

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

Выпуск 1 (22)

МОСКВА 2018

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, Director of Centre, Doctor of Economics;

I.I. Kurochka, Scientific Secretary, Doctor of Physics and Mathematics;

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

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

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

A.N. Gostev, Chief Researcher, Executive Secretary of the Editorial Board, Ph.D. of Sociology

A.M. Mironov, Chief, Main Directorate for Research & Development and Advanced Technology Technical Expertise (Innovation Research) of the Ministry of Defence, Doctor of Engineering;

A.N. Antonov, General Director JSC «Poligon»;

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

A.M. Tishin, Professor, Lomonosov Moscow State University, Ph.D. of Physics and Mathematics

Executive Technical Editor for the collection

A.A. Tugarinov

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, 2018. Vol. 1(22). 185 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, 2018

EAN-13: 9771996227771

This collection was registered on 12 April 2007 in ROSOHRANKULTURA Agency PIN^o 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, дир. центра, канд. экон. наук;

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

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

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

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

А.Н. Гостев, гл. научн. сотр., отв. секретарь редколлегии, д-р социол. наук

А.М. Миронов, нач. гл. управления ГУНИД МО РФ, канд. техн. наук;

А.Н. Антонов, ген. директор АО «Полигон»;

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

А.М. Тишин, проф. МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р физ.-мат. наук

Отв. тех. редактор сборника

А.А. Тугаринов

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, 2018. Вып. 1(22). 185 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, 2018

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

Turko T.I., Fedorkov V.F, Odintsova N.N., Fahurdinov O.V., Timohin A.A. Activity of Small Innovative Enterprises created in the sphere of education and science	8
Andreev Y.N., Lukasheva N.A. Monitoring of universities as a tool for active innovation policy	22
Andreev Y.N., Lukasheva N.A. The results of implementation in the higher educational institutions of the development programs of innovative infrastructure within the period of 2010–2017 ..	40
Barabash N.S., Zhukov D.S., Kunavin K.S., Lyamin S.K. Street and social networks protest movements. The new research methods based on the self-organized criticality (soc) theory	54

EXPERT EXAMINATION AND ANALYTICAL ACTIVITY

Melnik P.B. The expert's roster as a queuing system: the model and parameters of the incoming flow of requests	67
Divueva N.A., Maryshev E.A., Mironov N.A. Analysis of organizational-methodical and expert-analytical support of development of the Russian scientific-technological complex by experts of Federal roster of experts of scientific and technical sphere	79
Zubarev A.P., Skuratov A.K. Analysis of teams of performers with a view to drawing up their rating on the basis of their experience in participating in the FTP for use in the system of assessments based on the criterion of «Reputation of the bidder»	89
Lipovitskaya I.N., Andreeva E.S., Andreev S.S. Innovative technologies of GIS-mapping of values of the atmospheric pollution potential through application of numerical model of the atmospheric boundary layer (on the example of Leningrad region)	98

ECONOMY AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Ivanov B.V., Krystalinskaya S.V., Gladisheva E.A., Dobrinin D.A., Shekhanova O.V. Competitions in 2018 for the right to receive grants from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists – doctors, ph.d-s and leading scientific schools of the Russian Federation	106
Samsonov N.Yu., Kryukov Ya.V., Yatsenko V.A., Tolstov A.V. Rare-earth raw material of Tomtor deposit: is there a compromise between ecology and socio-economic effects?	116

СОДЕРЖАНИЕ

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Турко Т.И., Федорков В.Ф., Одинцова Н.Н., Фахурдинов О.В., Тимохин А.А. Деятельность малых инновационных предприятий, созданных в сфере образования и науки	8
Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. Мониторинг вузов как инструмент активной инновационной политики	22
Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. Итоги выполнения вузами программ развития инновационной инфраструктуры в период 2010–2017 гг.	40
Барабаш Н.С., Жуков Д.С., Кунавин К.С., Лямин С.К. Протесты на улицах и в сетях: новые исследовательские методы на основе теории самоорганизованной критичности ...	54

ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Мельник П.Б. Реестр экспертов как система массового обслуживания: модель и параметры входящего потока заявок	67
Дивуева Н.А., Марышев Е.А., Миронов Н.А. Анализ организационно-методического и экспертно-аналитического обеспечения развития научно-технологического комплекса Российской Федерации экспертами Федерального реестра экспертов научно-технической сферы	79
Зубарев А.П., Скуратов А.К. Анализ коллективов исполнителей с целью составления их рейтинга на основе опыта участия в ФЦП для использования в системе оценок по критерию «репутация участника конкурса»	89
Липовицкая И.Н., Андреева Е.С., Андреев С.С. Инновационные технологии ГИС-картирования значений потенциала загрязнения атмосферы на основе применения численной модели пограничного слоя атмосферы (на примере Ленинградской области)	98

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Иванов Б.В., Кристалинская С.В., Гладышева Е.А., Добрынин Д.А., Шеханова О.В. Конкурсы 2018 года на право получения грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук и ведущих научных школ Российской Федерации	106
Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В., Яценко В.А., Толстов А.В. Редкоземельное сырье Томтора: есть ли компромисс между экологией и социально-экономическими эффектами?	116

ENGINEERING AND TECHNOLOGY

- Belikov D.V.** Proposals on priority directions for the development of new materials and nanotechnologies of dual purpose and analysis of possible areas of their application 123
- Sidorov V.V., Rybakov Y.L., Gukasov V.M.** Diagnostic approach for estimation of the state of microcirculator-tissue system using laser technologies and temperature functional sample 135
- Zyuzkov G.N.** The new direction of targeted therapy in regenerative medicine is «The strategy of pharmacological regulation of intracellular signal transduction in regenerative-competent cells» 143

NATIONAL SECURITY

- Izyumov D.B., Kondratyuk E.L.** Foreign experience in the use of the terahertz frequency range in the creation of models of weapons, military and special equipment 153
- Izyumov D.B., Kondratyuk E.L.** Prospects for the development of US missile defense 169

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

- Беликов Д.В.** Предложения по приоритетным направлениям развития новых материалов и нанотехнологий двойного назначения и анализ возможных областей их применения 123
- Сидоров В.В., Рыбаков Ю.Л., Гукасов В.М.** Диагностический подход для оценки состояния микроциркуляторно-тканевой системы с использованием лазерных технологий и температурной функциональной пробы 135
- Зюзьков Г.Н.** Новое направление таргетной терапии в регенеративной медицине – «Стратегия фармакологической регуляции внутриклеточной сигнальной трансдукции в регенераторно-компетентных клетках» 143

НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Исюмов Д.Б., Кондратюк Е.Л.** Зарубежный опыт использования терагерцового частотного диапазона при создании образцов вооружения, военной и специальной техники ... 153
- Исюмов Д.Б., Кондратюк Е.Л.** Перспективы развития противоракетной обороны США .. 169

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, СОЗДАННЫХ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

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

В.Ф. Федорков, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *fedorkov@extech.ru*

Н.Н. Одинцова, вед. инж. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *nno.ru@mail.ru*

О.В. Фахурдинов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *olegator@extech.ru*

А.А. Тимохин, ст. инж.-прогр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *timohinaa@extech.ru*

В статье изложены результаты анализа результатов мониторинга деятельности малых инновационных предприятий (МИП), выявлены проблемы, препятствующие успешному созданию и развитию МИП, исследованы факторы мотивации учредителей к созданию МИП, выявлены взаимосвязи и взаимные выгоды МИП и учредителей.

Ключевые слова: малое инновационное предприятие, хозяйственное общество, хозяйственное партнерство, результаты интеллектуальной деятельности (РИД), учредители, мониторинг, эффективность, интерактивная информационная система.

ACTIVITY OF SMALL INNOVATIVE ENTERPRISES CREATED IN THE SPHERE OF EDUCATION AND SCIENCE

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

V.F. Fedorkov, Head of Department, SRI FRCEC, *fedorkov@extech.ru*

N.N. Odintsova, Leading Engineer, SRI FRCEC, *nno.ru@mail.ru*

O.V. Fahuridinov, Head of Department, SRI FRCEC, *olegator@extech.ru*

A.A. Timohin, Senior Software Engineer, SRI FRCEC, *timohinaa@extech.ru*

The article presents the results of monitoring of activities of small innovative enterprises (SIE), identifies problems that impede the successful creation and development of SIE, studies the factors of motivation of the founders to create SIE, identifies the relationships and mutual benefits of SIE and the founders, as well as the urgent needs of SIE.

Keywords: small innovative enterprise (SIE), a business entity, business partnership, results of intellectual activity (RIA), monitoring, effectiveness, an interactive information system.

