассматривается в соответствующих комитетах Сената и Палаты представителей на официальных слушаниях с участием высших должностных лиц министерства обороны США и видов ВС. По результатам этих слушаний комитеты могут вносить поправки в представленную заявку, которые в случае разных подходов Сената и Палаты представителей рассматриваются и окончательно принимаются согласительной комиссией.

Активное участие в формировании и утверждении кораблестроительных программ принимают министр обороны, его заместитель по приобретению систем В и ВТ, министр ВМС. Начальник штаба ВМС отвечает за определение приоритетных потребностей флота и задач системы приобретения по удовлетворению этих потребностей. Его заместитель по ресурсам, потребностям и оценкам возглавляет управление, в состав которого входят отделы надводных кораблей, подводных лодок, авианосцев и авиации, непосредственно занимающиеся разработкой, координацией и исполнением программ строительства и переоборудования кораблей.

В соответствии с принятым в США подходом процесс приобретения новых и модернизации существующих систем вооружения и военной техники, создания новых, более эффективных боевых средств для достижения военных целей осуществляется на базе научно-технических требований, разработка которых осуществляется в соответствии с функциональными (оперативными, боевыми) потребностями флота (Mission Need Statement), сформулированными специальными комиссиями ВМС на основе принятой военной стратегии, отражающей политические цели страны.

Требования к перспективным системам В и ВТ формируются, исходя из необходимости обеспечения возлагаемых на ВМС задач. На базе требований составляются программы научно-исследовательских разработок, при этом ставится задача концентрации усилий и финансовых средств на наиболее важных направлениях с целью скорейшей передачи новых технологий для внедрения в конкретные системы В и ВТ.

Цель каждой программы создания систем В и ВТ состоит в определении необходимого количества производства объектов, которые потребуются для их создания, срокам изготовления и стоимости.

Основным механизмом управления реализацией заказа министерства обороны США определена его конечная стоимость.

По мнению американских специалистов, руководители конкретных военных программ при выработке стратегии их практической реализации должны решать сложные задачи по интеграции всех элементов программы в единую научную, технологическую, производственную, эксплуатационную и обеспечивающую систему. Основой для управления всеми элементами программы являются долгосрочные контракты на разработку и производство систем В и ВТ и последующее их технологическое сопровождение.

Так, например, начиная с АПЛ типа «Virginia» подсерии Block III ВМС США перешли к практике заключения многолетних контрактов на приобретение АПЛ.

В 2008 г. с фирмой General Dynamics's Electric Boat был заключен контракт стоимостью 14,0 млрд долл. на приобретение восьми АПЛ указанной подсерии (SSN 784-SSN 791) в период 2014–2019 гг. В апреле 2014 г. эта фирма получила следующий многолетний контракт стоимостью 17,6 млрд долл. на строительство 10 АПЛ типа «Virginia» четвертой подсерии Block IV (SSN 792-SSN 801).

Согласованная стоимость контракта позволяет ВМС приобрести 10 АПЛ по цене девяти. Заключение крупного долгосрочного контракта позволит ВМС США сэкономить около 2 млрд долл. по сравнению с заключением ежегодных контрактов.

Согласно инструкции министерства обороны США № 5000.2 «Функционирование системы закупок» (DODI 5000.2 Operation of the Defense Acquisition System) [2], программы приобретения систем В и ВТ подразделяются на три категории, которые характеризуются разными уровнями финансирования и принятия решений.

Те программы, в которых общая сумма расходов на НИОКР, испытания и оценки может составить более 365 млн долл. или на закупки 2,19 млрд долл. (в ценах 2000 фин. г.), называются крупными программами (программами категории 1 – ACAT I), решения по которым принимает заместитель министра обороны по приобретению, технологиям и обеспечению (подкатегория ACAT ID) либо министр вида ВС, глава самостоятельного управления министерства обороны США или командующий специального командования (подкатегория ACAT IC).

Программы, по которым предусматриваются НИОКР, испытания и оценки стоимостью более 140 млн долл. или выделяется на закупки до 660 млн долл., относятся к программам категории 2 – ACAT II. Решения по этим программам принимаются министром соответствующего вида ВС либо его заместителем по НИОКР и закупкам. Программы категории 3 характеризуются еще более низкими уровнями расходов и инстанций, принимающих решения.

В соответствии с положениями закона Weapon Systems Acquisition Reform Act of 2009 к выполнению крупных программ приобретения систем В и ВТ предъявляются, в частности, следующие требования:

- тщательная заблаговременная проработка программ с точки зрения их гарантированного соответствия предъявляемым требованиям по тактико-техническим характеристикам, стоимости, с целью подтверждения реализуемости разработки;
- предпочтительное использование полностью отработанных технологий;
- принятие решений на конкурсной основе на протяжении всего жизненного цикла изделия, в том числе при разработке опытных образцов.

В соответствии со стратегией, разработанной Департаментом науки и технологии ВМС США на XXI век, приоритетное значение для реализации перспективных возможностей и задач флота должно иметь внедрение инноваций в перспективные системы вооружения и военной техники. При этом под инновациями понимаются открытия и изобретения, подкрепленные опытом эксплуатации.

С точки зрения внедрения инноваций научно-исследовательские программы подразделяются на два этапа: «Открытия и изобретения» (D&I – Discovery and Invention) и «Эксплуатация и развертывание» (E&D – Exploitation and Deployment). Последний включает два подэтапа:

«Эксплуатация» выбор наилучших из предлагаемых на этапе «Открытия и изобретения» технических решений, их испытания и доводку до состояния, когда флот или промышленность смогут внедрить их в системы вооружения, и «Развертывание» — передачу новых технологий потребителям для внедрения.

Для обеспечения передачи технологий используются различные схемы, в частности, программы «Демонстрации перспективных технологий» (ATD — Advanced Technology Demonstrations), «Демонстрации концепций и технологий» (ACTD — Advanced Concept and Technology Demonstrations) и др.

Для оценки готовности новых технологий к внедрению в ту или иную новую систему вооруженных сил министерства обороны США установило девять уровней технической готовности TRL (Technology Readiness Level) (табл.).

Система оценки уровня технической готовности TRL министерства обороны США

Уровень	Наименование	Основное содержание новой технологией
TRL-1	Разработка основных принципов новой технологии	Самый низкий уровень технической готовности. Разработка плана НИОКР на основе предшествующих научных исследований. Изучение основных особенностей новых технологий по научно-техническим публикациям
TRL-2	Формулировка новой технологии и/или ее концепции	Начало работы над изобретением. Основные особенности новой технологии остаются умозрительными. Отсутствуют экспериментальные доказательства или детальный анализ в пользу реальности разработки новой технологии
TRL-3	Аналитическое и экспериментальное изучение концепции нового В и ВТ	Начало выполнения плана НИОКР. Аналитические и лабораторные исследования с целью аналитической и физической проверки отдельных элементов новой технологии. Разработка отдельных компонентов новой технологии, которые еще не интегрированы в единую систему
TRL-4	Испытания компонентов и/или макета в лабораторных условиях	Интеграция отдельных компонентов в единую систему с целью проверки возможности их совместной работы. В процессе проверки возможно использование «специального оборудования» в составе лаборатории
TRL-5	Испытания компонентов и/или макета в моделируемых реальных условиях	Испытания технологии в условиях моделируемой реальной среды. Выявление отличий этой среды от оперативных условий. Обеспечение интеграции основных компонентов новой технологии, что позволит выполнить испытания в моделируемых реальных условиях
TRL-6	Готовность модели системы и ее подсистем или прототипа системы к демонстрационным испытаниям в реальных условиях	Подготовка модели системы и ее подсистем или прототипа к испытаниям в высокоточных лабораторных условиях или в моделируемой оперативной обстановке
TRL-7	Демонстрационные испытания модели системы и ее подсистем или прототипа в реальных условиях	Демонстрационные испытания модели системы и ее подсистем или прототипа в высокоточных лабораторных условиях или в моделируемой оперативной обстановке
TRL-8	Квалификационные испытания фактически законченной разработки технологии	Оперативные испытания и оценки (DT&E — Development Test and Evaluation), подтверждающие фактическое окончание разработки технологии и готовность ее к применению по прямому назначению. Проверка технологии на соответствие проектной спецификации
TRL-9	Окончание разработки технологии	Фактическая разработка технологии в окончательном виде и готовность ее к применению по прямому назначению. Этап заканчивается составлением отчета DT&E

Этот показатель используется правительственными учреждениями США и промышленными фирмами для понимания технического статуса новой технологии, эффективного управления рисками, принятия решений, касающихся финансирования разработки конкретной технологии и ее передачи в промышленность.

За приобретение систем В и ВТ для ВМС США отвечает аппарат ответственных администраторов по группам крупных программ вооружений (РЕО — Program Executive Officer), которым непосредственно подчинены руководители конкретных программ (РМ — Program Manager). Последние назначаются приказом Министра обороны или ВМС для непосредственного руководства программой создания системы и несут ответственность за планирование, организацию, координацию и контроль работ на всех этапах ее выполнения.

Аппарат руководителя программы формируется из специалистов в различных областях техники, представителей заинтересованных управлений и командований вида ВС, финансовых и тыловых органов. Численность аппарата зависит от характера программы и может составлять от 30 до 100 как военных, так и гражданских специалистов.

Разработка технического задания на корабль осуществляется Управлением анализа боевых операций штаба ВМС США, в котором создан специальный совет (WRB — Warfare Requirements Board) по разработке общего технического задания (далее — ОТЗ). В состав совета в качестве его постоянных членов входят начальники Управлений морских и авиационных систем, космических и морских вооружений, Командования материально-технического снабжения, а также помощник начальника штаба по НИОКР.

В результате коллегиальной работы указанного совета разрабатывается предварительный вариант ОТЗ (TOR — Tentative Operational Requirement), который постепенно уточняется с участием специализированных управлений ВМС США.

Одним из важных этапов является согласование предварительного ОТЗ Управлением космических и морских вооружений, которое отвечает за разработку РЭВ, а также за интеграцию вооружений в единую боевую систему в масштабах соединений, групп и отдельных формирований ВМС США.

Это управление на основе сравнительного анализа вариантов по критерию «боевая эффективность — стоимость» выдает свои рекомендации, в соответствии с которыми предварительный вариант ОТЗ корректируется и поступает на согласование в другие специализированные управления для оценки на совместимость с существующими программами разработок вооружений. Затем ОТЗ снова посылается на согласование в Управление космических и морских вооружений, которое осуществляет концептуальные исследования и выпускает так называемый «Доклад о вариантах предлагаемых разработок» (DOP — Development Option Paper). После его рассмотрения советом WRB выпускается окончательный вариант ОТЗ (OR — Operational Requirement), который используется на этапе эскизного проектирования.

Для непосредственного участия в проектировании корабля формируется проектная группа из специалистов различных отделов и управлений штаба ВМС США IPT (Integrated Production Team).

В ходе реализации программа приобретения корабля проходит ряд контрольных рубежей (Milestone), на которых принимаются решения о переходе к очередному этапу работ.

Контроль хода выполнения работ по программе производится по окончании каждого этапа, когда контролирующим органам должна быть представлена информация о полученных результатах и состоянии работ, необходимая для продолжения программы. Кроме того, определены три ключевых рубежа — начало разработки (Development Start), анализ проекта (Critical Design Review) и начало производства (Production Start).

Первый контрольный рубеж (Milestone A) — принятие решения о начале программы и разработка стратегии приобретения корабля. Ему предшествуют три предварительных этапа, в рамках которых проводится исследовательское проектирование, анализ альтернатив, оценки осуществимости программы, выявление «критических» технологий. Изучаются все тех-

нологии, позволяющие достичь конкретных эксплуатационных характеристик, определенных в обосновании необходимости создания нового корабля.

Основой для проведения второго предварительного этапа может стать разработка возможных сценариев и концепций использования разрабатываемого корабля (CONOPS — Concept of Operations) с учетом вероятных угроз. В соответствии с этим вырабатываются основные требования к кораблю. Цель третьего из указанных предварительных этапов — определение возможных альтернативных вариантов проекта, удовлетворяющих поставленным требованиям и начало выбора основных подсистем. В конце этого этапа начинаются исследования в рамках «Управления рисками»: выполняются оценки рисков, связанных с реализуемостью проекта, технологической готовностью и возможностями производственной базы. В этот же период рекомендуется вести подготовку к конкурсным разработкам и вырабатывать стратегию проведения испытаний и оценок (Т&Е).

Предварительные исследования проводятся небольшой группой специалистов в течение трех — двенадцати месяцев.

На рубеже Milestone A (начало разработки) выявляется соответствие между требованиями и имеющимися ресурсами. Одним из важных показателей считается наличие отработанных и готовых к использованию технологий к моменту начала разработки. Кроме того, разработчик должен выполнить предварительное проектирование планируемой системы и подтвердить реализуемость проекта.

Непременным условием для реализации программ кораблестроения считается, что наиболее важные технологии должны быть воплощены в опытных образцах и успешно продемонстрированы в реальных условиях прежде, чем будет заключен контракт на техническое проектирование нового корабля.

После прохождения контрольного рубежа Milestone A начинается этап 4 программы, на котором выполняется разработка предэскизного, эскизного и технического проектов, продолжаются разработки и начинаются исследования по интеграции основных подсистем, также продолжаются исследования «критических» технологий.

Рубеж Milestone B (анализ проекта), предусматривает разработку плана финансирования программы на весь период ее выполнения. На этом рубеже контролируется «стабильность» проекта (в ходе работ подтверждается соответствие предъявляемым требованиям, в том числе по стоимости, временным показателям и показателям надежности). Критериями «стабильности» проекта считаются завершение, по крайней мере, 90 % технических чертежей и демонстрация опытного образца. Выпускается контрольный документ «Анализ готовности системы» (Production Readiness Review).

Применительно к программам кораблестроения проект считается «стабильным» после завершения 100 % чертежей и создания трехмерной модели корабля, после чего может быть начато его строительство.

Далее (этап 4) разрабатывается технический проект и начинается строительство головного корабля. При этом продолжаются работы по интегрированию систем, разработке «критических» технологий и проведению соответствующих этапов испытаний. Ведется подготовка к строительству серийных кораблей.

По окончании этого этапа программа проходит следующий контрольный рубеж Milestone C (начало производства) и принимается решение о начале серийного строительства.

На рубеже Milestone C (этап 5) производится оценка боевых качеств корабля, а также оценка производственного потенциала. Рассматривается отработанность производственных процессов и технологий. Критериями оценок программы на этом рубеже считается демонстрация разработчиком возможности создания корабля в пределах заданной стоимости, графика работ и показателей эффективности. Должно быть гарантировано, что все критические производственные процессы полностью отработаны и позволяют выпускать продукцию в

пределах заданных стандартов качества. Важным начальным шагом является демонстрация производственных процессов в опытном производстве.

При успешном прохождении рубежа 3 начинается этап 6, в рамках которого реализуется развертывание головного корабля и строительство серии, продолжаются флотские испытания кораблей.

Финансирование работ по этапам 1–5 производится по статье расходов на НИОКР (бюджетные категории ВА 4 «Разработка перспективных компонентов и создание опытных образцов» и ВА 5 «Разработка и демонстрация систем»), разработки «критических» технологий – по бюджетным категориям ВА 3 «Разработка перспективных технологий» и ВА 4. После прохождения программой контрольного рубежа Milestone В (этапы 5,6) финансирование производится также и по статье расходов «Строительство и переоборудование кораблей»; начиная с последней трети этапа 6 – по статье «Эксплуатация и обслуживание».

Таким образом, практика военного кораблестроения США показывает, что, когда работы по программе передаются промышленности, участие ВМС уменьшается незначительно, при этом в качестве исполнителей этапов 1–3, в рамках которых выполняются концептуальные разработки и предварительные исследования, всегда выступают ВМС. Вариативность исполнителей имеет место при выполнении этапа 4 «Предэскизное и эскизное проектирование. Подготовка контракта». Этапы 5, 6, на которых ведется разработка технического проекта, строительство и испытания кораблей, выполняются промышленностью.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.39.2016/НМ.

Список литературы (References)

1. Navy Forces Structure and Shipbuilding Plans: Background and Issues for Congress. Congressional Research Service. Available at: www.crs.gov.
2. DODI 5000.2 Operation of the Defense Acquisition System.
3. Jane's Defense Review, 2004, v.41, No.43, p.5; 2004, v. 41, No. 43, p. 5; March 2005, v. 110, No. 2, p. 31, June 2014, v. 47, pp. 30–31.
4. U.S. Naval Institute Proceedings, June 2012, v. 138, pp. 31–32.
5. Available at: <http://www.sb.northropgrumman.com>.
6. Available at: <http://www.navsource.org>.
7. Available at: www.defensenews.com.
8. Available at: <http://horizon2020projects.com>.
9. Available at: <http://www.darpa.mil/news-events>.
10. Available at: <http://www.defense.gov>.
11. Available at: <http://www.navsea.navy.mil>.
12. Available at: <http://www.defenseindustrydaily.com>.
13. Available at: <http://www.naval-technology.com>.

ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕЖЛИЧНОСТНЫХ ОТНОШЕНИЙ И БЛАГОПРИЯТНОГО ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО КЛИМАТА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОДВОДНОГО ПЛАВАНИЯ

В.Г. Каменская, проф. Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина,
д-р психол. наук, член-корр. РАО, kamenskaya-v@mail.ru

Н.С. Барабаш, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. филол. наук, nsb@extech.ru

С.А. Клементьев, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, klements@extech.ru

В статье приводятся результаты анализа физического и психического состояния членов экипажа подводного плавсостава. В ней проделана попытка обобщения зарубежного опыта исследований межличностных отношений и психологического климата в условиях длительного автономного подводного плавания, а также оценка результатов инновационных технических, психодиагностических и психокоррекционных разработок в этой области.

Ключевые слова: подводная лодка, атомная подводная лодка, безопасность, психологические проблемы дисциплины, преодоление стресс-факторов, психологическая совместимость, социальная изоляция, инновационные средства диагностики.

A REVIEW OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF MAINTENANCE OF INTERPERSONAL RELATIONSHIPS AND A FAVORABLE PSYCHOLOGICAL CLIMATE IN LONG-TERM SCUBA DIVING

V.G. Kamenskaya, Professor, Yelets State University named after Ivan Bunin,
Ph.D. of Psychology, corresponding member of RAE, kamenskaya-v@mail.ru

N.S. Barabash, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Philology, nsb@extech.ru

S.A. Klement'ev, Head of Department, SRI FRCEC, klements@extech.ru

The article is devoted to the important problems concerning a submarine crew's physical and psychological condition. In accordance with the experience of the foreign countries, this article considers the main tendencies looking into the interpersonal relationship and psychological climate in a submarine. It also examines physical, psychological and social living conditions of the military forces and some innovative tools for the psychological diagnostic of the crew.

Keywords: submarine, nuclear submarine, safety, psychological discipline problems, stress management, psychological compatibility, social isolation, innovative diagnostic tools.

Введение

Основные проблемы обеспечения выживаемости подводной лодки в длительных походах связаны с ее техническим состоянием и состоянием основных технологических узлов и систем.

Усложнение технического оснащения подводных лодок (ПЛ), и в особенности атомных подводных лодок (АПЛ), несущих ядерные заряды, предъявляет возрастающие требования не только к командному составу, но и к остальным членам экипажа.

Все членам экипажа необходимо прикладывать существенные усилия для формирования сплоченного коллектива, который в короткое время способен точно и быстро выполнить приказ командира, а также принимать адекватные решения в экстремальных ситуациях.

Одними из основных критериев при разработке эффективных новых видов вооружения и морских кораблей и судов, в том числе и АПЛ, являются надежность и безопасность техни-

ки. Практически все новые виды вооружения отличаются разной степенью надежности и риска выхода за штатный диапазон работы. Как показывает практика, разработка проекта, создание по проекту ПЛ — далеко не конечный пункт инновационной деятельности. Если в проект заложены ошибочные технические критерии, то отказа техники и неадекватных действий членов экипажа избежать вряд ли удастся.

Второе направление инновационных разработок связано с ошибками экипажа, иногда имеющими роковые последствия. Много средств выделяется на инновации в области усиления надежности человеческого фактора, разрабатываются различные способы замены человека робототехническими системами. Робототехника — одно из наиболее финансируемых направлений науки, на которое возлагаются большие надежды как в системе управления техническими системами ПЛ, так и при необходимости выполнения тяжелых физических работ. Роботы являются сложными элементами технической системы ПЛ, управление которыми можно доверить только высокопрофессиональным членам экипажа. Возможной тенденцией этой инновационной деятельности со временем станет замена младшего и среднего персонала инженерами-робототехниками.

Анализ основных проблем и способов их решения в условиях длительного подводного плавания

Технологический прогресс, создание новых, технически более совершенных ПЛ, в том числе и АПЛ, требует от экипажей высокого профессионализма и слаженности, особенно в непредвиденных случаях.

Далеко не всегда команда может справиться с нештатной ситуацией и не допустить аварии, что, в очередной раз, показывает важность грамотной оценки качества личного состава ПЛ и эффективного управления коллективом.

Отсутствие профессиональных психологов в ВМС США в середине 90-х годов не позволяло идентифицировать психологические проблемы дисциплины и обобщать опыт их решения; решать подобные проблемы было необходимо созданием системы психологического обеспечения. Это мониторинг и оценка психологического климата, диагностика стартового уровня членов экипажа, экспертиза планируемых и реализуемых мероприятий, психокоррекция, экспертиза и коррекция грубых проступков, срочная психологическая помощь нуждающимся, рационализация жизни и деятельности, повышение компетентности командного звена ПЛ. При этом отмечалось, что необходимо соответствующее психодиагностическое оснащение — университетская профессионально-психологическая подготовка военного психолога недостаточна для эффективной практической работы. Непрофессионализм, неквалифицированное вмешательство, некомпетентность могли приводить к негативным последствиям. Такая работа требует специфической мотивации и высокой, но часто недооцениваемой подготовленности практического психолога в Вооруженных силах.

В настоящее время команда контрактников на ПЛ формируется с помощью отбора, включающего анкетирование, собеседование, оценку психического и физического здоровья. Наиболее тщательно тестируется наркотическая зависимость. Вместе с тем, отбор по критерию психического здоровья не всегда способен обеспечить психологическую совместимость и адекватное состояние членов экипажа, ухудшающееся в ситуациях длительных переходов под водой или в экстремальных ситуациях. Известно, что в сложных условиях в поведении людей начинают ярко проявляться индивидуально-типологические черты, которые в обычной жизни маскируются характерологическими свойствами и выученными ролевыми диспозициями [2].

Определенные темпераментальные и конституциональные черты диктуют холерикам агрессивное и активное поведение, меланхоликам — высокую тревожность и нерешительность в сложных обстоятельствах. Затянутые во времени нештатные ситуации приводят к резкому нарастанию риска конфликтов и агрессивных атак и столкновений, поэтому разрабатываются и внедряются различные способы снижения эмоционально-нервного напряжения членов экипажа, в том числе и за счет укрепления морально-волевого ресурса военнослужащих.

Моделирование реалистичной многомерной картины современного боя предполагает создание словесно-образной модели, содержащей описание основных боевых факторов, действий противника и своих сил, психических реакций и состояний, вызываемых различными элементами боевой обстановки и ознакомление с ней военнослужащих. При моделировании внешней картины боя в зрительной, аудиальной, обонятельной и осязательной модальностях военные руководители стремятся реалистично обозначить действие факторов опасности, внезапности, новизны и ответственности. Американский военный психолог Дж. Берк считает, что эту задачу можно решить лишь путем участия личного состава в надводных и подводных ядерных испытаниях. По его мнению, такая программа должна стать неотъемлемой частью боевой подготовки Военно-Морских сил, и каждый военнослужащий обязан неоднократно принимать участие в такого рода занятиях [3].

Военные специалисты НАТО, анализируя боевые действия Военно-Морских сил – Великобритании на Фолклендских островах, США в Средиземном море и Персидском заливе – убедились в необходимости целенаправленной закалки психики матросов и офицеров в обстановке, максимально приближенной к боевой. Сегодня существует следующая концепция:

- то, что матрос успешно выдерживает в ходе повседневной учебы, он спокойно выдержит и в экстремальных условиях, в том числе в ходе военных действий;
- необходимо формировать чувство уверенности матроса в выполнении поставленных задач;
- методы и приемы психотерапии и психостимулирования должны быть разнообразными [4, 5].

С другой стороны отмечается необходимость снижения нервно-психической напряженности и агрессивности членов экипажа в обычных штатных ситуациях длительного плавания, когда средовые условия жизнедеятельности сами по себе являются определенными стрессогенными факторами.

Для профилактики негативного влияния на военнослужащих гиподинамией и однообразием выполняемых задач (монотонии) в составе боевых смен и расчетов, сотрудники психологической службы корабельных соединений проводят на базах специальное тестирование личного состава, по результатам которого командирам кораблей, выходящим в дальние морские походы, выдаются рекомендации по работе с военнослужащими с учетом их индивидуальных психологических особенностей. С целью избежать во время длительного нахождения в море негативных последствий от возможных межличностных конфликтов между моряками (при возникновении эффекта «перенасыщенности» от общения), в период береговой подготовки экипажей кораблей проводятся психологические тренинги по формированию групповой сплоченности личного состава. Кроме того, военнослужащие обучаются правилам проведения индивидуальных аутотренингов по психической релаксации [6].

Например, в последние три года при подготовке военнослужащих ВМС США стали активно применяться специальные психологические методы по преодолению стресс-факторов морской службы за счет освоения военными моряками приемов психотехники. Активно исследуются возможности обучения матросов и старшин методам экстрасенсорного восприятия, психической саморегуляции, медитации, гипноза и аутогипноза. Вместе с тем практика ведения боевых действий в условиях современной войны показывает недостаточную эффективность этих методов восстановления психики членов экипажа после реальных боевых действий. В рамках психологической подготовки военных моряков большое внимание уделяется профилактике психических расстройств, вызванных особенностями выполнения боевых задач.

Во время участия в мировых войнах эта проблема остро не возникала. Однако после Вьетнама, Никарагуа, Ирака, Ливии около 20 % американских участников специальных морских операций подверглись психическим расстройствам уже после возвращения домой. Учитывая этот опыт, с целью поддержания психологической устойчивости американских

военных моряков в ходе военно-морской операции вблизи Ливии в 2012 г., на специально оснащенных госпитальных судах, входящих в состав военно-морской средиземноморской группировки США, были оборудованы специальные психореабилитационные центры [7].

В ВМС Великобритании и Франции психиатр и психолог введены в состав штаба каждой дивизии надводных кораблей и подводных лодок. Они тщательно контролируют процесс морально-психологической подготовки на кораблях и в подразделениях и, кроме этого, занимаются проблемами сплочения различных категорий военнослужащих. На флотах ФРГ, Бельгии, Дании, Италии организацией мероприятий в области морально-психологической подготовки заняты офицеры, имеющие специальное психологическое образование. Таким образом, командование ВМС стран-участниц НАТО рассматривает морально-психологическую подготовку личного состава кораблей как такую же неотъемлемую часть подготовки военного моряка-профессионала, как и военно-профессиональную подготовку.

Снижение бытовой агрессивности членов экипажа, тем не менее, рассматривается в качестве одной из важнейших задач психолого-педагогической работы с экипажем. Одним из решений этой задачи может быть создание смешанных экипажей. Представители служб по укомплектованию личного состава ПЛАРБ типа «Огайо» заявили, что в 2016 г. разрабатываются планы и правила прохождения службы на подводных лодках женщин-добровольцев (старшины и рядовые). В этих правилах будет учитываться опыт составления смешанных экипажей на надводных боевых кораблях, которому уже более 5 лет. В основном, профессиональными обязанностями женщин-контрактниц станут обязанности коков, операторов информационных систем, специалистов по снабжению и медсестер. Однако со временем планируется передать женщинам с офицерскими званиями должности младших инструкторов и операторов ядерных реакторов [8].

Анализ основных факторов, оказывающих определяющее влияние на психоэмоциональное состояние экипажей ПЛ

Основными тенденциями исследований межличностных отношений и психологического климата в условиях длительного автономного подводного плавания, характерными как для России, так и для всего остального мира, являются общие для военной службы и ведения боевых действий два основных направления. Первое – изучение психологических, медицинских и социальных условий военной службы в обычных жизненных обстоятельствах; второе связано с психодиагностическими и психокоррекционными разработками. Это различные и по содержанию, и по форме научно-исследовательские проекты.

В мирных условиях несения службы военнослужащие подвергаются воздействию информационных, социально-психологических и иных факторов, которые создают нагрузки и перегрузки когнитивного, эмоционального, коммуникативного и интерактивного характера. Специфика военной службы включает в себя особый трудовой и жизненный ритм; повседневную напряженную деятельность, в которой опасность представлена как потенциально возможное событие, и так называемые экстремальные (критические) ситуации, при которых военнослужащие сталкиваются с реальной опасностью для своей жизни, человеческими жертвами и материальными потерями.