Федеральными законами [2–3] и нормативной базой на Минобрнауки России возложен ряд функций и полномочий в части создания малых инновационных предприятий (хозяйственных обществ (ХО) и хозяйственных партнерств (ХП) в сфере образования и науки, деятельность которых заключается в практическом применении (внедрении) результатов интеллектуальной деятельности. Ведение учета уведомлений о создании МИП, формирование Реестра учета уведомлений о создании МИП для дальнейшего представления в налоговые органы, проведение мониторинга деятельности МИП поручены ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ приказами Минобрнауки России [4–5].

На основании информации учета уведомлений о создании МИП на 15 марта 2018 г. в базу учета занесены сведения о создании 2834 МИП.

Из них, в 301 вузе создано 2588 МИП, в 134 НИИ – 272 МИП, в том числе, совместно вузами и НИИ – 26 МИП.

Наибольшее количество МИП относится к системе Минобрнауки России, 204 вуза-учредителя (46,8% от числа всех учредителей) создали 2162 МИП (75,2% от общего числа). В системе ФАНО 118 НИИ (27,1%) – 234 МИП (8,1%).

Анализ результатов мониторинга деятельности МИП

В 2017 г. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по согласованию с Минобрнауки России актуализировало анкету мониторинга деятельности МИП, созданных государственными учреждениями образования и науки в целях практического применения результатов интеллектуальной деятельности, состоящую из двух частей.

В часть I анкеты были включены вопросы, определенные пунктом 9 протокола от 25 мая 2017 г. № 2 заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России:

- обеспечение возможности предоставления в аренду площадей для размещения МИП, созданных для практического использования РИД, без необходимости получения согласия собственника имущества учредителя по каждому из таких предприятий в отдельности;
- обеспечение возможности выхода образовательных и научных организаций из числа учредителей экономически неэффективных малых инновационных предприятий;
- снятие иных барьеров, препятствующих развитию малых инновационных предприятий, созданных при образовательных организациях и научных организациях.

Эти вопросы направлены на сбор предложений учреждений образования и науки – учредителей МИП по улучшению механизма практического применения РИД через создание МИП.

В часть II анкеты, отражающую экономическую деятельность МИП, были включены вопросы, позволяющие выявить и исследовать деятельность МИП, пользующихся поддержкой элементов инновационной инфраструктуры в субъектах Российской Федерации.

В целом анкета, базируясь на информации, внесенной в нее учредителями МИП, позволила провести анализ действительного положения дел в сфере создания и деятельности МИП.

Мониторинг деятельности МИП проводился в период с 1 августа по 15 сентября 2017 г. В ходе мониторинга от 314 учредителей были получены анкеты (заполненные полностью или частично) по 2521 МИП. Таким образом, участие в мониторинге приняли 65% учредителей, которые предоставили сведения о 88% созданных ими МИП.

По вопросам части I анкеты мониторинга предложения представили 120 учредителей (25% от общего числа), в том числе, по первому вопросу – 116 учредителей, по второму – 114 учредителей, по третьему – 116 учредителей.

По первому вопросу пять учредителей отметили, что в связи с отсутствием обращений со стороны созданных ими МИП, предложений не имеют.

Все остальные учредители подчеркнули высокую актуальность вопроса предоставления в аренду помещений и оборудования для размещения и развития МИП, сложность и длительность сроков согласования документов на аренду, предусмотренных существующей нормативной базой, в том числе постановлением Правительства Российской Федерации от 12.08.2011 № 677, и предложили несколько вариантов решения проблемы, от простого, «косметического», до сложного, требующего изменения законодательства, в том числе, Гражданского кодекса Российской Федерации.

Примеры

Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики: «Отказ от необходимости получения согласия собственника имущества учредителя по каждому МИП ускорит процесс оформления, при сохранении льготной аренды для МИП в течение первых нескольких лет».

Кемеровская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации: «Разрешить МИП, созданным по инициативе и силами вузов, использование площадей вуза без оформления аренды».

Ярославская государственная сельскохозяйственная академия: «Возможность аренды имущества и помещений без проведения конкурса и аукционов; возможность аренды помещений и оборудования образовательных и научных организаций с оплатой по льготным ставкам».

Санкт-Петербургский государственный университет: «Целесообразно рассмотреть возможность внесения изменений в ст. 298 Гражданского кодекса Российской Федерации, и в постановление Правительства Российской Федерации от 12.08.2011 № 677, а именно: «Государственные образовательные организации высшего образования имеют право заключать договоры аренды в отношении имущества, выделенного ему собственником, с МИП, соучредителем которых выступает организация высшего образования, без необходимости предварительного согласования с собственником (учредителем), но с последующим обязательным уведомлением о заключенном договоре аренды». И ряд других.

Анализ приведенных предложений вузов по данному вопросу, подчеркивает исключительную актуальность проблемы аренды площадей и оборудования, несовершенство существующей законодательной и нормативной базы.

Вузы предложили целый спектр способов решения проблемы

Ничего не изменяя в нормативной базе, усовершенствовать процедуру согласования договора аренды с учредителем. Предлагается сократить сроки согласования, проводить согласование лимитов на сдаваемые площади. Этот путь не дает решения проблемы между целями вуза, для достижения которых ему передано в оперативное управление государственное имущество, и необходимостью поддерживать инновационную деятельность. Передача части имущества в аренду всегда означает сокращение потребности вуза в этом виде имущества, что влечет за собой, согласно Гражданскому кодексу Российской Федерации, необходимость пересмотра условий передачи вузу имущественного комплекса в целом.

Предлагается логичное решение признания инновационной деятельности одной из базовых функций университета. В этом случае в уставе университета должны быть включены дополнения, обосновывающие необходимость в имуществе специально для реализации этих целей и условия его использования. Предложенный вариант закрепления имущества для инновационной деятельности за особым подразделением университета представляется вполне обоснованным. В целом это вполне реализуемый вариант, не требующий внесения изменений в законодательства и осуществимый на уровне Минобрнауки России.

Для кардинального решения проблемы необходимо внесение ряда изменений и дополнений в Гражданский кодекс Российской Федерации (ст. 298), в Федеральные законы «Об образовании в Российской Федерации» и «О науке и государственной научно-технической политике», в ряд других законов и постановлений Правительства Российской Федерации. Мягкими «косметическими» мерами решить проблему не представляется возможным.

По второму вопросу 12 учредителей отметили, что предложений не имеют.

Примеры предложений ряда учредителей, принявших участие в опросе и представивших широкий спектр мнений, приведены ниже.

Самарский государственный университет: «Регулируется законом об обществах с ограниченной ответственностью. Не видим проблем».

Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации: «Предлагаем не предоставлять образовательным и научным организациям возможность выхода из числа учредителей экономически неэффективных малых инновационных предприятий. Это связано с тем, что при создании хозяйственного общества и организация, и прочие учредители разделяют риски, в том числе риск экономической неэффективности общества. В этой связи, даже в случае возникновения такой ситуации, ее последствия должны быть разрешены всеми учредителями без исключения».

Геологический институт Российской академии наук: «Да, считаем целесообразным обеспечить возможность выхода учреждений из числа учредителей неэффективных МИП путем внесения соответствующих изменений в законодательство».

Кемеровская государственная медицинская академия Министерства здравоохранения Российской Федерации: «Максимально упростить процедуру выхода». И ряд других.

Значительная часть вузов, представивших ответы по данному вопросу, считает этот вопрос второстепенным, вполне решаемым действующим законодательством.

Другие считают полезным облегчить и ускорить процесс выхода вуза из числа учредителей. При этом разногласия возникают о вкладе вуза в уставной капитал МИП. Есть варианты решений: оставить в распоряжении МИП неамортизированную стоимость РИД или продать долю вуза на торгах.

Большинство вузов считает возможным выход вуза из МИП без согласования и без уведомления собственника имущества.

В этой связи представляется целесообразным вносить на этапе создания в устав МИП порядок выхода бюджетного или автономного учредителя, в том числе порядок распоряжения своим вкладом при ликвидации МИП. Фактически это означает выход в соответствии с законами и без уведомления Минобрнауки России.

Общим основанием для выхода все считают низкую экономическую эффективность МИП. Есть одно возражение Нижегородского университета. По его мнению, МИП фактически является частью инновационной инфраструктуры вуза. Его эффект не ограничивается доходами, но важно использование данного МИП в работе вуза по основным направлениям (образование, наука).

Есть еще один аспект, который вузы в своих ответах не затронули. Это государственный интерес в деятельности МИП. Государство является третьей стороной, которая участвовала в процессе создания и развития МИП, предоставляя льготы. Возможно решение о санации нерентабельного МИП, имеющего важное значение для вуза или для экономики страны. Возможны варианты решения судьбы МИП: включение его в состав подразделений вуза в качестве лаборатории или технического подразделения; предоставление дополнительных средств.