Вместе с тем основные стрессогенные факторы, влияющие на самочувствие и жизнедеятельность военнослужащих можно объединить в две группы: институциональные и общесоциальные. Институциональные факторы – это факторы военной организации, воздействующие на личность военнослужащего: организационные, социально-психологические, технологические.

Среди институциональных факторов важной является укрытость воинских подразделений, относительная социальная изоляция. Жизнь и деятельность военнослужащих проходит в однообразной и социально ограниченной обстановке воинского гарнизона; военнослужащие лишены привычной социально значимой информации (сведений о родственниках, близких, друзьях); с одной стороны военнослужащие испытывают относительное эмоцио-

нальное одиночество (потеря контактов с близкими людьми), с другой — физическую публичность; важной составляющей рассматривается неопределенность оперативной ситуации (дефицит информации о временных, пространственных и смысловых характеристиках оперативного события). Можно выделить ряд психических состояний военнослужащих, возникающих вне боевых действий в результате воздействия стрессогенных факторов: растерянность и разочарование в службе при неудачах; стремление уйти от преодоления трудностей; неуверенность в правильности своих действий, связанных с выполнением своих служебных обязанностей; страх, агрессия или покорность, апатия или безразличие, при взаимодействии с сослуживцами и командирами; дезорганизация работы [9].

Эти факторы играют еще более существенную роль при несении службы на ПЛ, где пространственно-информационная среда на ПЛ отличается рядом специфических особенностей, связанных, прежде всего, с невозможностью произвольной смены пространства и выхода из него. Другими словами, служба на ПЛ имеет дополнительную психологическую нагрузку — пространственное ограничение и связанный с ним постоянный коллектив членов экипажа. Это порождает у людей со слабым типом нервной системы эмоциональную напряженность и повышенную тревожность. Существует понятие пороговой величины уровня напряжения, превышение которого оказывает деструктивное влияние на психику и поведение военнослужащего. Нарастание напряженности, вызванной стеническими эмоциями, которые человек переживает в измененных условиях существования, может превысить его индивидуальный порог толерантности еще до того, как перестроившаяся система психических реакций позволит личности найти конструктивные пути адаптации к конкретной ситуации. В таком случае напряжение продолжает нарастать на фоне преобладания тревожных эмоций, что, в свою очередь, продолжает дезорганизацию психической деятельности, истощая психические возможности человека.

Нервно-психическая деятельность приобретает неустойчивый характер, когда старые, привычные комплексы реакций уже более не в состоянии обеспечить эффективное взаимодействие со средой, а новые, необходимые человеку в данных условиях, не имеют достаточных ресурсов для их соответствующей организации. Рост напряжения, как правило, сопровождается эмоциональным возбуждением, препятствующим рациональным процессам. Военнослужащий, теряется, впадает в панику, теряет контроль над ситуацией и своим поведением. Следствием психической напряженности в измененной среде жизнедеятельности при невозможности ее конструктивного использования является нервно-психическая неустойчивость, склонность к срывам функций нервной системы как следствие высокой психической нагрузки.

Общесоциальные факторы — факторы основных сфер жизнедеятельности общества за рамками ПЛ, в которые активно включен военнослужащий (социально-экономические, семейно-бытовые, социально-политические, религиозные, культурологические и т.д.), играют менее значимую роль в психоэмоциональном состоянии военнослужащего не только в период ведения боевых действий, но и в ситуациях выполнения штатных заданий. Следует отметить, что сочетание негативных факторов несения службы на ПЛ, психологически травмирующих членов экипажа, ухудшающих психологический климат в коллективе, компенсируются профессиональными военными психологами и психиатрами. Снижение межгрупповой напряженности во время походов достигается специальным профессиональным отбором, цель которого подобрать коллективы с наименьшим риском конфликтов. При этом используются как известные тесты (например, тест Тимоти Лири), так и специальные психофизиологические методы, оценивающие стрессоустойчивость каждого члена экипажа. Следует отметить, что эти психологические и технологические средства приносят свои плоды: число физических столкновений и конфликтов снижается.

Однако, все перечисленные способы сохранения психологического здоровья и создания комфортной среды неэффективны в случае участия ПЛ в боевых действиях или учениях

приближенных к реальным условиям боя. Подобная картина наблюдается практически во всех странах, участвующих в военных действиях. Причины формирования боевого стресса многочисленны: ужасы войны, страх быть убитым, раненым, физическое и психическое перенапряжение, нарушение режимов жизнедеятельности, болезни, травмы и ранения, неопределенность и дефицит информации, необычность ситуации, отсутствие в прежнем опыте запаса возможных ответных реакций. Немаловажное значение имеют также и социокультурный контекст: популярность войны, фактор социальной поддержки. Сознание бессмысленности войны, специфический комплекс вины понижает психическую устойчивость и сопротивляемость стрессам. Все эти характерные черты постстрессорного синдрома типичны для членов экипажей ПЛ, принимавших участие в боевых действиях.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что посттравматический синдром участников военных локальных конфликтов является личностным кризисом со всеми присущими ему признаками, а, значит, как и любой психологический личностный кризис, нуждается в коррекции, терапии. Преодоление индивидом психотравмирующего воздействия стрессоров боевой обстановки зависит от трех факторов: характера психотравмирующих событий, индивидуальных характеристик ветеранов и особенностей условий, в которые ветеран попадает после возвращения с войны. Взаимодействие этих трех факторов с процессом когнитивной переработки психотравмирующего опыта (сочетание избегания воспоминаний с периодическим их повторением) приводит либо к росту психического напряжения, либо к постепенной ассимиляции психотравмирующего опыта.

Наблюдения за поведением и здоровьем участников военных действий — членов экипажей ПЛ подчеркивает необходимость профессионального отбора для военно-морского флота, который имеет место в каждой стране. Однако ситуация осложняется отсутствием надежной профессиограммы командира экипажей, его помощников и рядовых членов экипажа. От успешности решения этой психологической задачи, в конечном счете, зависит не только психологическая устойчивость членов экипажа, но и живучесть ПЛ и выполнения ими боевой задачи.

Заключение

Исходя из вышесказанного, можно определить основные направления исследований в области обеспечения межличностных отношений и психологического климата в условиях длительного автономного подводного плавания.

1. Разрабатываются психотерапевтические и психологические средства поддержания нормального психического здоровья и высокой работоспособности членов экипажа в условиях постоянного социального окружения и замкнутого пространства. Апробируются химические средства поддержания психоэмоционального состояния в пределах психиатрической нормы, в том числе и наркотической природы.

2. Формируются и внедряются аутотренинговые модели отдыха и снижения стресса повседневной жизнедеятельности на ПЛ и АПЛ.

3. Улучшается методология профессионального отбора членов экипажа, устойчивых к стрессогенным условиям несения службы на ПЛ.

4. Разрабатываются средства сетевого контроля над состоянием командира и его помощников с целью не только диагностики, но и коррекции психоэмоционального напряжения.

5. Технологические разработки имеют своей целью формирование удобной и безопасной среды жизнедеятельности на АПЛ, где риск облучения наиболее вероятен. Контроль над радиоактивным излучением является важной задачей технологических систем слежения и контроля. Кроме того, крайне актуальна разработка системы автоматизированной коррекции уровня радиации в допустимых и безопасных границах.

Безусловно, психологические разработки зарубежных психологов, работающими с командами ПЛ и АПЛ могут быть учтены и успешно применяются российскими специалистами. Однако следует учитывать и тот факт, что в ситуации реальных боевых действия нако-

пленного теоретического и практического опыта может оказаться недостаточно. В случае военных столкновений решающую роль играют психофизиологические и психобиологические свойства личности командира: скорость обработки информации и ее точность, надежность принятия решений в ситуации дефицита времени, стрессорная устойчивость, качество мобилизации и восстановления адаптационного ресурса, а также прогностические качества интеллекта. Эти черты личности плохо рефлексированы, а главное — в экстремальных условиях они малопредсказуемы. Моделирование экстремальных ситуаций, широко применяемое для подготовки кадров, не особенно эффективно, так как осознание минимума угрозы для собственной жизни смещает внутренние критерии при принятии решения. В связи с этим необходима разработка системы профессионального отбора и диагностики соответствия качеств командного состава профессиональным требованиям, которая включает объективную психофизиологическую оценку свойств индивидного уровня с помощью инновационных инструментальных методов. Инновационность инструментальных средств диагностики связана с созданием нелинейных сенсорных информационных систем, деятельность в которых опирается на нейрокогнитивные задатки человека. Точная и скоростная ориентация в нелинейной информационной среде — залог успешного принятия решений на основе прогноза развития событий во времени и в пространстве.

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполненной ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по заданию № 2.39.2016/НМ Министерства образования и науки РФ на выполнение работ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Утлик Э.П. Психология воинской дисциплины // Военная психология: методология, теория, практика: Учебно-методическое пособие. М., 1996. С. 115–125.
2. Китаев-Смык Л.А., Психология стресса. М.: Наука, 1983.
3. Давыдов Д. Информационные операции как инструмент достижения целей военно-политического руководства США // М., Зарубежное военное обозрение, № 10, 2013 г., с. 3–10.
4. Троян А. Основные итоги военной кампании Запада в Сирии // М., Зарубежное военное обозрение, № 4, 2012 г, с. 8–15.
5. Шитов П. Морально-психологические проблемы военнослужащих // М., Зарубежное военное обозрение, № 9, 2013 г, с. 34–38.
6. Броневицкий Г. Психология военных моряков: психические состояния / СПб, изд-во «Образование-культура», 2001 г., с. 99–126.
7. Молев В.М. Опыт морально-психологической подготовки личного состава военно-морских сил стран членов НАТО к выполнению боевых задач. Available at <http://www.bgarf.ru/science/journal-izvestia/31-2015/voennoye-obrazovaniye.pdf>.
8. Радов В. ВМС США рассчитывает, что женщины-рядовые займут место в составе экипажей ПЛАРБ в 2016 г. (по материалам NavyTimes). Available at <http://vlad-radoff.livejournal.com/932610.html>.
9. Military Psychologist. Available at <http://www.allpsychologycareers.com/career/military-psychologist.html>.

References

1. Utlik E.P. (1996) *Psichologiya voinskoy distsipliny* [Military discipline psychology]. *Voennaya psichologiya: metodologiya, teoriya, praktika* [Military psychology: methodology, theory and practice] *Uchebno-metodicheskoe posobie* [A textbook] Moscow. pp. 115–125.
2. Kitaev-Smyk L.A. (1983) *Psichologiya stressa* [Stress psychology]. Nauka. Moscow.
3. Davydov D. (2013) *Informatsionniye operatsii kak instrument dostizheniya tseley voenno-politicheskogo ruko-vodstva SSHA* [Informational operation as a tool to achieve the aim for the USA authorities] *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign Military review]. No. 10, pp. 3–10. Moscow.

4. Troyan A. (2012) *Osnovniye itogi voennoy kampanii Zapada v Sirii* [The main results of the campaign in Syria] *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign Military review]. No. 4, pp. 8–15. Moscow.
5. Shitov P. (2013) *Moral'no-psichologicheskiye problemy voennosluzhashchikh* [Moral and psychological problems of the servicemen] *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign Military review]. No. 9, pp. 34–38. Moscow.
6. Bronevitskiy G. *Psichologiya voennykh moryakov: psichicheskie sostoyaniya* [The Marines psychology: the psychological conditions] *Izdatel'stvo «Obrazovanie-kul'tura»* [Education-Culture Publishing House]. St. Petersburg, pp. 99–126.
7. Molev V.M. (2015) *Opyt moral'no-psichologicheskoy podgotovki lichnogo sostava voenno-morskich sil stran-chlenov NATO k vypolneniyu boevykh zadach* [Moral and psychological training of the marines in NATO member countries for the combat mission fulfillment]. Available at <http://www.bgarf.ru/science/journal-izvestia/31-2015/voennoye-obrazovaniye.pdf>.
8. Radov V. (2016) *VMS SSHA rasschityvaet, chto zhenshchiny-ryadovye zaymut mesto v sostave ekipazhey PLARB v 2016 godu* [The U.S. Navy as sumes women as a crew member in SSBN (Ship Submarine Ballistic Nuclear) in 2016] *Po materialam* [According to the materials] *NavyTimes*. Available at <http://vlad-radoff.live-journal.com/932610.html>.
9. Military Psychologist. Available at <http://www.allpsychologycareers.com/career/military-psychologist.html>.

ПОЛИТИКА И ПЛАНИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АВТОНОМНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ ВЕДУЩИХ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

И.М. Комаров, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, komarovim@extech.ru

К.В. Епишин, нач. отдела ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доц.,
epishin@extech.ru

Д.В. Зернюков, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, d255@yandex.ru

Е.Л. Хицунов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, hidi88@extech.ru

Д.Б. Изюмов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, izyumov@extech.ru

Е.Л. Кондратюк, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, kel@extech.ru

В статье рассмотрены вопросы политики и планирования в области разработки перспективных роботизированных и беспилотных средств вооруженной борьбы в ведущих зарубежных странах.

Ключевые слова: автономный роботизированный комплекс, воздушно-морские операции, перечень критических военных технологий (США), научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, критические технологии.

POLICY AND PLANNING IN THE FIELD OF DEVELOPMENT OF ADVANCED AUTONOMOUS ROBOTIC SYSTEMS OF THE LEADING FOREIGN COUNTRIES' ARMED FORCES

I.M. Komarov, Director of Centre, SRI FRCEC, komarovim@extech.ru

K.V. Epishin, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Engineering,
Assistant Professor, epishin@extech.ru

D.V. Zernykov, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, d255@yandex.ru

E.L. Khitsunov, Head of Department, SRI FRCEC, hidi88@extech.ru

D.B. Izyumov, Head of Department, SRI FRCEC, izyumov@extech.ru

E.L. Kondratyuk, Senior Researcher, SRI FRCEC, kel@extech.ru

In the article the questions of policy and planning in the development of advanced robotic and unmanned means of armed struggle in the leading foreign countries.

Keywords: Autonomous robotic complex, Air-Sea Battle, Militarily critical technologies list (MCTL), Military-industrial complex (MIC), research and development (R&D), critical technologies.

Список сокращений

АРТС — автономные роботизированные транспортные средства;

БГУ — Быстрый глобальный удар;

БЛА — беспилотный летательный аппарат;

БНМ — безэкипажная наземная машина;

ВЗС — ведущие зарубежные страны;

ВМО — воздушно-морские операции;

ВТО — высокоточное оружие;

ДАРПА — Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны;

ЛА — летательный аппарат;

НБА — надводный безэкипажный аппарат;
НПА — необитаемый подводный аппарат;
НИР и ОКТР — научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские и технологические разработки;
ПВО — противовоздушная оборона;
ПРО — противоракетная оборона;
CNAS — Center for a New American Security (Центр Новой американской безопасности);
DSB — Defense Science Board (Научный совет Министерства обороны США);
MCTL — Militarily Critical Technologies list (перечень критических военных технологий);
NIA-D3 — Networked, Integrated, Attack-in-depth to Disrupt, Destroy and Defeat (интегрированные сетевые операции по нанесению глубоко эшелонированных ударов для подрыва функционирования, вывода из строя и уничтожения угроз);
SoSITE — System of Systems Integration Technology and Experimentation («Система систем», обеспечивающая интеграцию систем, основанных на новых технологиях и разработках, в новую архитектуру);
ISR — Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (Разведка, наблюдение и обнаружение целей);
USMC — United States Marine Corps (Корпус морской пехоты США).

Введение

Курс на оснащение вооруженных сил ведущих зарубежных стран (ВЗС) автономные роботизированные транспортные средства (АРТС) различного назначения принимает в настоящее время характер устойчивой тенденции. Военное руководство ВЗС проводит целенаправленную, долгосрочную политику в области разработки перспективных роботизированных и беспилотных средств вооруженной борьбы, рассчитывая не только сохранить личный состав, сделать проведение всех боевых и обеспечивающих задач более безопасным, но и в перспективе разработать инновационные и эффективные средства для обеспечения национальной безопасности, борьбы с терроризмом и асимметричными угрозами, а также эффективного проведения военных операций.

Наращивание возможностей ВЗС в области военной робототехники приводит к тому, что многие классические методы защиты (минные заграждения, средства противоракетной обороны (ПРО) и противовоздушной обороны (ПВО) и т.д.) становятся менее эффективными. Преимущества, получаемые одними странами за счет применения АРТС в области разведки и освещения обстановки, для их потенциальных противников будут выражаться в перегрузках систем управления стратегического звена, дезориентации, сбоях и меньшей осведомленности, фрагментации информационной картины происходящего.

Принципиально значимым вызовом в области национальной безопасности остается также и тот факт, что массовое внедрение АРТС даст мощный импульс проведению научно-исследовательских работ, опытно-конструкторских и технологических разработок (НИР и ОКТР), связанных с развитием искусственного интеллекта, человеко-машинных интерфейсов и др. Огромные перспективы в развитии мини- и микро-АРТС открываются в связи с развитием нанотехнологий.

Факторы, определяющие концепцию развития АРТС в мире

Опыт создания, эксплуатации и боевого применения АРТС в США показал, что разработать единичные экземпляры в целом не составляет особой проблемы при соответствующем уровне развития науки и технологий в стране. Но их внедрение и получение необходимого военного, технологического, экономического и иных эффектов — отдельная и крайне многоаспектная проблема, которая требует полноценного решения.

Изучение опыта США и других стран показал, что можно выделить четыре группы факторов, определяющих процесс создания и дальнейшего применения АРТС:

1. Функциональные факторы — потребности заказчика. Выработка тактических приемов использования АРТС в США до сих пор окончательно не сформирована даже в виде пол-

ноценной концепции применения серийных АРТС ни для одного вида вооруженных сил. Другими словами, формирование взглядов на применение АРТС представляет серьезную самостоятельную научно-практическую проблему.

2. Технологические факторы — непрерывное развитие новых и совершенствование существующих технологий разработки, создания и производства АРТС различного назначения, в том числе и вариантов их полезной нагрузки. Проявление данного фактора состоит в том, что при кажущейся простоте создания отдельных образцов, определение технического облика АРТС для его массовых закупок по линии того или иного ведомства потребовало унификации «технологических» решений и стандартизации. Предполагается, что весомость технологического фактора во многом увеличится при создании микро-АРТС с применением нанотехнологий. Технологические факторы также выступают в качестве серьезного ограничителя для массового внедрения АРТС. Это касается, прежде всего, разработки коммуникационных технологий, систем с искусственным интеллектом, автономных силовых установок.

3. Психологические факторы — особенности совместного применения людей и роботов при решении сложных задач (в боевых условиях, условиях чрезвычайных ситуаций, вредных климатических условиях и т. п.). Этот вопрос требует специальной системы подготовки как собственно операторов, так и руководящего состава, способного к организации и управлению работой «роботизированных» подразделений в сложных условиях обстановки. Эта же проблема касается этики использования боевых АРТС, а также целого ряда международных правовых вопросов, включая положения о ведении войны.

4. Материально-производственные и финансовые факторы, связанные с необходимостью массовой разработки, производства и эксплуатации серийных образцов АРТС, их классификации и унификации.

В совокупности все вышеперечисленные факторы порождают группу проблем, требующих полноценного решения. К ним, по мнению американских специалистов, относятся следующие [1]:

- совместимость АРТС, стоящих на вооружении различных видов вооруженных сил и ведомств. Достижение совместимости должно привести к минимизации стоимости жизненного цикла новых систем АРТС;

- автономность АРТС. Это главная проблема с точки зрения эффективности внедрения АРТС. Большая автономность должна достигаться за счет оптимизации циклов управления, развития информационно-коммуникационных технологий, решений проблем искусственного интеллекта, энерговооруженности роботизированных систем и т. д.;

- интеграция воздушно-космического пространства для пилотируемых и непилотируемых летательных аппаратов (ЛА). В тесной связи с этой проблемой выступает проблема оптимизации систем связи и разграничения частотного диапазона для организации устойчивых каналов управления АРТС;

- подготовка к эксплуатации и обслуживанию АРТС;

- проблема гармонизации взаимодействия АРТС и пилотируемых систем в различных условиях боевой обстановки.

Решение перечисленных проблем, в соответствии с американскими документами долгосрочного планирования, рассчитывается, как правило, на четверть века вперед. При этом обобщенная задача, которая ставится политическим руководством США в отношении внедрения АРТС в интересах обеспечения национальной безопасности — частичная подмена классических (экипажных, пилотируемых) средств при выполнении определенных тактических задач в рамках отдельных видов ВС. Дальнейшим шагом выступает уже полная замена пилотируемых средств при выполнении значительного перечня задач и создание смешанных группировок сил (экипажных — безэкипажных).

При этом целевая составляющая, которая заставляет ВЗС внедрять АРТС может быть разной. Так, США наращивают парк своих АРТС в связи с необходимостью снижения рис-

ков для личного состава (и соответственно, затрат на него), а также для «вскрытия» районов, которые контролирует потенциальный противник.

Организация НИОКР в ВЗС

Концепции применения робототехнических средств и систем

На долю США приходится до 75 % общемировых затрат на НИОКР в области АРТС, в том числе до 60 % затрат на закупки систем беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Политика США в сфере разработок и производства АРТС опирается на различные программы, основными из которых являются:

- Единая программа по робототехнике (Joint Robotics Program – JRP);
- Национальная инициатива в области робототехники (National Robotics Initiative – NRI) [1];
- Робототехнический консорциум (Robotics Technology Consortium – RTC).

Концепция робототехники уточняется в инициативах ВС США:

- «Воздушно-морские операции (ВМО)» (Air-Sea Battle – ASB);
- «Быстрый глобальный удар (БГУ)» (Prompt Global Strike – PGS или «глобальный молниеносный удар»).

Центральной идеей ВМО является достижение качественно нового уровня интеграции и гибкости ВВС, ВМС и других видов ВС США, которые могут проводить интегрированные сетевые операции по нанесению глубоко эшелонированных ударов для подрыва функционирования, выведения из строя и уничтожения угроз (этому термину соответствует американская аббревиатура NIA/D3 – networked, integrated attacks-in-depth to disrupt, destroy and defeat) [2].

NIA – решение наступательных и оборонительных задач в рамках ВМО должно строго координироваться в реальном масштабе времени посредством использования сетевых технологий контроля и управления воздушными и морскими силами.

D3 – весь комплекс боевых задач в ходе ВМО, разделяется на три уровня:

- подрыв функционирования военной инфраструктуры противника;
- выведение из строя или нейтрализация его ударных систем противника в «запретной зоне»;
- уничтожение других его военных объектов.

Документы долгосрочного планирования НИОКР

Перечисленные выше документы, кроме концептуальных положений имеют функции долгосрочного планирования. Непосредственно же долгосрочное планирование и организация НИОКР в сфере создания АРТС осуществляется, главным образом, на основе дорожных карт [3–9]:

Данные дорожные карты охватывают 25-летнюю перспективу, разрабатываются и утверждаются высокопоставленными офицерами Министерства обороны США, в частности, заместителем начальника Разведывательного управления Министерства обороны США (Defense Intelligence Agency), заместителем министра обороны США по материально-техническому обеспечению (Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics), заместителем председателя Объединенного комитета начальников штабов (Joint Chiefs of Staff) и помощником министра обороны США по сетевой и информационной интеграции (Assistant Secretary of Defense for Networks & Information Integration).

Расходы на разработку, производство и обслуживание АРТС Министерства обороны США в соответствии с [8] представлены табл. 1.

В рамках ведущих стран блока НАТО (Франция, Германия, Италия, Турция, Польша и Чехия) можно выделить ряд следующих направлений развития АРТС:

- развитие «когнитивных» способностей роботизированных систем;
- определение собственного местоположения и навигация;

- координация совместной работы между АРТС и взаимодействие роботизированных систем с людьми;
- разработка и создание масштабируемых математических моделей применения групп АРТС;
- выработка основных направлений боевого применения АРТС.

Таблица 1

**Расходы на разработку, производство и обслуживание автономных робототехнических систем
МО США в соответствии дорожной картой на 2011–2036 гг., млн долл. за прошедшие годы**

Тип АРТС	Этап жизненного цикла	Годы					Всего
		2011	2012	2013	2014	2015	
БНМ	НИР и ОКТР	0	0	0	0	0	0
	Закупки	20,03	26,25	24,27	7,66	0	78,01
БЛА	НИР и ОКТР	1 106,72	1 255,29	1 539,58	1 440,57	1 296,25	6 638,40
	Закупки	3 351,90	2 936,93	3 040,41	3 362,95	3 389,03	16 081,21
НПА, НБА	НИР и ОКТР	29,69	62,92	65,72	48,60	47,26	254,19
	Закупки	11,93	45,45	84,85	108,35	114,33	364,90
Все АРТС	НИР и ОКТР	1 136,41	1 318,21	1 605,29	1 489,16	1 343,52	6 892,59
	Закупки	3 383,86	3 008,63	3 149,32	3 478,96	3 503,36	16 524,12
ИТОГО		9 040,54	8 653,68	9 509,44	9 936,25	9 693,75	46 833,42

БНМ — безэкипажная наземная машина;
НБА — надводный безэкипажный аппарат;
НПА — необитаемый подводный аппарат.

Основной целью Национальной робототехнической инициативы является развитие гражданской робототехники в таких областях, как производство (преимущественно промышленное производство), логистика, сфера услуг, медицина, здравоохранение, исследование космоса, сельское хозяйство, экологический контроль и др. Целью дорожных карт Министерства обороны США — разработка и создание АРТС военного назначения: БЛА, безэкипажных наземных машин, необитаемых подводных и надводных безэкипажных аппаратов для нужд сухопутных войск, ВВС и ВМС США.

Организационная структура привлекаемых министерств, департаментов и ведомств в рамках Национальной робототехнической инициативы и дорожных карт в области робототехнических систем гражданского и военного назначения соответственно представлена на рис. 1.

Анализ основных структур США, привлекаемых для планирования и организации НИОКР в области АРТС различного назначения, позволяет сделать вывод, что исследования США в области автономных робототехнических систем во многом имеют признаки двойного назначения.

На представленной схеме организационной структуры видно, что в США в целях разработки и создания АРТС различного назначения задействованы ведущие профильные министерства (6 из существующих 15 министерств) и ведомства, подконтрольные правительству страны.

Существуют также документы долгосрочного планирования в области АРТС по видам вооруженных сил:

Корпус морской пехоты

U.S. Marine Corps Concept of Operations for USMC Unmanned Aircraft Systems Family of Systems, November 2009.

Концепция операций корпуса морской пехоты США (USMC) по использованию семейства беспилотных авиационных систем, ноябрь 2009.

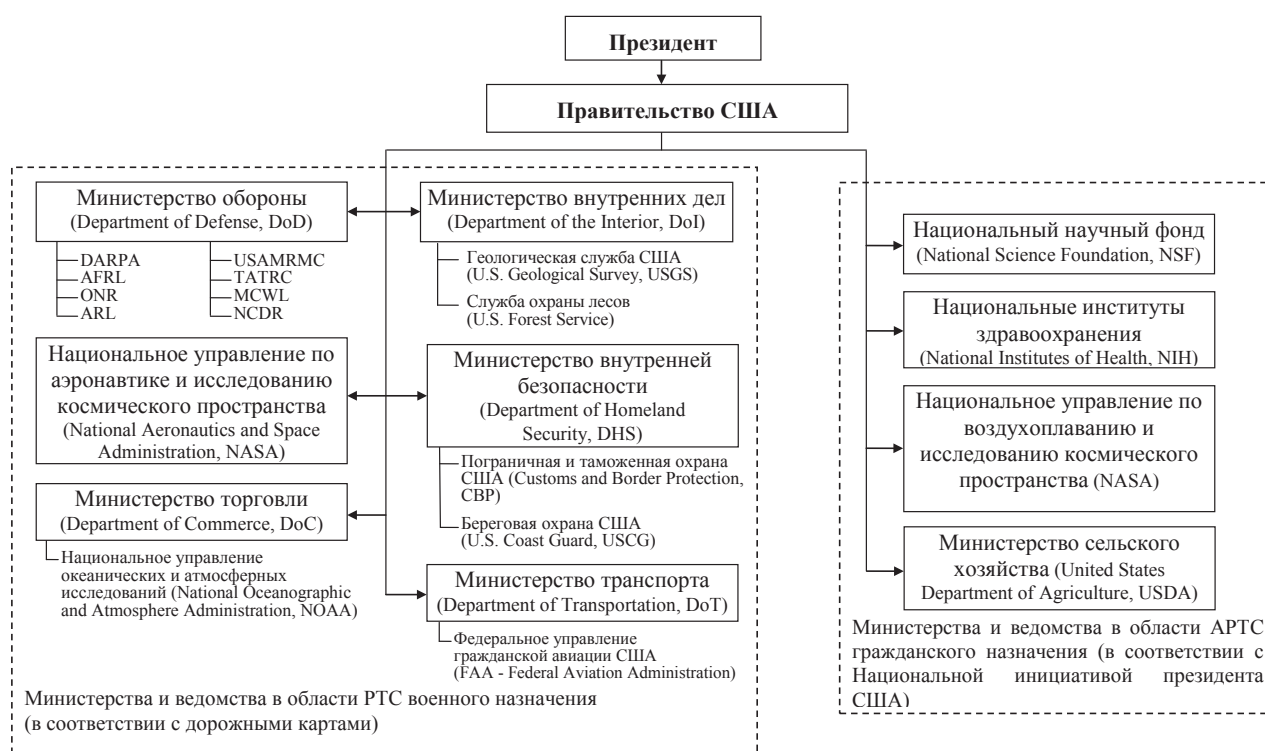


Рис. 1. Основные структуры США, привлекаемые для планирования и организации НИОКР в области АРТС различного назначения

BBC

1. U.S. Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan, 2009–2047, 18 May 2009.

План полета беспилотных авиационных систем BBC США, 2009–2047, 18.05.2009.