Мировая тенденция создания и развития МИП, как элемента инновационной инфраструктуры вузов и научных организаций, свидетельствует о том, что они массово создаются, но и значительная часть их ликвидируется в первый год деятельности из-за неэффективности.

Вопрос ликвидации МИП или выхода бюджетного или автономного учредителя из МИП находится в мировом тренде и требует создания четкого правового механизма ликвидации и обеспечения выхода образовательных и научных организаций из числа учредителей экономически неэффективных МИП. Этот вопрос, как следует из результатов исследования, представляется актуальным, поскольку нет четкого законодательного механизма его решения.

В этой связи представляется необходимым внести следующие дополнения и изменения в действующее законодательство, обеспечивающие возможность выхода образовательных организаций высшего образования из числа учредителей экономически неэффективных МИП.

Предлагается заменить часть 5 ст.103 Федерального закона № 273-ФЗ на изложенную в следующей редакции:

«5. Образовательные организации высшего образования, являющиеся бюджетными или автономными учреждениями, вправе распоряжаться долями или акциями в уставных капиталах хозяйственных обществ и вкладами в складочных капиталах хозяйственных партнерств, владельцами которых они являются, без согласия собственника их имущества.

Образовательные организации высшего образования, являющиеся бюджетными или автономными учреждениями, обязаны предусмотреть в уставах создаваемых хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств конкретный механизм распоряжения долями или ак-

циями в уставных капиталах хозяйственных обществ и вкладами в складочных капиталах хозяйственных партнерств, владельцами которых они являются, при выходе их из числа учредителей».

Аналогичные нормы необходимо внести и в ст. 5 Федерального закона Российской Федерации от 12 июля 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

По третьему вопросу 14 учредителей отметили, что предложений не имеют.

Примеры предложений ряда учредителей по данному вопросу, приведены ниже.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова: «На сегодняшний день малые инновационные предприятия, согласно пп. 1 п. 1 ст. 427 ч. 2 Налогового кодекса Российской Федерации от 05.08.2000 № 117-ФЗ, и таблицы «Пониженные тарифы и условия их применения», имеют упрощенную систему налогообложения с годовой ставкой страховых взносов в 14%. С 1 января 2018 г. процентная ставка страховых взносов составляет 21%, а на 1 января 2019 г. 28%. В связи с этим предлагаем пролонгацию упрощенной системы налогообложения малым инновационным предприятиям».

Пензенский государственный аграрный университет: «Выручку от инновационной деятельности предприятия необходимо учитывать в показателях мониторинга эффективности вуза».

Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма: «Оценка и правовая охрана РИД требует финансовых и организационных затрат». И ряд других.

Эти предложения учредителей МИП по данному вопросу, по их мнению, направлены на устранение барьеров, мешающих деятельности и развитию МИП.

Однако предложения носят частный характер в рамках реализации статусного сценария нормативного регулирования создания и деятельности МИП. В статусном сценарии всевозможные льготы и преференции выделяются МИП по факту создания, без учета экономической эффективности их деятельности и ее влияния на экономику страны.

К резонансным проблемам, препятствующим развитию МИП, можно отнести:

– доработку нормы ст. 66.2 Гражданского кодекса Российской Федерации в части оценки внесенных прав на РИД в уставной капитал МИП без привлечения независимого оценщика. В настоящее время данная норма не позволяет применить ст. 103 федерального закона № 273-ФЗ о привлечении независимого оценщика при стоимости прав использования РИД более 500 тыс. руб.;

– нерешенные проблемы статуса МИП, как фактор торможения этой формы инновационной деятельности. Так для получения МИП льгот по уплате страховых платежей требуется лишь формальное его включение в реестр учета при соблюдении ряда условий. Экономическим же основанием для получения льгот, реально создающим это право, должна быть деятельность, приносящая государству дополнительный эффект сверх эффекта, получаемого самим хозяйственным обществом. Проблема заключается в том, что точно такой же, а возможно и больший эффект, может быть создан и при других условиях, но не будет компенсирован льготами в силу принятой концепции оплаты эффекта, опосредованной статусом.

Наиболее распространенным методом регулирования положительных внешних эффектов являются субсидии, представляющие собой платежи потребителям или производителям экономических благ. Выделение субсидии более логично, чем предоставление льгот, так как не создает бесконтрольного воздействия на доходы бюджета и ближе к существу дела, государство участвует в оплате как третий участник инновационного процесса, что дает ему возможность вести учет и анализ реальности внешних эффектов.

Таким образом, можно заключить, что затруднения в деятельности МИП в значительной мере возникают из-за отсутствия обоснованной системы отношений государства с организациями, занимающимися инновационной деятельностью.

Переход к новым принципам государственной политики в отношении инновационной деятельности МИП назрел, так как поток решений по частным вопросам малоэффективен, сами решения внутренне противоречивы, а отсутствие ясного представления об общественном благе и государстве как третьем участнике процесса, не позволяет эффективно использовать бюджетные средства и не создает устойчивой благоприятной атмосферы для инновационной деятельности.

Результаты проведенного мониторинга деятельности МИП по части II анкеты представлены ниже.

Кадровый потенциал малых инновационных предприятий

Общая численность работников МИП, включая внешних совместителей, лиц, выполняющих работу по договорам гражданско-правового характера, работников, получавших заработную плату в организации, на 01.01.2016 составила 6357 человек. На 01.01.2017 общее количество персонала в опрошенных МИП – 8729 чел., средняя численность персонала за 2017 г. – 3,5 чел. на одно МИП. На 01.07.2017 общая численность составила 8502 чел., т.е. на 2,6% меньше, чем в начале года, что может быть обусловлено летним периодом (каникулами), когда категория «Обучающиеся» сокращается.

Общая численность персонала в разбивке по периодам, в том числе категория «Обучающиеся» представлена на рис. 1.

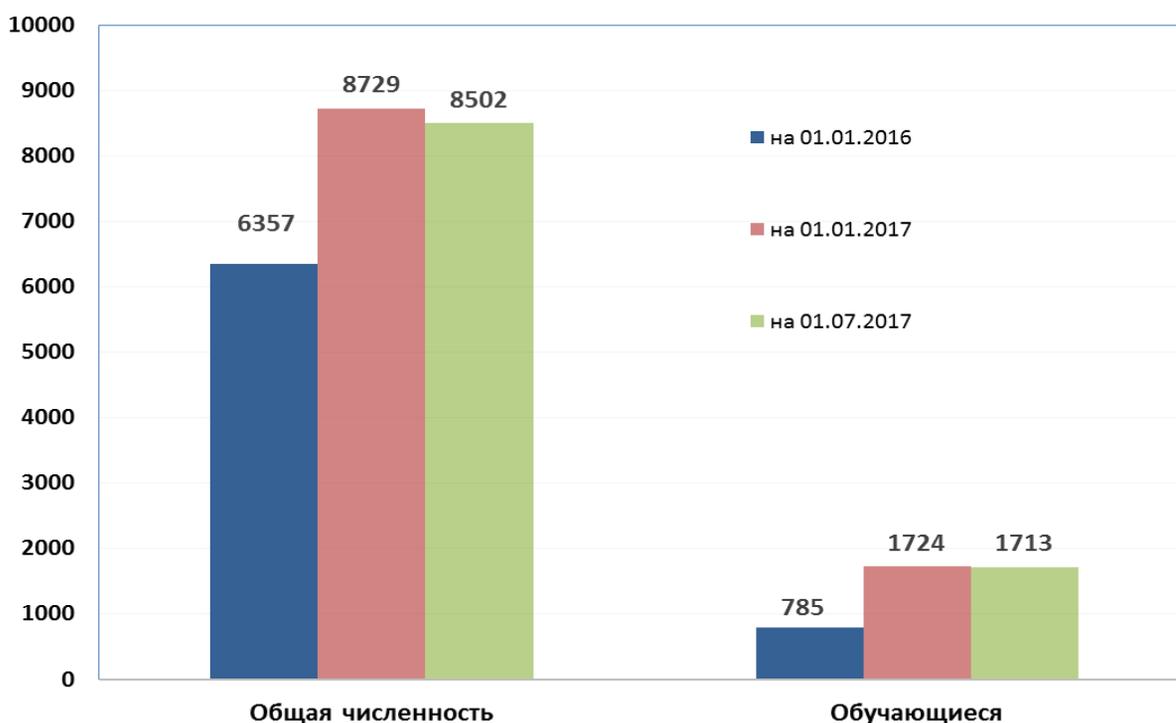


Рис. 1. Динамика численности персонала малых инновационных предприятий

Использование малыми инновационными предприятиями инфраструктуры учредителя

Из 1855 МИП, на которые Учредитель представил информацию о размере арендуемых площадей, 84,3% не арендуют площади (показали «0» кв.м). Из числа МИП, арендующих площади, средняя площадь аренды составила 105,5 кв. м на одно МИП. Однако около трех четвертей из них (75,3%) арендуют площадь менее 50 кв. м (рис. 2).