2. U.S. Air Force Chief Scientist Report on Technology Horizons: A Vision for Air Force Science and Technology during 2010–2030, 15 May 2010.

Доклад научного совета BBC США доклад по технологическим горизонтам: перспективы науки и техники для BBC в период 2010–2030, 15.05.2010.

BMC

1. U.S. Navy Information Dominance Roadmap for Unmanned Systems, December 2010.

Информация BMC США – «Дорожная карта по росту влияния беспилотных систем», декабрь 2010.

2. Navy Unmanned Undersea Vehicle Master Plan. November 9, 2004.

Концепция необитаемого подводного аппарата BMC США. 09.11.2004.

Пример координации взаимодействия пилотируемых и беспилотных средств на примере BBC

В связи с ростом военного потенциала (в частности, в области обычного вооружения) России и Китая, в настоящее время Министерство обороны США реализует инвестиционные проекты по инновациям в робототехнике и технологиях искусственного интеллекта. Научный совет Министерства обороны США (Defense Science Board – DSB) рассматривает робототехнику и искусственный интеллект в качестве ключевых направлений развития военных технологий. Это также подтверждается размерами финансирования исследований в данных областях. По оценкам специалистов Центра Новой американской безопасности (Center for a New American Security – CNAS), глобальные затраты на военную робототехнику к 2018 г. составят свыше 7,5 млрд долл.

В качестве примера: в настоящее время Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны (ДАРПА) реализует программу, получившую название SoSITE (System of Systems Integration Technology and Experimentation), нацеленную на расширение боевых возможностей средств воздушной борьбы, благодаря совместному применению пилотируемых и БЛА, а также на снижение потерь среди летного состава ВВС США. Данная концепция предполагает широкое применение БЛА на переднем рубеже атаки с целью проведения разведки (доразведки) и радиоэлектронного подавления систем ПВО противника (рис. 2).

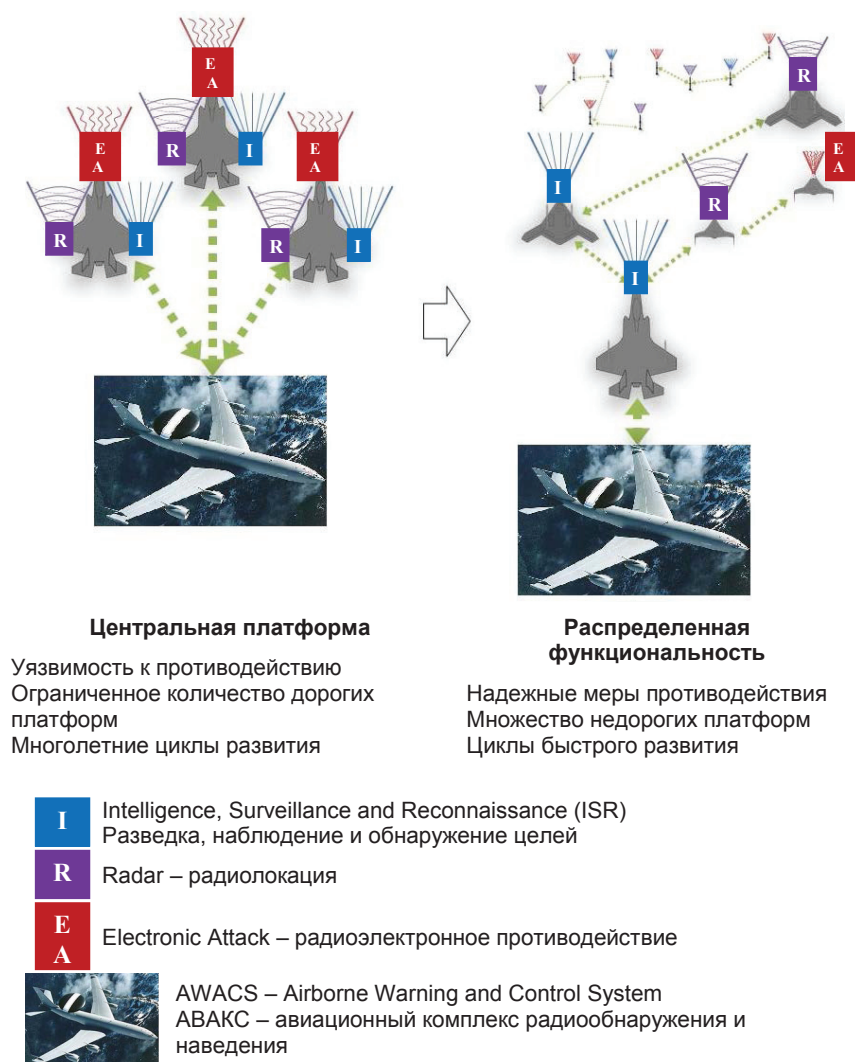


Рис. 2. Концепция интеграции существующих и перспективных средств пилотируемых и беспилотных ЛА (SoSITE)

Полученные данные будут передаваться на борт истребителя, находящегося за пределами зоны действия РЛС противоборствующей стороны. Если пилот примет решение на уничтожение цели, с самолета-носителя планируется запустить несколько миниатюрных ударных БЛА одноразового применения с автоматическим наведением их на цель. Предполагается, что часть из таких БЛА будет сбита средствами ПВО противника, однако другая часть дос-

тигнет цели. Американские специалисты отмечают, что участие пилота истребителя в такой системе будет минимальным.

Заключение

При создании новых образцов АРТС существуют объективные научно-технические проблемы, с которыми сталкиваются ВЗС. Среди основных трудностей, возникающих при разработке и эксплуатации АРТС следующие:

- широкая номенклатура робототехнических комплексов;
- повышенные эксплуатационные требования (температура, влажность, радиационная стойкость, надежность, устойчивость к механическим воздействиям, воздействию средств РЭБ/РЭП и т.д.), предъявляемые к АРТС военного назначения;
- проблемы снижения стоимости создания АРТС, а также объемов потребления энергии и горюче-смазочных материалов, чем у сопоставимых по функциям управляемых боевых средств, в том числе снижение стоимости эксплуатации до уровней, меньших, чем состоящей на вооружении техники;
- проблема учета, каталогизации и стандартизации АРТС и их систем;
- сложности, связанные с разработкой и производством электроники для АРТС.

Статья подготовлена ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (задания № 2.39.2016/НМ и № 2.46.2016/НМ Минобрнауки России).

Список литературы

1. Национальная инициатива в области робототехники (National Robotics Initiative – NRI). Available at: <https://www.nsf.gov/pubs/2015/nsf15505/nsf15505.htm>.
2. Militarily Critical Technologies List – MCTL Under Secretary of Defense, Acquisition, Technology and Logistics Pentagon, VA, 2014.
3. Robotics and intelligent machines: a doe critical technology roadmap 2001.
4. DRAFT Robotics, Tele-Robotics and Autonomous Systems Road map, 2010.
5. DoD Unmanned aircraft systems FY 2005–2030, 2005. Available at: <http://www.pdfdrive.net/unmanned-aircraft-systems-roadmap-2005-2030-federation-of-e3297406.html>.
6. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2007–2032, 2007. Available at: <http://www.dtic.mil/ndia/2009groundrobot/Troy1030.pdf>.
7. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2009–2034, 2008. Available at: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA522247>.
8. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2011–2036, 2011. Available at: <http://www.acq.osd.mil/sts/docs/Unmanned%20Systems%20Integrated%20Roadmap%20FY2011-2036.pdf>.
9. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2013–2038, 2013. Available at: <http://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/DOD-USRM-2013.pdf>.

References

1. *Natsional'naya initsiativa v oblasti robototekhniki* [National Robotics Initiative – NRI]. Available at: <https://www.nsf.gov/pubs/2015/nsf15505/nsf15505.htm>.
2. Militarily Critical Technologies List – MCTL Under Secretary of Defense, Acquisition, Technology and Logistics Pentagon, VA, 2014.
3. Robotics and intelligent machines: a doe critical technology roadmap 2001.
4. DRAFT Robotics, Tele-Robotics and Autonomous Systems Road map, 2010.
5. DoD Unmanned aircraft systems FY 2005–2030, 2005. Available at: <http://www.pdfdrive.net/unmanned-aircraft-systems-roadmap-2005-2030-federation-of-e3297406.html>.

6. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2007–2032, 2007. Available at: <http://www.dtic.mil/ndia/2009groundrobot/Troy1030.pdf>.
7. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2009–2034, 2008. Available at: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA522247>.
8. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2011–2036, 2011. Available at: <http://www.acq.osd.mil/sts/docs/Unmanned%20Systems%20Integrated%20Roadmap%20FY2011-2036.pdf>.
9. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2013–2038, 2013. Available at: <http://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/DOD-USRM-2013.pdf>.

ОБЗОР РАЗРАБОТОК АВТОМОБИЛЬНОЙ И БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК В США МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ: ТИПЫ МОДУЛЬНЫХ МАШИН, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

Д.Б. Изюмов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, izyumov@extech.ru

В статье рассмотрены попытки создания семейств модульной автомобильной и бронетанковой техники на унифицированных шасси в США. Приведены некоторые примеры американских разработок, представлена система классификации модульной сухопутной техники, принятой в Соединенных Штатах, а также результаты анализа достоинств и недостатков модульных транспортных и боевых машин.

Ключевые слова: вооруженные силы США, сухопутные войска, научно-исследовательские организации МО США, модульная военная автомобильная и бронетанковая техника.

AN OVERVIEW OF THE DEVELOPMENT OF AUTOMOTIVE AND ARMORED VEHICLES, US ARMY MODULAR DESIGN: MODULAR MACHINES, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

D.B. Izyumov, Head of Department, SRI FRCEC, izyumov@extech.ru

The article deals with the attempts to create families of modular automotive and armored vehicles on a unified chassis in the United States. The Article gives some examples of American product classification system of a modular land-based units adopted in the United States, as well as the results of the analysis of the advantages and disadvantages of modular transport and combat vehicles.

Keywords: U.S. Armed Forces, U.S. Army, research organizations of the U.S. Department of Defense, modular military automotive and armored vehicles.

Список сокращений:

ББМ – боевая бронированная машина;
БМ – боевая машина;
БМП – боевая машина пехоты;
БМТВ – боевая машина с тяжелым вооружением;
БРМ – боевая разведывательная машина;
БРЭМ – бронированная ремонтно-эвакуационная машина;
БТР – бронетранспортер;
БТТ – бронетанковая техника;
ВАТ – военная автомобильная техника;
ВС – вооруженные силы;
ЖЦ – жизненный цикл;
ЗИП – запасные части, инструменты, принадлежности;
ИМР – инженерная машина разграждения;
МО – министерство обороны;
НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
НИЦ БТТ СВ США – научно-исследовательский центр бронетанковой техники сухопутных войск США (U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center – TARDEC);

ОБТ — основной боевой танк;
РХБ — радиационный, химический и биологический;
САУ — самоходная артиллерийская установка;
СВ — сухопутные войска;
ТО — техническое обслуживание.

Введение

Понятие модульной машины может охватывать широкий спектр конструкторских решений, направленных на достижение различных результатов. С одной стороны, целью внедрения модульности является снижение затрат за счет использования общих элементов (агрегатов и узлов) в конструкциях машин различного назначения или семейства на едином базовом шасси. С другой стороны, в настоящее время внутри семейства модульных транспортных и боевых средств можно достичь такого уровня реконфигурации модулей, что их можно будет заменить в полевых условиях в зависимости от обстановки и решаемых задач. Так, модульность способствует обеспечению ряда преимуществ: от уменьшения затрат на жизненный цикл (ЖЦ) семейства машин благодаря общим элементам конструкции до лучшей эксплуатационной гибкости.

Реализация модульного принципа в конструкциях военных машин, как правило, считается положительным свойством, которое способствует экономии средств на производстве и эксплуатации. Она способствует приспособляемости под различные условия применения техники, гибкости использования и экономии средств при ее переброске. Модульность, ее преимущества и недостатки исследуется, начиная со времен Второй мировой войны. Согласно классификации, разработанной в научно-исследовательском центре бронетанковой техники сухопутных войск США (НИЦ БТТ СВ США) (U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center — TARDEC), модульность боевых и транспортных средств подразделяется на несколько видов: горизонтальную, вертикальную и распределенную. Наибольшее число разрабатываемых машин представляют семейства с горизонтальной модульностью, например программа 1980-ых годов по созданию «Семейства бронированных машин» (Armored Family of Vehicles — AFV). В результате изучения модульности появились различные подходы к исследованию данного явления, проектированию и разработке, оценке экономической эффективности в течение всего ЖЦ.

Модульность по многим своим качествам родственна унификации, наличие которой принято считать желательной в ходе эксплуатации разномарочной сухопутной техники. Модульность и унификация способствуют лучшей адаптации к различным условиям ее применения, что непосредственно влияет на качество решения поставленных ВС задач. Так, начальник штаба СВ США Р. Одиерно в 2011 г. заявил, что сухопутные войска должны стать более гибкими и приспособляемыми, для того чтобы своевременно реагировать на различные возникающие угрозы [1].

Адаптация применяемой техники к различным вызовам и угрозам осуществляется за счет реконфигурации (замены или добавления) различных функциональных модулей, модуля управления или базового шасси. Экономия средств, на которую во многом направлено внедрение модульности соотносится с инициативой Министерства обороны США «Улучшение покупательной способности» (Better Buying Power — BBP) [2]. Дополнительным подтверждением планов руководства СВ США развивать данное направление является включение в программы развития вооружения, военной и специальной техники МО США разделов, посвященных модульным системам.