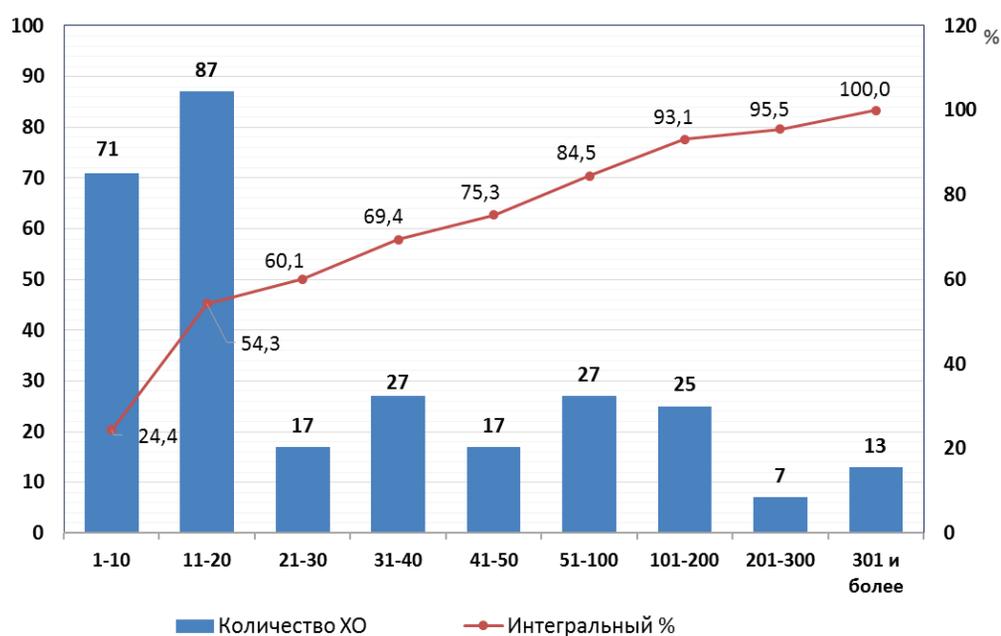


Рис. 2. Информация о размере площадей, арендуемых МИП у учредителей

Кроме того, анализ данных мониторинга показал, что по всем МИП, по которым внесены сведения, содержатся данные об использовании оборудования учредителя, причем только 15,8% МИП используют в своей деятельности оборудование учредителя, а остальные его не используют.

Экономические показатели деятельности малых инновационных предприятий

Сведения о выручке малых инновационных предприятий

Информация о выручке МИП дает представление об объеме производимой и реализуемой ими продукции, работ и услуг. Запрашивалось значение выручки в соответствии с отчетом о финансовых результатах за 2016 г. в тыс. руб.

По данным о выручке, почти 60% МИП, по которым была представлена информация, в 2016 г. имели нулевую выручку.

Средняя выручка в расчете на одно МИП составила 12657,75 тыс. руб., средняя выручка МИП, показавших ненулевую выручку, составила 13932,25 тыс. руб. При этом 80% МИП имеют выручку до 1000 тыс. руб.

Более подробные сведения о распределении выручки МИП представлены на графике (рис. 3). На нем для каждого интервала выручки в тыс. руб. отражено количество МИП, попадающих в интервал, и накопленный (интегральный) процент общего количества МИП.

Что касается различия объема средней выручки в зависимости от направленности деятельности МИП (в соответствии с классификацией продукции: товары, НИОКР, работы (кроме НИОКР), услуги), информация представлена на рис. 4.

На графике показаны значения средней выручки на одно МИП по направлениям их деятельности и средней выручки на одно МИП, показавших ненулевую выручку.

Отмечается, что по сравнению с 2017 г. показатели средней выручки на одно МИП по направлениям деятельности снизились, кроме направления «товары», которые увеличились до 14297 тыс. руб., с 5958 тыс. руб. в 2016 г. Эта здоровая тенденция свидетельствует о том, что хотя уровень средней выручки «работы (кроме НИОКР)» еще не достигнут, но МИП увеличивают производство товаров на основе внедрения РИД, с которыми выходят на рынок.

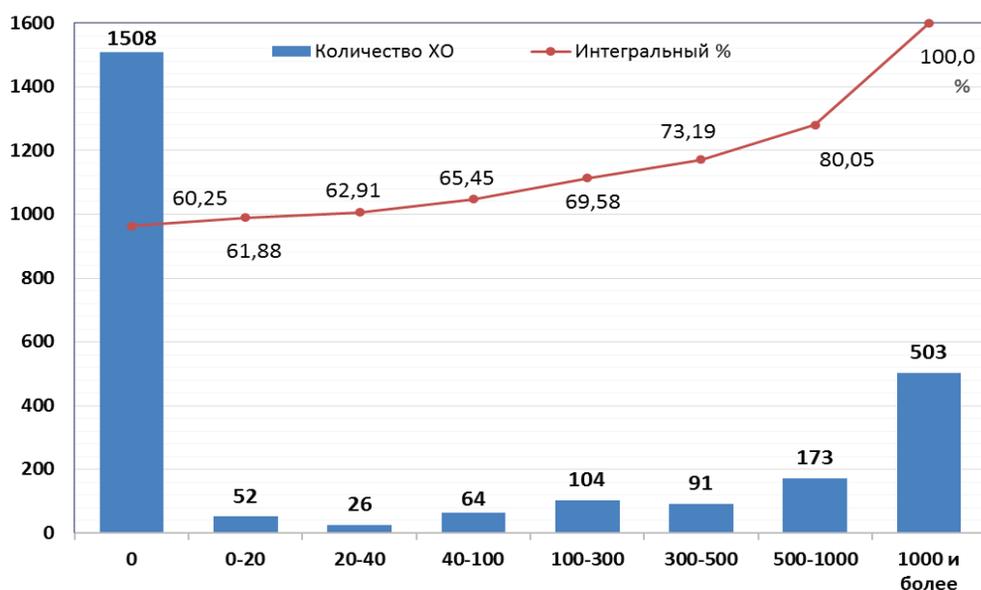


Рис. 3. Распределение выручки МИП, тыс. руб.

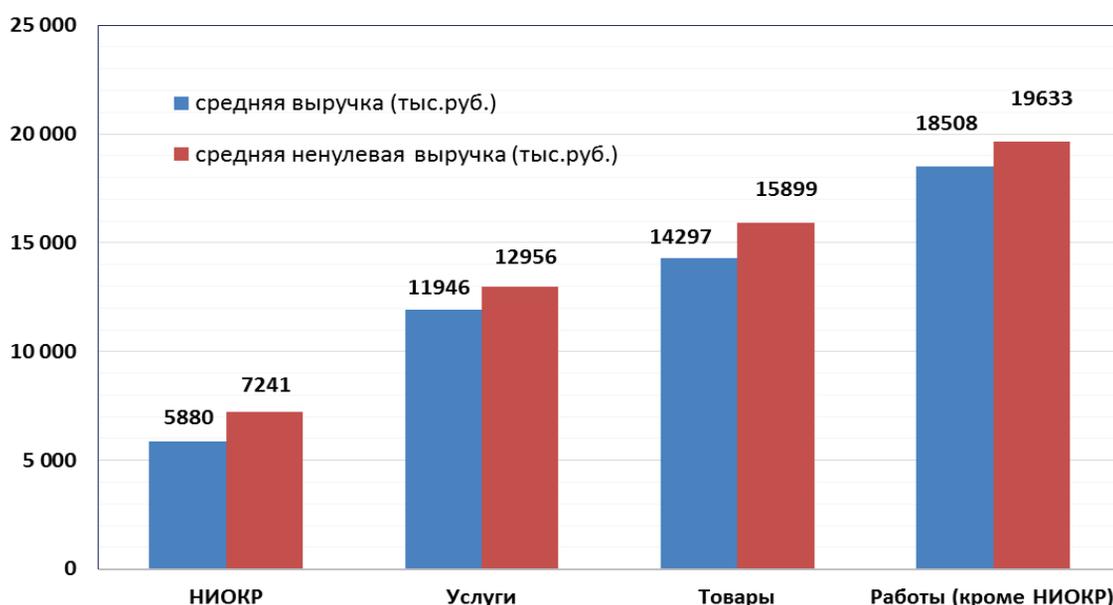


Рис. 4. Средняя выручка МИП по видам деятельности

Структура выручки МИП, показавших ненулевое значение по источникам, представлена на рис. 5. Анализ указанной выручки МИП показал, что в основном эти МИП ориентированы на работу с предприятиями и организациями. В целом, выручка, полученная в рыночном секторе (на потребительском рынке, по заказу предприятий) составляет в среднем 84,8% от общей выручки. При этом 22,1% МИП работают на потребительский рынок; 4,1% МИП работают по государственному заказу, заказу учредителя – 11% (рис. 6).



Рис. 5. Усредненная структура выручки МИП по источникам

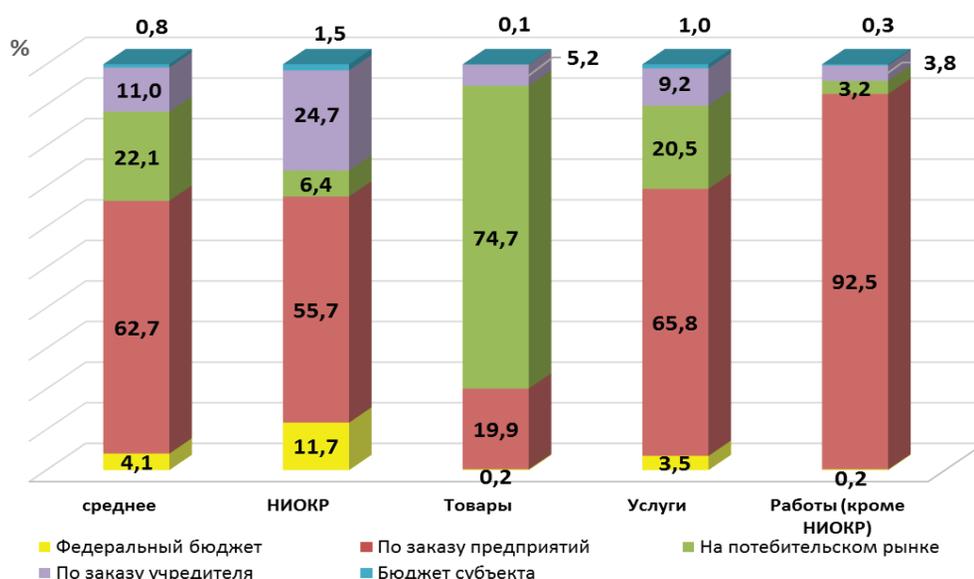


Рис. 6. Усредненная структура выручки МИП по видам деятельности

Сведения о привлечении средств малыми инновационными предприятиями

Информация о ненулевом объеме привлеченных средств была предоставлена Учредителями по 11,3% МИП. Средний объем привлеченных ими средств по всем источникам, составляет 1776,05 тыс. руб. на одно МИП (от общего числа МИП, по которым представлялась информация). Усредненная структура привлеченных средств по источникам финансирования представлена на рис. 7.

Основным источником привлеченных средств на развитие МИП являются фонды, такие как Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и другие. Суммарный объем привлеченных средств фондов по 122 МИП составляет

1 324 576 тыс. руб. (в среднем 10 857,18 тыс. руб. на одно МИП. Средства фондов используют 4,8% МИП, предоставивших сведения по данному вопросу, от общего числа МИП, охваченных мониторингом.

Что касается средств бюджета, запрашивалась информация о привлечении средств бюджета в форме субсидий (бюджетные средства, предоставляемые на условиях долевого финансирования целевых расходов); бюджетных кредитов; инвестиций в уставные капиталы. По данным, предоставленным учредителями по МИП, средний объем привлечения бюджетных средств на одно МИП, составляет 97,6 тыс. руб., суммарный объем 246 044,21 тыс. руб.

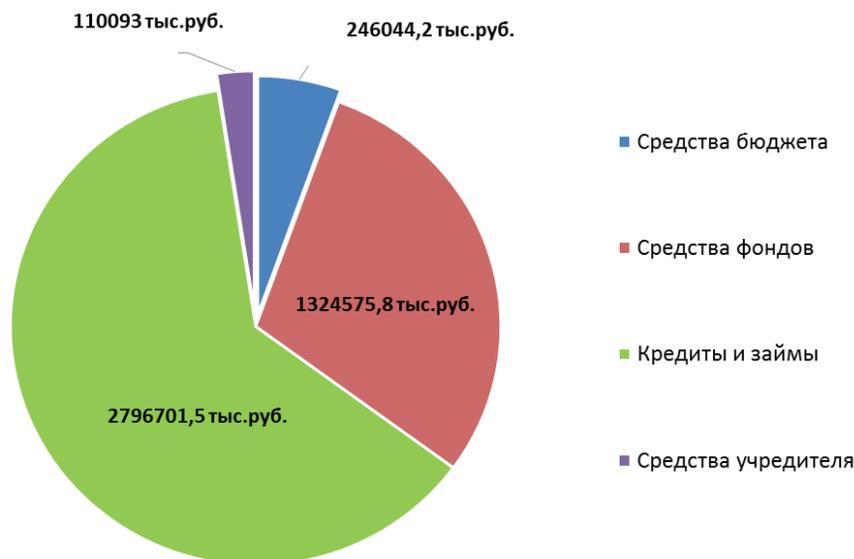


Рис. 7. Усредненная структура привлеченных малыми инновационными предприятиями средств по источникам

Средний объем кредитов и займов, получаемых одним МИП, составляет 1109,36 тыс. руб., суммарный объем привлеченных средств по данному источнику составил 2796 701,5 тыс. рублей. При этом данным источником пользовались в 2016 г. лишь 3% из числа всех МИП, по которым была представлена информация, от общего количества, принявших участие в мониторинге. Это означает, что степень привлечения кредитов МИП крайне мала.

Средний объем средств, полученных от учредителя в качестве финансовых вливаний, составил 43,67 тыс. руб. на одно МИП, по которым были представлены сведения.

Сведения о прибыли малых инновационных предприятий

Из числа МИП, на которые были предоставлены данные за 2016 г., 23,56% получили прибыль. Структура прибыли в распределении по видам деятельности в соответствии с данными анкетирования представлена на рис. 8.

На рис. 9 изображен процент прибыльных МИП из числа предоставивших сведения по данному вопросу (правая ось) и средний размер чистой прибыли в тыс. руб., рассчитанный по прибыльным МИП (левая ось). Наименьший размер чистой прибыли наблюдается в сфере реализации услуг, несмотря на то, что процент прибыльных предприятий в этой сфере относительно большой и составляет около 50,8%. МИП, основным видом деятельности которых являются работы (кроме НИОКР), показывают существенно большую, чем остальные, чистую прибыль, на уровне 1647,1 тыс. руб., а также высокий процент прибыльных предприятий (56,7%).

Результаты интеллектуальной деятельности, созданные малыми инновационными предприятиями, и проекты с их использованием

В мониторинге также запрашивалась информация по количеству РИД, созданных МИП. Из 2521 МИП, сведения о которых были представлены в мониторинге, 524 ХО (ХП) создали 942 РИД, что составляет 1,8 РИД на одно МИП, из числа создавших.

Количество проектов, выполненных МИП с использованием РИД, составило 1177 проектов. Эти проекты выполнили 477 МИП из 2521, что составило 2,5 проекта на одно МИП, из числа показавших выполнение таких проектов.