Обзор американских разработок модульной автомобильной и бронетанковой техники.

Основные типы модульности

У многих конструкторов, разрабатывавших первые концептуальные схемы модульных машин, было представление, что модульность, реализуется в семействах машин в виде различных функциональных модулей, монтируемых на унифицированном шасси. Данный вид

модульности определяется в США как горизонтальная. Развивая данное направление, американские исследователи стали выделять новые виды модульности, которые также направлены на реконфигурацию боевых и транспортных машин.

Модульные машины можно считать противоположностью уникальных, разрабатывающихся для решения определенной задачи. Промежуточным звеном между уникальной и модульной машинами являются унифицированные машины, в конструкции которых имеются общие узлы и агрегаты (данные машины могут не относиться к одному семейству и выпускаться разными производителями). В США изучение унификации между образцами военной техники осуществляла корпорация RAND при финансовой поддержке Центра по интеграции сил и средств СВ США (Army Capabilities Integration Center – ARCIC) [3]. Исследователи корпорации пришли к выводу, что унификация является желательной, она может увеличить эксплуатационную гибкость, уменьшить количество закупаемых деталей, улучшить материально-техническое обеспечение и облегчить обучение личного состава. Однако унификация способна ограничить вариативность конструкторских решений и, следовательно, способствовать увеличению расходов на производство и эксплуатацию в связи с чрезмерной функциональностью того или иного агрегата машины. То есть положительные эффекты унификации могут быть компенсированы негативными.

Подобные исследования проводились многими научными оборонными организациями США и в области модульных транспортных средств с целью выявления их преимуществ и недостатков. Схемы модульных конструкций машин достаточно подробно были исследованы во многих работах НИЦ БТТ СВ США. Их результаты в 1990-х годах легли в основу работ по программе «Боевая система будущего» (Future Combat Systems–FCS).

В ходе проведения масштабных исследований, посвященных унификации и модульности, в США была сформирована система классификации типов модульности. Например, вертикальная и горизонтальная определяются ориентацией сопрягаемых модулей и шасси в пространстве, а в распределенной модуль объединен с базовым шасси (машиной управления) единой информационной сетью (рис. 1).



Рис. 1. Схема компоновки различных вариантов модульных машин

Горизонтальная модульность

В настоящее время примерами реализации принципа горизонтальной модульности в конструкциях машин являются семейства транспортных или боевых средств с унифицированным под различные функциональные модули шасси. На едином базовом шасси устанавливается силовая установка, трансмиссия, подвеска, движитель, отделение управления, а также устройства для установки сверху функциональных модулей. Впервые этот тип модульности был использован во время Второй мировой войны, когда шасси основного боевого танка (ОБТ) М4 «Шерман» было использовано в качестве базового для самоходной артиллерийской установки (САУ) и истребителя танков, а также других гусеничных боевых бронированных машин (ББМ). Другим примером можно считать ОБТ М60 и монтируемые на его шасси артиллерийские системы М107, М108, М109 и М110. Однако в приведенных примерах различные варианты ББМ можно получить только в производственных условиях, а возможность замены функционального модуля в полевых условиях отсутствует. Вероятно, двумя наиболее амбициозными проектами являются программы разработки семейств ББМ – «Семейство боевых бронированных машин» (Armored Family of Vehicles – AFV) 1980-х годов и программа «Боевая система будущего» 2000-х годов. Основной задачей программ являлось создание семейства машин, у которых функциональный модуль мог быть заменен в кратчайшие сроки в полевых условиях.

В рамках программы создания семейства ББМ AFV предполагался выпуск нескольких различных шасси, унифицированных между собой и модулей различного назначения. Основными положительными эффектами должны были стать снижение затрат на производство и ЖЦ в сочетании с заданной эффективностью, живучестью и рентабельностью. В отчетах различных научно-исследовательских организаций МО США, посвященных обоснованию проведения работ по программе AFV указывалось, что использование общего шасси и общих узлов и агрегатов позволит снизить будущие оперативные и эксплуатационные затраты (Operations and Support – O&S).

Первоначально предполагалось создание 29-ти различных функциональных модулей, которые должны были устанавливаться на четырех шасси различной грузоподъемности. Однако из-за высокой стоимости разработки большого количества машин их число было сокращено до четырех на тяжелом шасси и двух на шасси средней категории по массе¹. Четыре варианта машин на тяжелом шасси состояло из основного боевого танка Блок III, боевой машины пехоты (БМП), самоходной артиллерийской установки и инженерной машины разграждения (ИМР) (рис. 2). Предполагалось, что оба шасси будут иметь максимально возможное количество общих узлов и агрегатов, таких как двигатель, трансмиссия, подвеска, броневая защита, гусеничный движитель и отделение управления. Разработке ОБТ был дан самый высокий приоритет. Данные работы проводились в рамках новой «Программы модернизации бронетанковых войск» (Heavy Force Modernization Program – HFM).

В 1991 г. Главное контрольно-финансовое управление при Конгрессе США (General Accounting Office – GAO) провело проверку целесообразности финансирования проводимых работ. В докладе Управления утверждалось, что руководство МО США в качестве основной причины обоснования начала работ по программе рассматривало угрозу со стороны России, в то время как в 90-е годы вероятность ее возникновения стала минимальной. В связи с этим, а также с высокой стоимостью программы (59 млрд долл.) в период уменьшения оборонных расходов, Управление предложило сопоставить угрозы с затратами, прежде чем приступить к дальнейшим работам. В итоге проект создания семейства ББМ не был реализован, однако вариант САУ сохранился, и до сих пор проходит в документах по планированию как перспективная разработка (например, проект XM2001 «Крусейдер»).

¹ Программа модернизации бронированных машин 2013 (Armored System Modernization Program 2013).



Рис. 2. Семейство боевых бронированных машин (Armored Family of Vehicles – AFV)

Программа «Боевая система будущего» (Future Combat Systems)

Программа по созданию семейства ББМ «Боевой системы будущего» имеет много общего с проектом разработки семейства ББМ AFV. Целью проведения работ являлась замена тяжелых гусеничных машин СВ США, разработанных в 1960-х и 1970-х годах более легкими и подвижными ББМ на едином шасси (рис. 3). Семейство должно было состоять из восьми гусеничных машин, функциональные модули которых имели возможность устанавливаться и заменяться на базовом шасси за короткое время в полевых условиях. Планировалось разработать следующие варианты машин: боевую машину с тяжелым вооружением (БМТВ), боевую разведывательную машину (БРМ), САУ, самоходный миномет, боевая ремонтно-эвакуационная машина (БРЭМ), БМП, командно-штабную машину (КШМ) и медико-эвакуационную машину. Базовое шасси включало отделение управления, силовую установку, электрические и электронные системы, подвеску, движитель и другие системы. Данные машины в зарубежных СМИ преподносили как революционный прорыв в унификации, модульности, материально-техническом обеспечении, производстве и применении информационных технологий. По состоянию на 2009 г. было осуществлено более 70 % от запланированных по программе работ.

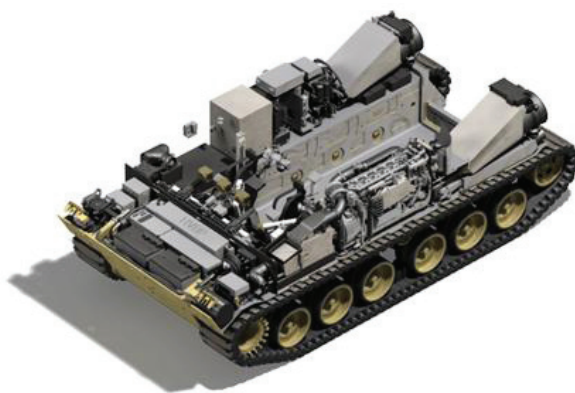


Рис. 3. Базовое шасси семейства ББМ программы «Боевая система будущего»

Согласно заявлениям представителей корпорации RAND, проект FCS был самым большим и амбициозным проектом программы приобретения в истории СВ США. Тем не менее, в апреле 2009 г. министр обороны США Р. Гейтс отменил большую часть программы. Причины отказа от части проекта были обоснованы в докладах корпорации RAND и Главного контрольно-финансового управления США (GAO). В перечне обоснований указывались увеличение массы с первоначально заявленных 19 до 30 тонн, в связи с изменением требований, предъявляемых руководством МО США к базовому шасси, увеличение числа базовых шасси до трех различных по массогабаритным показателям, а также очень большие затраты². К настоящему времени все работы по проекту приостановлены [4].

Как можно увидеть на примере двух проектов создания семейств ББМ на унифицированном шасси, причины прекращения работ напрямую не были связаны с фактом применения модульности в конструкциях семейств ББМ.

В настоящее время данное конструкторское направление было реализовано в проектах создания семейств на базе состоящих на вооружении машин. Семейства на едином шасси были созданы на базе БМП «Бредли», ОБТ «Абрамс», ББМ «Страйкер» и других. В приведенных примерах создание семейства машин не было запланировано с самого начала, а исходный вариант ББМ был единственным в своем роде – спроектирован и построен для решения конкретных задач. Позже оригинальное шасси машины начинали использовать для создания других вариантов ББМ. Подобная схема имеет свои преимущества в связи более низкой начальной стоимостью НИОКР. Это объясняется тем, что при разработке проще соблюсти требования, предъявляемые к машине, разрабатываемой для решения определенных задач, нежели когда создается базовое шасси семейства машин, которое должно соответствовать более широкому перечню требований. С другой стороны, оригинальное шасси может не соответствовать требованиям, предъявляемым к разрабатываемой позже на ее базе машине, но в таком случае можно заранее отказаться от создания определенного типа ББМ на этом шасси. Более детально рассмотрим семейство машин, созданных на базе шасси существующей ББМ «Страйкер».

Семейство боевых бронированных машин «Страйкер»

ББМ «Страйкер» (рис. 4) была разработана и принята на вооружение с целью заполнения ниши между тяжелыми машинами ОБТ М1 «Абрамс», БМП «Бредли» и легкобронированным многоцелевым автомобилем повышенной проходимости «Хаммер» (HMMWV). ББМ «Страйкер» должна была сочетать подвижность «Хаммера» с огневой мощностью БМП и ОБТ. «Страйкер» представляет собой 8-колесную машину, которая была разработана и производится фирмой «Дженерал Дайнемикс Лэнд Системз». Позднее на шасси ББМ был создан ряд машин различного назначения, которые с 2005 г. поставляются на вооружение СВ США. Данные машины имеют общие силовую установку, трансмиссию, гидравлику, колеса, шины, дифференциалы, раздаточную коробку и другие узлы и агрегаты. Семейство ББМ представлено БТР, БМП, БРМ, БМТВ, самоходной минометной установкой, КШМ, боевой машиной огневой поддержки, инженерной машиной, санитарной машиной, БМ с противотанковой ракетной установкой и машиной РХБ разведки. Однако, по формальным признакам ББМ «Страйкер» будем считать примером максимальной унификации, так как у разных по назначению машин много общих узлов и агрегатов, а возможности переоборудования, например БМП в БМТВ в полевых условиях за короткий промежуток времени нет [5].

В данном виде модульных машин (рис. 5) составные части соединяются воедино шарнирно (сочленяются) или жестко стыкуются друг с другом. Два модуля, как правило, имеют

² Полная стоимость разработки и производства техники по программе «Боевая система будущего» превышала 300 млрд долл., из которых 125 млрд планировалось потратить на НИОКР. По данным Центра стратегического и бюджетного анализа (Center for Strategic and Budgetary Assessments – CSBA) на момент прекращения работ было израсходовано свыше 18 млрд долл.

разное назначение, один из них может быть предназначен для размещения экипажа, а другой иметь силовую установку, вооружение или специальное оборудование. Отдельные блоки могут быть как независимыми, так и зависимыми.

В рамках программы создания семейства ББМ (Armored Family of Vehicles) 1980-х годов, также проводились исследования сочлененных машин в рамках которого два сочлененных образца бронетехники рассматривались в качестве замены ОБТ М1 «Абрамс». Часть программы была нацелена на создание машины, состоящей из отдельных частей и меньшей массой по сравнению с ОБТ «Абрамс». Каждая часть должна была быть легче 40 тонн. Модульные элементы могли быть соединены в различные по массе и назначению машины. Например, 20-тонный блок и 30-тонный могли быть использованы по отдельности или в паре, обеспечивая возможность иметь на вооружении 20-, 30-, 40-, 50-, или 60-тонные машины.



Рис. 4. Боевая бронированная машина «Страйкер» (США)

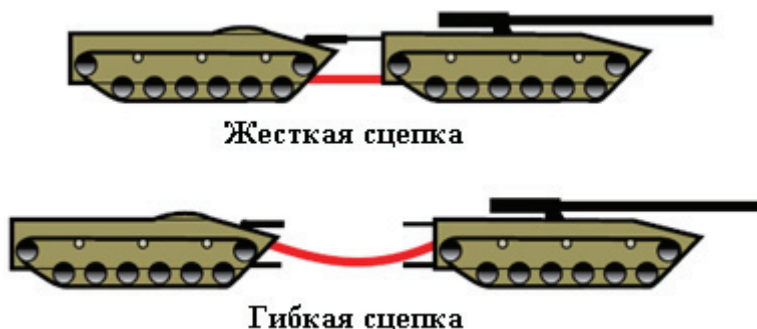


Рис. 5. Семейство сочлененных ББМ (Armored Family of Vehicles)

В исходном варианте две части могут быть соединены жесткой или гибкой сцепкой с каналом связи. Предполагалось, что каждая часть будет иметь независимый силовой привод. Передняя машина может быть оснащена пушкой, а внутри размещаться боеприпасы. Во второй машине размещается экипаж, устанавливается дополнительное вооружение, система управления огнем, а также оборудование управления и связи. Данная компоновка

позволяет улучшить живучесть: задняя машина с экипажным отделением защищена передней от огня противника или мин. Также экипажное отделение расположено в одной машине, боекомплект в другой. Если передняя машина будет выведена из строя, то задняя может отсоединиться и вернуться на базу. Однако общая длина сочлененной машины больше, несмотря на то, что каждая часть короче, а само сочлененное транспортное средство меньше по массе, чем ОБТ М1 «Абрамс». Меньшая масса может повлиять на снижение требований к мощности силовой установки, двигателю, подвеске и т.д. Таким образом, будет достигнуто несколько положительных эффектов: снижение давления на грунт, сочлененные части способны толкать или вытягивать друг друга, появляется возможность преодоления мостов и мостовых конструкций с малой допустимой нагрузкой, а также облегчается эвакуация подбитой техники.