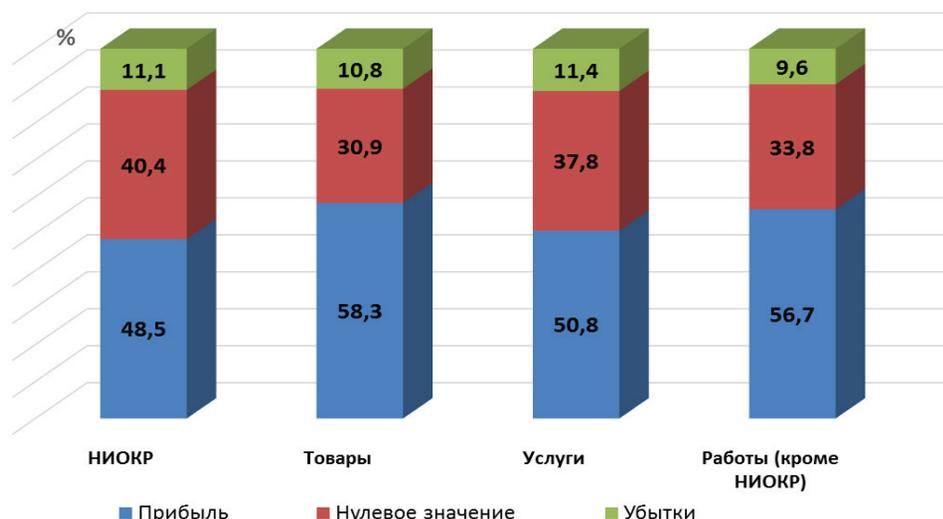


Рис. 8. Структура чистой прибыли в распределении видов деятельности МИП

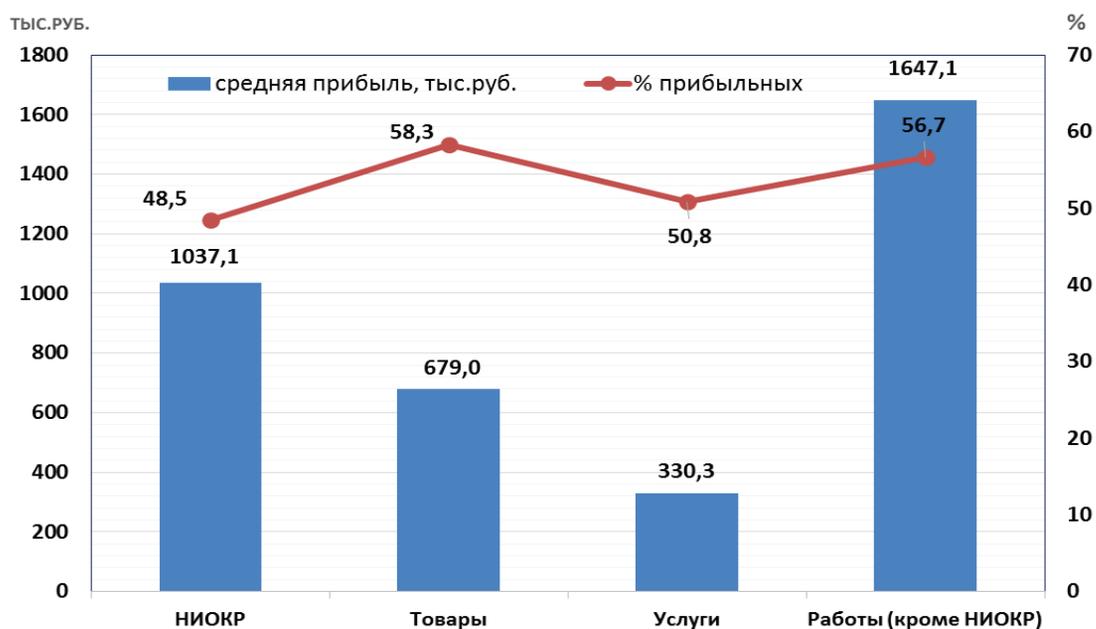


Рис. 9. Сведения о средней чистой прибыли МИП

Основные выводы

Переход к новым принципам государственной политики в отношении инновационной деятельности МИП назрел, так как поток решений по частным вопросам малоэффективен, сами решения внутренне противоречивы, а отсутствие ясного представления об общественном благе и государстве как третьем участнике процесса, не позволяет эффективно использовать бюджетные средства и не создает устойчивой благоприятной атмосферы для инновационной деятельности.

Программные методы поддержки МИП основаны на признании необходимости развития государственной инфраструктуры инновационной деятельности, которая может оказывать неизбирательную поддержку инновационной деятельности. Это информационная поддержка с помощью специализированного сайта работы с МИП, централизованное проведение выставок для представления продукции МИП с финансовой помощью государства, создание каталогов запросов промышленности, создание целевых программ развития института МИП.

По оценке учредителей, такой механизм коммерциализации РИД, как создание МИП, является важнейшим, он по-прежнему широко используется вузами и в меньшей степени научными организациями.

Аренда площадей и оборудования МИП у учредителя по-прежнему стоит остро, процедура согласования с Минобрнауки России очень затянута.

Отмечаются проблемы выхода учредителей из состава МИП, и распоряжения при этом их долей в уставном (складочном) капитале.

Решение этих проблем видится в изменении действующего законодательства.

Можно заключить, что затруднения в деятельности МИП в значительной мере возникают из-за отсутствия обоснованной системы отношений государства с организациями, занимающимися инновационной деятельностью.

Ответы вузов на три вопроса анкеты выявили те варианты развития института МИП, которые позволят расширить этот сектор инновационной системы и повысить эффективность его деятельности.

Предложения вузов по развитию нормативной базы следует рассматривать в рамках общей концепции развития института МИП.

В ответах вузов встречаются предложения о расширении действующих льгот или введении дополнительных преимуществ малым инновационным предприятиям, созданным на основе Федерального закона № 217-ФЗ. Не следует принимать предложения этого рода, как противоречащие закону о конкуренции и отрицательно влияющие на мотивацию других предприятий. Программные и законодательные меры должны исходить из оценки ожидаемых положительных эффектов, но при условии возможности документирования этих эффектов и наличия организаций, готовых дать необходимые гарантии.

Анализ результатов мониторинга деятельности МИП показал, что доля вышедших на получение доходов МИП составляет более 10%, принятых за норму в европейских странах. Количественная динамика создания МИП и устойчивый рост экономических показателей дают основание для положительного заключения. Идея предоставления экономических льгот МИП, создаваемым для коммерциализации разработок вузов, в целом себя оправдала. Это не означает, что рост количества предприятий будет продолжен и далее во всех вузах, скорее отдельные вузы продолжат создавать новые МИП, поскольку еще не исчерпан запас перспективных для коммерциализации научных заделов, другие постепенно будут сокращать число МИП, закрывая неперспективные проекты. Это нормальный процесс развития, который естественно замедляется при приближении к зоне насыщения.

Общее направление развития состоит в дальнейшем организационном и хозяйственном выделении инновационной деятельности, что позволит применять в этой области нормативную базу, уже действующую, свойственную коммерческой деятельности и выходящую за рамки административного контроля научной и образовательной деятельности вуза.

Проводимое исследование участия МИП в инновационной инфраструктуре показало, что МИП, в основном, используют элементы инновационной инфраструктуры учредителя (технопарки, центры коллективного пользования, центры трансфера технологий и др.), и в меньшей степени инновационную инфраструктуру субъектов РФ.

Наличие элементов инновационной инфраструктуры в вузах (на долю которой приходится более 30% от общего количества созданных элементов инновационной инфраструктуры в стране) является важным условием для создания и функционирования МИП.

В этой связи можно утверждать, что развитие института МИП напрямую связано с определяемой в вузах и научных организациях инновационной политикой. Важным направлением является поддержка инновационной деятельности в вузах, предполагая, в том числе, и мониторинг процессов развития инновационной инфраструктуры в вузах. Тенденцией последних лет является то, что элементы инновационной инфраструктуры, создаваемые в вузах и научных организациях, приобретают значение в региональных масштабах, с обязательным включением в региональную инновационную систему.

Элементы региональной инфраструктуры использовали МИП в 36 субъектах РФ. Результаты мониторинга показали, что эффективность деятельности МИП определяется, в том числе, развитостью различных элементов региональной инновационной инфраструктуры и форм поддержки.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания № 074-00497-18-01 Минобрнауки России за 2018 г. по проекту «Методологическое сопровождение мероприятий по мониторингу и государственному учету малых инновационных предприятий при вузах и научных организациях» (Шифр: 29.12269.2018/12.1).

Список литературы

1. Турко Т.И., Федорков В.Ф. и др. Анализ деятельности малых инновационных предприятий, созданных в сфере образования и науки. *Инноватика и экспертиза. Научные труды. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 1 (16). С. 45–56. Москва. 2016.*

2. Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике». Available at: <http://www.consultant.ru/online>.

3. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» Available at: <http://www.consultant.ru/online>.

4. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 4 января 2014 г. № 43 «Об организации в Министерстве образования и науки Российской Федерации работы по учету уведомлений о создании хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств». Available at: <http://минобрнауки.рф>.

5. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 14 февраля 2014 г. № 117 «Об утверждении формы реестра учета уведомлений о создании хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств, созданных бюджетными научными и автономными научными учреждениями либо образовательными организациями высшего образования, являющимися бюджетными или автономными учреждениями». Available at: <http://www.consultant.ru/online>.

References

1. Turko T.I., Fedorkov V.F. et al. (2016) *Analiz deyatel'nosti malykh innovatsionnykh predpriyatiy, sozdannykh v sfere obrazovaniya i nauki* [The analysis of activity of small innovative enterprises created in the sphere of education and science] *Innovatika i ekspertiza* [Innovatics and Expert Examination] *FGBNU NII RINKtSE* [SRI FRCEC] Moscow. Vol. 1(16). Pp. 45–56.