Боевая машина ХМ-808 «Твистер» (Twister)

В 1960 г. в НИЦ БТТ СВ США разработали концептуальную модель боевой машины с применением вертикальной модульности – «Твистер» (Twister) (рис. 6), которая была построена компанией «Локхид Мисайлс энд Спэйс Корпорейшн» (Lockheed Missiles and Space Corporation).

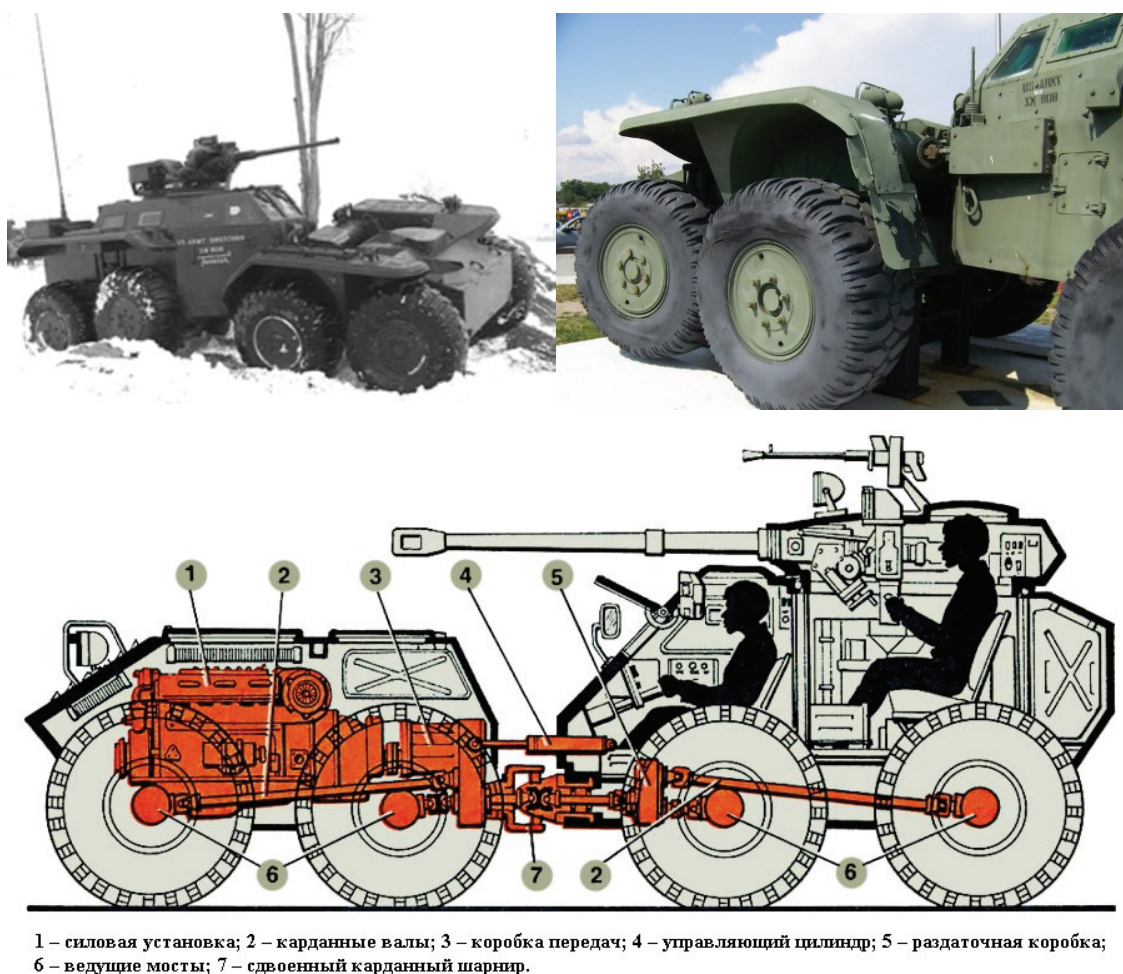


Рис. 6. Концептуальная модель БМ ХМ-808 «Твистер»

Каждый блок имел четыре колеса и собственную силовую установку. Экипажное отделение располагалось во второй по ходу движения части. Машина была оснащена уникальной поворотной крестовиной с осевым шарниром между двумя секциями, которая обеспечивала свободное вращение частей, что позволяло машине преодолевать стенку высотой около одного метра. Привод колес задней машины осуществлялся парно по сторонам, конструкция оснащалась поддрессоренными шагающими балками, что позволяло достичь величины клиренса около 70 см. Другими новшествами были радиальные шины низкого давления с внутренним кордом и дисковые тормоза, что было примером внедрения передовых технологий. Машина была способна передвигаться по пересеченной местности с рекордной скоростью — 105 км/ч. Тем не менее, данная машина так и осталась на стадии прототипа из-за сложности ее производства, неудобного экипажного отделения и преданности традициям в машиностроении.

В 1970-х годах в НИЦ БТТ СВ США были продолжены работы по разработке сочлененных машин с применением вертикальной модульности. Основной целью исследований была не столько сама модульность, сколько разработка машины, обладающей лучшей проходимостью и подвижностью. Так, два БТР М113 (рис. 7) были сочленены посредством шарнирного соединения, изобретенного специалистами Центра. Сочлененный БТР показал хорошие результаты по проходимости и преодолению препятствий. Так, благодаря двум гидравлическим цилиндрам и уникальной конструкции шарнирного соединения, установленным между 2-мя БТР, сочлененные М113 могут преодолеть препятствие высотой не 45 см (преодолеваемая стенка одним БТР М113), а 150 см. Также, двухзвенный БТР мог преодолевать ров шириной до 3 метров, подниматься на возвышенности с углом наклона 60 градусов, был плавающим и имел общее управление из одной из машин.



Рис. 7. Бронетранспортер М113 СВ США

Перспективное семейство тактических автомобилей (Joint Tactical Transport System – JTTS)

В настоящее время исследователи НИЦ БТТ СВ США участвуют в разработке концепции модульного тактического автомобиля, известного как семейство тактических автомобилей. Проводятся исследования, направленные на создание семейства тяжелых тактических автомобилей, у которых помимо функционального модуля может изменяться длина базового шасси и колесная формула — от 6×6 в 8×8 и до 10×10 в полевых условиях путем добавления дополнительной пары колес, осей и сопутствующего оборудования (рис. 8) [6].

Использование уникального модульного принципа осуществляется за счет применения дополнительных двигателей на каждом колесе, объединяющихся в единый силовой контур. Как видно на рисунке, в данной системе планируется применить модульность трех видов —

горизонтальную, вертикальную и распределенную (использование безэкипажных платформ). Если программа JTTS будет реализована, то появится восемь модификаций автомобилей, а также 12 различных шасси, которые будут представлять собой единое семейство модульных автомобилей.

В этом виде модульности функции распределены между различными машинами, соединенными в единую сеть посредством средств связи (см. рис. 1). Некоторые из единиц техники, как правило, безэкипажные, что обеспечивает повышение живучести передвигающимся колоннам автомобилей. Безэкипажные машины требуют меньше броневой защиты, что будет способствовать повышению подвижности и грузоподъемности.



Рис. 8. Концептуальная модель семейства модульных машин JTTS

Примером распределенной модульности является разработка НИЦ БТТ 90-х годов – проект «Система управления машинами-роботами» (Robotic Command Center – RCC). Целью проведения работ было создание автомобилей, в число которых входили экипажные и безэкипажные машины. Безэкипажные машины управлялись силами нескольких человек из машин управления. В машине управления было предусмотрено место командира и два места водителей-операторов. Каждый оператор мог управлять двумя роботизированными автомобилями «Хаммер» (HMMWV). Это был первый успешный опытный образец многократного дистанционного управления транспортным средством.

Модульная боевая система «Основная боевая система» (Main Battle System – MBS)

Еще одним примером является разрабатываемая НИЦ БТТ СВ США программа создания модульной боевой системы «Основная боевая система», в которой будет использована распределенная модульность [7]. Цель работ заключается в том, чтобы заменить 70-тонный ОБТ M1A2 «Абрамс» двумя экипажными машинами (экипаж 4 человека) массой 25–30 тонн с системой управления и четырьмя безэкипажными машинами массой 15–20 тонн. Предполагается, что каждая безэкипажная машина будет иметь 120-мм пушку с боекомплектom. Экипаж из четырех человек будет состоять из механика-водителя транспортного средства, командира и двух операторов безэкипажных ББМ. В машине управления экипажу не нужно

будет воспринимать нагрузку от выстрелов пушки, и находиться вместе с боекомплектom. В свою очередь, безэкипажной машине не потребуется дополнительного бронирования, динамической и активной защиты.

На рис. 9 представлен танковый взвод, состоящий из двух машин управления и четырех безэкипажных машин. По своим возможностям они сопоставимы четырем ОБТ М1 «Абрамс». Преимущество данных машин заключается в том, что экипаж сократится с 16 до 8 человек, четыре ОБТ М1 «Абрамс» имеют суммарную массу около 280 тонн, в то время как две системы будут иметь массу от 110 до 140 тонн, что является примером значительного снижения и распределения массы. Распределение массы на шесть машин вместо четырех обеспечит лучшую проходимость. БМ управления могут быть значительно удалены от боевых управляемых машин, что позволит системе иметь лучшую живучесть, чем у ОБТ «Абрамс».



Рис. 9. Семейство модульных БМ «Основная боевая система»

Преимущества и недостатки семейств модульных машин

В США было проведено огромное количество исследований, посвященных количественной и качественной оценке модульных систем. Так, соотношение затрат и достоинств семейства модульных машин было проанализировано в рамках программы «Оценка передовых машин» (Advanced Vehicle Testing Activity – AVTA) компаниями «Фуд Машенери Корпорейшн» (Food Machinery Corporation), «Дженерал Дайнемикс» и рядом других. В ходе работы был проведен анализ затрат на ЖЦ. В результате специалисты пришли к выводу, что затраты, связанные с разработкой, производством, полевыми испытаниями и модернизацией семейства модульных машин (рассматривалась тяжелая, средняя и легкая гусеничная и колесная бронетехника, а также автомобильная, включая прицепы) обеспечивают существенную экономию средств в ходе их ЖЦ. Наличие общих узлов и агрегатов (общий комплект ЗИП и пр.) позволяет снизить затраты на разработку машин, закупку и техническое обслуживание. Средняя экономия оказывалась в диапазоне 15–30% на весь ЖЦ машины. Величина сэкономленных средств является существенной, поскольку расходы на эксплуатацию и ТО, как правило, существенно выше затрат на НИОКР.

Второе исследование было посвящено оценке ремонтпригодности и восстановлению выведенной из строя техники. Было выявлено, что поврежденная техника может быть отремонтирована и возвращена в строй быстрее, чем традиционные образцы.

Заключительное исследование было посвящено изучению негативного влияния модульности. Результаты исследования показали, что содержание парка модульных машин будет

дороже в районах боевых действий в первую очередь потому, что общий объем парка будет больше. При использовании единого шасси для нескольких модулей, оно должно обладать необходимым запасом прочности и иметь достаточно мощную силовую установку, чтобы обеспечивать необходимую подвижность, маневренность и устойчивость машины с самым массивным функциональным модулем. Так, выяснилось, что масса всех тяжелых гусеничных машин будет на 50 % больше в случае семейства модульных машин, что приведет к повышению расхода топлива и потребует большее количество обслуживающего персонала.

При осуществлении детального анализа сочлененных боевых и транспортных средств, использовалась модель оценки стоимости этапов ЖЦ, регламентируемая законом США «Транспортные средства. Отзыв, модернизация, учет и сопроводительная документация» (Transportation Reporting Enhancement Accountability And Documentation – TREAD) [8]. Оценка производилась на основании сопоставления производственных затрат на создание парка модульных ББМ и парка ОБТ М1 «Абрамс». В результате было выявлено, что некоторые расходы будут выше из-за большей площади поверхности парка модульных машин на броневую защиту и вследствие наличия большего количества сопутствующего оборудования (датчиков и оборудования связи между составными частями). Однако другие расходы будут ниже из-за использования общего шасси (общие запасные части и расходные материалы). Окончательная оценка показала, что без учета лобового бронирования, суммарная стоимость безэкипажной и машины управления, образующих единую ББМ равную по возможностям ОБТ М1, ее стоимость будет на 2–5 % дороже, чем одного ОБТ «Абрамс», а если обе машины будут выпущены с броней равнозначной броневаой защите «Абрамса», то затраты на производство будут на 14–19 % выше у сочлененных транспортных средств. Расходы на НИОКР (Research and Development – R&D), эксплуатацию и ремонт (Operating and Support – O&S) не рассчитывались.

Во время проведения работ первого этапа по программе «Боевая система будущего», Международная Корпорация по внедрению научных достижений (Science Applications International Corporation – SAIC) провела исследование по сравнительной оценке традиционных (уникальных) машин с модульными машинами, входящих в семейства модульных 18-тонных ББМ на унифицированном шасси³. Используя методики оценки, разработанные в НИЦ БТТ СВ США, специалисты компании SAIC установили, что применение машин с горизонтальной модульностью является предпочтительным, чем применение машин с вертикальной модульностью из-за плохой подвижности и живучести независимых модулей, а также из-за наличия сложной и громоздкой сцепки. Тем не менее, машина, в конструкции которой используется принцип горизонтальной модульности также не является идеальным вариантом, поскольку запас прочности корпуса и мощность силовой установки, прочность подвески, двигателя и т.д. закладывается при проектировании в расчете на самый массивный функциональный модуль. При установке более легких модулей у машины будет переизбыток мощности, что повлечет неоправданный перерасход топлива. Кроме того, модули потребуют наличия специального соединительного устройства, которое в том числе должно обеспечивать защиту от пуль, осколков снарядов и герметичность конструкции. Таким образом, оценка показала, что эффективность применения уникальных машин на 10–30 % выше, чем машин с горизонтальной модульностью.

Корпорацией SAIC был проведен комплексный анализ предполагаемых затрат на разработку и приобретение перспективных модульных семейств машин и семейств машин, состоящих на вооружении. Была составлена таблица, в которую включили образцы существующих семейств ББМ и ВАТ, в число которых вошли БМП «Брэдли», ОБТ «Абрамс», ББМ «Страйкер», БТР М113, бронеавтомобиль «Хаммер» (HMMWV), семейство средних такти-

³ Корпорация SAIC – одна из двух ведущих организаций, проводившая работы с компанией Boeing по программе FCS.

ческих автомобилей FMTV (Family of Medium Tactical Vehicles) и семейство тяжелых тактических автомобилей НЕМТТ (Heavy Expanded Mobility Tactical Truck). Изначально предполагалось, что этап разработки семейств машин на базе уникальной (существующей) машины будет весьма затратным в связи с необходимостью ее последующей доработки. Так, в большинстве случаев сначала создается одна уникальная машина, а позже другие варианты на базе ее шасси. Планировалось, что экономия средств будет складываться из уменьшения затрат на НИОКР и отсутствия необходимости разрабатывать новые варианты машин с нуля, а также за счет снижения средств, выделяемых на обучение, уменьшения масштабов производства, производственных затрат, эксплуатацию и ТО (за счет оптовых закупок). Дополнительно, наличие большого количества унифицированных узлов в парке машин или же семейства модульных образцов техники позволит сократить время на подготовку технического персонала.

Оценка SAIC показала, что любой этап разработки базового шасси семейства модульных машин будет стоить на 50–100 % дороже, чем аналогичный этап для уникальной машины. Тем не менее, разработка других вариантов потребует дополнительно к стоимости разработки всего около 10 % от стоимости тех же этапов нового образца уникальной машины. Результаты анализа показали, что чем больше вариантов модульных машин в семействе, тем рентабельнее становится его разработка.

С другой стороны, в докладе компании SAIC было отмечено, что планы создания семейств машин на базе существующей уникальной машины не были реализованы потому, что оригинальное шасси не могло удовлетворять широкому перечню предъявляемых требований. Примером является проект 1990-х годов, когда на базе шасси ОБТ М1 «Абрамс» была разработана БРЭМ для замены БРЭМ М88 и инженерная машина разграждения (Assault Breacher Vehicle – ABV). Ни один из проектов не был реализован вследствие недостаточной мощности силовой установки ОБТ «Абрамс» для этих целей.

Группа изучения перспективных концепций (Advanced Concepts Team) НИЦ БТТ СВ США провела оценку влияния вертикальной модульности на массогабаритные параметры машин, разрабатываемых в рамках концепции RAVE. Согласно проекту были созданы прототипы и проведена оценка двух сочленяемых 10-тонных машин. Результаты показали, что наличие стыковочного устройства и систем автоматизированного управления добавят 1,1 м³ к объему машины и 1800 кг к массе (увеличение массы примерно на 10 % по сравнению с равнозначной уникальной машиной). Кроме того, добавятся две стенки в конструкции сочлененной машины, в то время как в уникальной машине они будут отсутствовать или будет только одна перегородка между экипажным отделением и боекомплектom.

В целом, три проведенных исследования показали наличие преимуществ систем модульных машин, три — их отрицательного влияния, а результаты одного выявили зависимость результатов от требований, предъявляемых к машине на этапах разработки, производства, эксплуатации, ремонта и модернизации.

На основе методики, разработанной исследовательской группой изучения перспективных концепций (Advanced Concepts Team) НИЦ БТТ СВ США, была проведена оценка трех типов модульности. До сих пор наиболее распространенным ее типом является горизонтальная, примером которой является семейство машин (Families of Vehicle – FOV), в котором используется базовое шасси для различных вариантов машин. Важным аспектом семейств модульной техники является легкость получения машины одного назначения из другой. В большинстве случаев модули можно заменить лишь на производственных объектах, и не заменяемы в полевых условиях независимо от типа модульности. Основные выводы по каждому типу модульности приведены в табл. 2.

В табл. 2 показано, что у модульных машин есть и преимущества и недостатки, а для того, чтобы модульность и унификация носила положительный эффект, необходимо учитывать ее применение на самых ранних этапах проектирования.

Таблица 1

Результаты анализа программ по созданию семейств модульной сухопутной техники

Наименование машин и программы оценки	Организация	Достижимый эффект	Комментарий
Оценка стоимости разработки и ЖЦ семейств модульных машин	Food Machinery Corporation, General Dynamics и др.	Положительный эффект от применения модульности в конструкции машин	15–30 % экономии средств на различных этапах разработки, производства, эксплуатации
Ремонтопригодность и техническое обслуживание семейств модульных машин	Food Machinery Corporation, General Dynamics и др.	Положительный эффект от применения модульности в конструкции машин	Наличие большого количества унифицированных узлов и агрегатов
Модульные машины в полевых условиях	Food Machinery Corporation, General Dynamics и др.	Отрицательный эффект от применения модульности в конструкции машин	Избыточная масса базового шасси
Сочлененные машины	Food Machinery Corporation, General Dynamics и др.	Эффект зависит от ТТТ	Зависит от степени бронирования
Боевая система будущего FCS (Этап I)	Международная Корпорация по внедрению научных достижений (SAIC)	Отрицательный эффект от применения модульности в конструкции машин	Избыточная масса корпуса базового шасси
Семейство автомобилей Families of Vehicle	Международная Корпорация по внедрению научных достижений (SAIC)	Положительный эффект от применения модульности в конструкции машин	Снижение затрат на разработку в связи с большим количеством общих агрегатов и узлов (чем больше различных по назначению машин, тем больше экономия)
Машины, разрабатываемые в рамках концепции RAVE (анализ увеличения массогабаритных параметров)	НИЦ БТТ СВ США	Отрицательный эффект от применения модульности в конструкции машин	Увеличение массы на 10 %

Заключение

Этапы проектирования и НИОКР по созданию любого семейства модульных машин будут более масштабными и затратными в сравнении с этапами разработки уникальной машины. Даже если шасси уникальной машины планируется использовать в дальнейшем для установки других функциональных модулей, то предъявляемых требований на этапах проектирования и НИОКР будет меньше. Однако нужно иметь в виду, что шасси уникальной машины может не удовлетворять требованиям, предъявляемым к последующим вариантам машин. Попытка разработать сразу все семейство машин с единым базовым шасси может стать причиной появления взаимоисключающих и конкурирующих требований к его конструкции.

В рассмотренных примерах общий вес модульной машины будет больше, чем у уникальной, из-за конструкции шасси с чрезмерным запасом прочности, наличия паразитарных

узлов, агрегатов и различных систем для некоторых вариантов (различных датчиков, устройств связи и т.п.). В случае вертикальной или распределенной модульности, отдельные модули будут весить меньше единой машины, что положительно отразится на транспортировке и общей подвижности системы. Избыточный запас прочности и мощности СУ приведет к увеличению размеров транспортного средства и массы некоторых вариантов машин.

Таблица 2

Преимущества и недостатки различных типов модульности

Тип модульности	Преимущества	Недостатки
Горизонтальная	1. Минимальные трудозатраты на разработку последующих вариантов машин. 2. Большое количество унифицированных узлов	1. Разработка всего семейства с нуля является зачастую нерешаемой задачей. 2. В большинстве случаев замена функционального модуля осуществима только на производстве. 3. Неизбежность излишнего запаса прочности базового шасси под самый массивный функциональный модуль
Вертикальная	1. Меньшая масса каждого модуля. 2. Хорошая транспортабельность. 3. Реконфигурируемые в полевых условиях машины. 4. Безэкипажные модули требуют меньшей защищенности. 5. Сочлененные модули обеспечивают лучшую проходимость	1. Суммарная масса сочлененной машины больше, чем аналогичной уникальной. 2. Дублирование функций у модулей различного назначения
Распределенная	1. Меньшая масса каждого модуля. 2. Хорошая транспортабельность. 3. Реконфигурируемые в полевых условиях машины. 4. Наилучшая адаптируемость. 5. Безэкипажные модули требуют меньшей защищенности	1. Суммарная масса сочлененной машины больше, чем аналогичной уникальной. 2. Дублирование функций у модулей различного назначения. 3. Большая потребность в полуавтономных модулях. 4. Высокие требования к каналам связи информационной сети 5. Сложность машин системы по сравнению с традиционными машинами

У подавляющего большинства примеров разрабатываемых машин с горизонтальной модульностью функциональный модуль можно заменить только в стационарных мастерских и производствах, что минимизирует пользу, получаемую от использования модульных машин, а также снижает оперативную приспособляемость к возникающим задачам. Варианты машин, функциональный модуль которых может быть заменен в полевых условиях, до сих пор не приняты на вооружение ни в одном из ведущих государств.

Применение модульных машин является потенциальным упрощением решения задач, связанных с техническим обслуживанием, приспособляемостью и их применением в вооруженных конфликтах. Модульность конструкции имеет свою цену в компромиссах, которую необходимо учитывать при разработке семейств машин.

Военно-политическое руководство США считает, что модульность, наиболее вероятно, принесет положительные эффекты: снижение расходов и обеспечение лучшей адаптации ВС к вновь возникающим вызовам и угрозам. Тем не менее, анализ успешных и неудачных

попыток реализации проектов семейств модульных машин не дает однозначного ответа о наличии только лишь явных преимуществ в результате ее внедрения. Оценка влияния модульности на качественное оснащение СВ должна начинаться с тщательного анализа эксплуатационных показателей и затрат на ЖЦ.

Многие ведущие исследовательские центры МО США не один десяток лет осуществляют попытки обосновать эффективность постановки семейств модульных машин на вооружение. Большинство результатов исследований сводится к тому, что тщательно проанализированная модульность в конструкции машин позволит расширить тактический выбор, оперативный охват, увеличить их живучесть в полевых условиях, уменьшить логистическую нагрузку, облегчить нагрузку на тактическую группу авиации и сухопутные подразделения морской пехоты, увеличить степень унификации сухопутных машин и снизить итоговые затраты МО США.

Также необходимо учитывать, что принятие на вооружение семейств модульных машин до сих пор не реализовано по причине того, что обоснование проектов проводится, опираясь на негативные эффекты, связанные с ее внедрением. Основной предпосылкой является предположение о том, что уникальная машина, созданная для решения конкретной задачи, всегда будет превосходить по своим ТТХ аналогичный образец семейства модульных машин. Тем не менее, многие исследователи и разработчики сходятся во мнении, что по разнообразию решаемых задач в течение длительного периода времени, модульная техника обеспечит существенную экономию материальных средств и преимущества в виде лучшей приспособляемости по сравнению с традиционной техникой.

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательских работ, выполненных ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по заданиям 2.46.2016/НМ и 2.39.2016/МН Минобрнауки России на выполнение работ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Available at: <https://www.wired.com/2011/07/next-army-chief-isnt-so-cool-with-a-smaller-force>.
2. Available at: <http://bbp.dau.mil>.
3. «Commonality in military equipment», CA: RAND Arroyo Center. Available at: www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2008/RAND_MG719.pdf.
4. Иванов О., Изюмов Д. Перспективная боевая система сухопутных войск США. Зарубежное военное обозрение. 2007, № 3, С. 31–39.
5. Изюмов Д. Некоторые бронетранспортеры и бронев автомобили зарубежных стран. Зарубежное военное обозрение. 2011, № 3. С. 43–49.
6. Dr. Rogers P. «Shaping the future of the TWV Fleet», U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center. Available at: <http://www.dtic.mil/ndia/2015tactical/Rogers.pdf>.
7. Mr. Parker J. «Autonomy-Enabled Platforms», U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center. Available at: <http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/Robotics/Documents/4.%20Parker.pdf>.
8. Available at: <http://www.citizen.org/documents/TREAD%20Act.pdf>.
9. Колев Д., Изюмов Д. Военная автомобильная техника подразделений тылового обеспечения вооруженных сил США. Зарубежное военное обозрение. 2016, № 5 (830), С. 51–55.
10. Изюмов Д. Особенности применения коммерческих автомобилей в войнах и вооруженных конфликтах. Зарубежное военное обозрение. 2016, № 7 (832), С. 47–51.
11. Корчагин С., Кондратюк Е. Высокозащищенные бронированные автомобили сухопутных войск США. Зарубежное военное обозрение. 2016, № 2 (827), С. 52–58.

References

1. Available at: <https://www.wired.com/2011/07/next-army-chief-isnt-so-cool-with-a-smaller-force>.
2. Available at: <http://bbp.dau.mil>.

3. «Commonality in military equipment», CA: RAND Arroyo Center. Available at: www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2008/RAND_MG719.pdf.
4. Ivanov O., Izyumov D. (2007) *Perspektivnaya boevaya sistema sukhoputnykh voysk SShA. Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Perspective combat system of the U.S. army. Foreign military review]. No. 3, pp. 31–39.
5. Izyumov D. (2011) *Nekotorye brone transportery i broneavtomobili zarubezhnykh stran* [Some armored personnel carriers and armored vehicles of the foreign countries] *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign military review]. No. 3, pp. 43–49.
6. Dr. Rogers P. (2015) Shaping the future of the TWV Fleet. U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center. Available at: <http://www.dtic.mil/ndia/2015tactical/Rogers.pdf>.
7. Parker J. «Autonomy-Enabled Platforms», U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center. Available at: <http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/Robotics/Documents/4.%20Parker.pdf>.
8. Available at: <http://www.citizen.org/documents/TREAD%20Act.pdf>.
9. Kolev D., Izyumov D. (2016) *Voennaya avtomobil'naya tekhnika podrazdeleniy tylovogo obespecheniya vooruzhennykh sil SShA* [Military vehicles of logistical support units of the armed forces of the United States] *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign military review]. No. 5 (830), pp. 51–55.
10. Izyumov D. (2016) *Osobennosti primeneniya kommercheskikh avtomobiley v voynakh i vooruzhennykh konfliktakh* [Peculiar Features of commercial vehicles applications in wars and armed conflicts] *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign military review]. No. 7 (832), pp. 47–51.
11. Korchagin S., Kondratiuk E. (2016) *Vysokozashchishchennyye bronirovannyye avtomobili sukhoputnykh voysk SShA* [Highly secure armored vehicles of the US army] *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign military review]. No. 2 (827), pp. 52–58.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE

FEDERAL INSTITUTION «RESEARCH INSTITUTE – FEDERAL RESEARCH CENTRE
FOR PROJECT EVALUATION AND CONSULTING SERVICES»

(SRI FRCEC)

INNOVATICS AND EXPERT EXAMINATION

SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUE 3(18)

MOSCOW 2016

ИННОВАТИКА И ЭКСПЕРТИЗА

Научные труды

3(18)

Ответственный редактор *А.А. Тугаринов*

Компьютерная верстка *А.А. Тугаринов*

Сдано в набор 15.10.16. Подписано в печать 15.11.16.

Формат 205×287. Бумага 80 г/м².

Тираж 100. Заказ № 14.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт —
Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы»
Москва, ул. Антонова-Овсеенко, д. 13