2. *Federal'nyy zakon ot 23 avgusta 1996 g. No. 127-FZ «O nauke i gosudarstvennoy nauchno-tehnicheskoy politike»* [Federal law of 23 August 1996 No. 127-FZ «On science and state scientific and technical policy»]. Available at: <http://www.consultant.ru/online>.

3. *Federal'nyy zakon ot 29 dekabrya 2012 g. No. 273-FZ «Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii»* [Federal law of 29 December 2012 № 273-FZ «On education in Russian Federation»]. Available at: <http://www.consultant.ru/online>.

4. *Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii ot 4 yanvarya 2014 g. No. 43 «Ob organizatsii v Ministerstve obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii raboty po uchetu uvedomleniy o sozdanii khozyaystvennykh obshchestv i khozyaystvennykh partnerstv»* [Order of the Ministry of education and science of the Russian Federation on January 4, 2014 No. 43 «On organization in the Ministry of education and science of the Russian Federation registration of notices on creation of economic societies and economic partnerships»]. Available at: <http://минобрнауки.рф>.

5. *Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii ot 14 fevralya 2014 g. No. 117 «Ob utverzhdenii formy reestra ucheta uvedomleniy o sozdanii khozyaystvennykh obshchestv i khozyaystvennykh partnerstv, sozdannykh byudzhetnymi nauchnymi i avtonomnymi nauchnymi uchrezhdeniyami libo obrazovatel'nyimi organizatsiyami vysshego obrazovaniya, yavlyayushchimisya byudzhetnymi ili avtonomnymi uchrezhdeniyami»* [Order of the Ministry of education and science of the Russian Federation dated 14 February 2014 No. 117 «About approval of the form of register of notification on establishment of business companies and business partnerships created by budgetary scientific and Autonomous scientific institutions or educational institutions of higher education, as a budgetary or Autonomous institutions»]. Available at: <http://www.consultant.ru/online>.

МОНИТОРИНГ ВУЗОВ КАК ИНСТРУМЕНТ АКТИВНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ

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

Н.А. Лукашева, зам. нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, nal@extech.ru

В работе изложен опыт проведения мониторинга хода выполнения постановления Правительства РФ № 219 о развитии инновационной инфраструктуры вузов, которое предполагало реализацию вузами программ создания инфраструктуры для полного цикла исследований и инновационной деятельности. Накопленный опыт позволяет поставить задачу использования метода мониторинга в качестве инструмента для перехода к более активной и планомерной политике организации инновационной деятельности вузов как составной части политики развития производительных сил. Использование потенциала мониторинга позволило бы применить активные методы формирования программ и проектов для достижения целей Стратегии технологического развития России.

Ключевые слова: мониторинг, инновационная деятельность вузов, Стратегия технологического развития, постановление РФ № 219, база данных технологий, вузовские технологии и производство, хозяйственные общества.

MONITORING OF UNIVERSITIES AS A TOOL FOR ACTIVE INNOVATION POLICY

Y.N. Andreev, Chief Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Economics, uandreev@extech.ru

N.A. Lukashova, Deputy Head of Department, SRI FRCEC, nal@extech.ru

The work outlines the experience of monitoring the implementation of RF Government Decree No. 219 on the development of innovation infrastructure of universities, which envisaged the implementation by universities of programs for creating infrastructure for a full cycle of research and innovation. The accumulated experience makes it possible to set the task of using the monitoring method as a tool for moving to a more active and planned policy of organizing innovation activity of higher education institutions as an integral part of the policy of developing productive forces. The use of the monitoring potential would allow the use of active methods for the formation of programs and projects to achieve the objectives of the Strategy of technological development of Russia.

Keywords: monitoring, innovative activity of universities, Strategy of technological development, Decree No. 219, technology database, university technologies and production, economic societies.

Возможность перехода к активной политике технологического развития

Постановление Правительства РФ от 09.04.2010 № 219 (ред. от 25.05.2016) «О государственной поддержке развития инновационной инфраструктуры в федеральных образовательных учреждениях высшего профессионального образования» [1] (далее – постановление № 219) действовало довольно длительный период с 2010 по 2017 гг. (8 лет). Государственная поддержка развития инновационной инфраструктуры в вузах осуществлялась в целях формирования инновационной среды, развития взаимодействия между образовательными учреждениями и промышленными предприятиями и для поддержки создания хозяйственных

обществ. В течение всего этого времени по поручению Минобрнауки России ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ осуществлял мониторинг выполнения вузами-участниками программ развития инновационной инфраструктуры по показателям, предусмотренным вышеуказанным постановлением. Взаимодействие с вузами осуществлялось в основном по интерактивной схеме через сайт системы мониторинга (<http://rii-vuz.extech.ru>) [2]. Кроме того, регулярно проводились совещания и конференции с участием вузов-участников, велись постоянные консультации мониторами программ. Начиная с 2013 г. функции мониторинга были расширены. Были включены выездные проверки, в ходе которых отчетные данные вузов-участников контролировались и дополнялись сведениями, полученными непосредственно в ходе общения при проведении выездных проверок в вузах. В результате этой длительной работы сформировался виртуальный коллектив участников, непосредственно занимающихся вопросами инновационной деятельности, которые внесли существенный вклад в представление о проблемах развития инновационной деятельности в вузах.

Подводя итоги выполненной работы, можно заключить, что сфера применения мониторинга может быть гораздо шире задачи сбора и анализа данных о развитии инновационной деятельности в вузах и созданных ими хозяйственных обществах. Наиболее перспективной сферой применения представляется использование мониторинга как инструмента формирования государственных целевых программ технологического развития и организации выполнения этих программ. Анализ новых государственных целевых программ (Программа мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 г. – НТИ, Государственная программа Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 гг., Стратегия научно-технологического развития России до 2035 года и другие программы [3]) показывает, что задуманная при их использовании мобилизация научного потенциала вузов не может быть осуществлена без формирования единой информационной системы мониторинга, включающей информацию о научно-технических разработках, об их создателях в структуре вузов, а также оценках экспертного характера о свойствах данных разработок. Руководителям федеральных целевых программ приходится ограничиться отбором из потока поступающих заявок, что не дает уверенности в полноте использования научно-технических заделов, потенциала лабораторий и в получении необходимых результатов.

В ходе обсуждения дорожной карты технологического направления «Технет» (программа НТИ) руководитель рабочей группы по передовым производственным технологиям (кросс-рыночное направление НТИ) А.И. Боровков указал задачи, решение которых необходимо для реализации дорожной карты [4]. Среди этих задач непосредственное отношение к мониторингу имеют следующие:

- долгосрочное планирование развития передовых производственных технологий и связанных с ними бизнес-моделей;
- формирование экосистемы создания, привлечения, развития и передачи лучших в своем классе технологий;
- создание законодательных и институциональных условий для развития передовых производственных технологий.

Из вышеперечисленных задач неясно, как их можно решать без создания информационной инфраструктуры в виде единой базы данных, включающей сведения о потенциале разработчиков и свойствах создаваемых технологий. Как показал опыт мониторинга постановления № 219, невозможно составить адекватное представление о потенциале и возможностях вузов, используя только поток формализованных показателей, необходимо общение с авторами научно-технических разработок и руководителями инновационной деятельности в вузах. Мониторинг как форма совместной с вузами научной деятельности на сегодняшний день показал свои потенциальные возможности. Эти потенциальные возможности могут быть реализованы при включении мониторинга в систему управления технологическим

прогрессом, который позволил бы перейти к активным формам мобилизации потенциала вузов и научных организаций на достижение целей программ технологического развития.

В статье кратко излагаются сведения о проблемах, возникавших в ходе мониторинга выполнения вузами-участниками программ развития инновационной инфраструктуры и описаны использованные нами способы их решения.

Создание информационной модели вуза

Проведение мониторинга на современном уровне потребовало создания базы данных для хранения и обработки получаемой информации, сайта системы мониторинга (<http://rii-vuz.extech.ru>) с личными кабинетами для всех вузов-участников реализации программ развития инновационной инфраструктуры. Предварительно вузами-участниками была проведена работа по составлению программ развития инновационной деятельности и необходимой инфраструктуры. Минобрнауки России провело открытые конкурсные отборы программ развития инновационной инфраструктуры, включая поддержку малого инновационного предпринимательства в 2010 г. победителями стали – 56 вузов (I очередь) и в 2011 г. – 22 вуза (II очередь), и заключило с победителями конкурса договоры, в которых были определены индикаторы и показатели выполнения данных программ. Первоначальными целями мониторинга были контроль, накопление и анализ информации о выполнении вузами-участниками условий договоров. Но основной и более сложной целью было составление аналитической картины по каждому вузу. По сути, необходимо было сформировать информационную модель вуза, пригодную для мониторинга всех вузов-участников и полностью отвечающей требованиям постановления № 219.

Первый шаг к созданию информационной модели вуза – структурирование информации. Для этого были выделены два наиболее важных (интересных) информационных блока: № 1 – «Исходные данные о программе», № 2 – «Организации инновационного комплекса, созданные вузом».

Для этого в форме блока: № 1 – «Исходные данные о программе» были выделены пять информационных разделов: 1) «Общие сведения о вузе»; 2) «Выполнение мероприятий по Программе за отчетный период»; 3) «Место вуза в системе исследований и разработок»; 4) «Научный блок»; 5) «Место вуза в системе отношений с реальным сектором экономики».

Раздел под названием «Место вуза в системе исследований и разработок» включает данные, с указанием федеральных приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, критических технологий отвечающих тематики исследований вуза, технологических платформ которые вуз обеспечивает.

«Научный блок» включает данные о приоритетных направлениях исследований вуза, ключевых научных подразделениях вуза, партнерах вуза в сфере науки, деятельности вуза по созданию новых производственных технологий, материалов или инновационных продуктов.

В разделе «Место вуза в системе отношений с реальным сектором экономики» указывались: приоритетные направления модернизации и технологического развития экономики России, договора с партнерами вуза в реальном секторе экономики, заключенные за три последних года и наименование электронных торговых площадок, на которых зарегистрирован вуз. Необходимость в этой информации вытекает из ведущей цели постановления № 219 – усиление взаимодействия вузов с реальным сектором экономики.

Достигнутый вузами-участниками уровень развития инновационной инфраструктуры фиксировался в информационном блоке № 2 – «Организации инновационного комплекса, созданные вузом» отображаются списки организаций инновационного комплекса, созданных вузом, для каждой организации указывалось ее описание, а также сведения о ее деятельности. Данный блок включает разделы: 1) Хозяйственные общества, созданные с участием вуза (как в соответствии с Федеральным законом от 02.08.2009 № 217-ФЗ [5], так и в обычном порядке); 2) Организации инфраструктуры вуза (не ХО); 3) Структурные подраз-

деления вуза, участники инновационной системы вуза; 4) Мероприятия вуза по поддержке развития группы организаций (нераспределенные в конкретную организацию).

Далее возникла задача единообразного понимания задач постановления № 219 и основных понятий (представлений) об инновационной и инфраструктурной деятельности. В тексте выше указанного постановления был применен метод прямого перечисления типов инфраструктурных организаций. Но попытка собрать данные о реальных организациях натолкнулась на непредвиденную трудность в связи с тем, что фактические наименования структурных подразделений не совпадали с классическими определениями инфраструктурных и инновационных систем. Преобладали комбинированные наименования с сочетанием образовательной, исследовательской, инновационной и производственной деятельности (например, из 700 заявленных структурных подразделений вузов было использовано около 200 вариантов наименований). В качестве основной причины применения комбинированных наименований структурных подразделений вузы-участники называли условия государственного программного финансирования вуза. Образовательную функцию добавляют в структурные подразделения, чтобы сохранить какие-то гарантии их базового финансирования. Комбинирование функций возникает и по причине кадровых и бюджетных ограничений вуза, из-за чего приходится объединять разнородные функции в одном структурном подразделении. Например, «Научно-образовательный инновационно- производственный центр «Учебно-опытный лесхоз», «Научно-образовательный и инновационный центр «Наноструктурные материалы и нанотехнологии». Наиболее распространено использование аббревиатуры НОЦ (научно-образовательный центр) с присвоением подразделению одновременно функций: научных исследований, инновационной деятельности, образовательной деятельности, деятельности по повышению квалификации, коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности (РИД).

Из данного наблюдения сделаны два вывода:

1) Введены квалификационные признаки инновационной и инфраструктурной деятельности. За основу взят способ получения доходов организацией, а ее инфраструктурная деятельность предполагает оказание услуг отдельному лицу или организации. Услуга оказывается бесплатно (за счет бюджета вуза) или за установленную плату, размер которой не связан с ценой поддерживаемого инновационного проекта. Инновационная деятельность предполагает, что доходы формируются в результате коммерческой реализации инновационного проекта, то есть, полностью связаны с ценностью проекта и условиями его реализации. Эти признаки были доведены до вузов-участников программ развития инновационной инфраструктуры, занятых подготовкой отчетных материалов. После проведения консультаций мониторами программ, вузы-участники стали указывать основания, по которым в список инновационных структурных подразделений были включены исследовательские лаборатории и другие, классические научные и образовательные подразделения.

2) Было признано необходимым введение новой учетной формы под названием «ключевые научные подразделения вуза», где необходимо было указать наименование структурного подразделения, направление исследований, содержание деятельности. После заполнения этой формы стала доступна информация об инновационной и производственной деятельности научных подразделений вуза. Согласно проведенным наблюдениям, далеко не все научные лаборатории вузов одновременно с научной ведут и инновационную деятельность, хотя данная функция и была указана вузом.

Полученный результат инициировал специальное исследование для выявления обеспеченности в вузах всех этих функций, необходимых для организации полного научно-производственного цикла от фундаментальных исследований до собственного производства. В результате исследования был определен список функций, охватывающий все этапы научно-производственного цикла:

- фундаментальные исследования;
- ориентированные фундаментальные исследования;

- прикладные исследования в определенной области;
- прикладные исследования проблемные (целевые);
- научные услуги;
- инфраструктура (наличие в функциях подразделения инфраструктурных услуг);
- производство (производственные услуги, производство для собственных нужд).

У одного подразделения могло быть одновременно несколько функций в научно-производственном цикле. Например, центры коллективного пользования совмещают функции исследований (прикладных или фундаментальных) и функции предоставления научных услуг, то есть, инфраструктурных. Обработке были подвергнуты полные списки ключевых научных подразделений вузов. Присвоение функции подразделению производилось на основе представленной вузом информации и наименования подразделения.

Для каждого вида научно-технической деятельности характерны ключевые слова:

- «фундаментальные исследования» в тексте описываются как исследования по направлениям или фундаментальные исследования в заданной области;
- «прикладные исследования» описывались в текстах как исследования в определенной области, либо как исследования с определенной целью, для решения определенной проблемы.

Различия обычно отображались и в названиях подразделений (проблемная лаборатория, научно-исследовательская лаборатория или же центр нанотехнологий).

Распределение функций научных подразделений вузов между видами научно-технической деятельности показано на рис. 1, где длина столбца указывает абсолютное число подразделений, выполняющих данные функции.

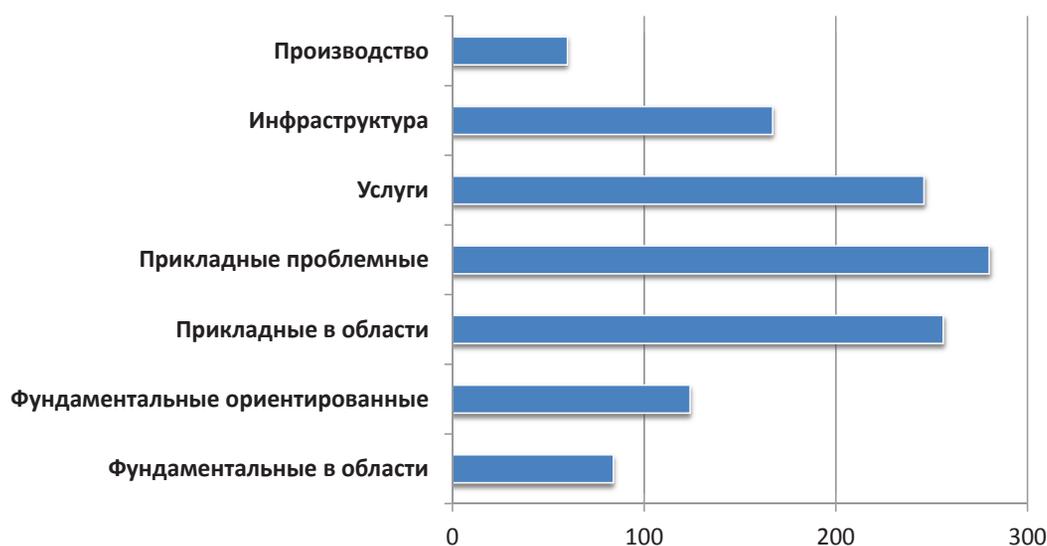


Рис. 1. Распределение ключевых научных подразделений вузов по функциям научно-производственного цикла

На рис. 2 показано сопоставление распределения функций для двух типов вузов – классических и технических. Распределение дано в процентах от общего количества зарегистрированных функций. Следует уточнить, что количество записанных функций превышает количество самих подразделений, так как некоторые подразделения выполняют несколько функций.

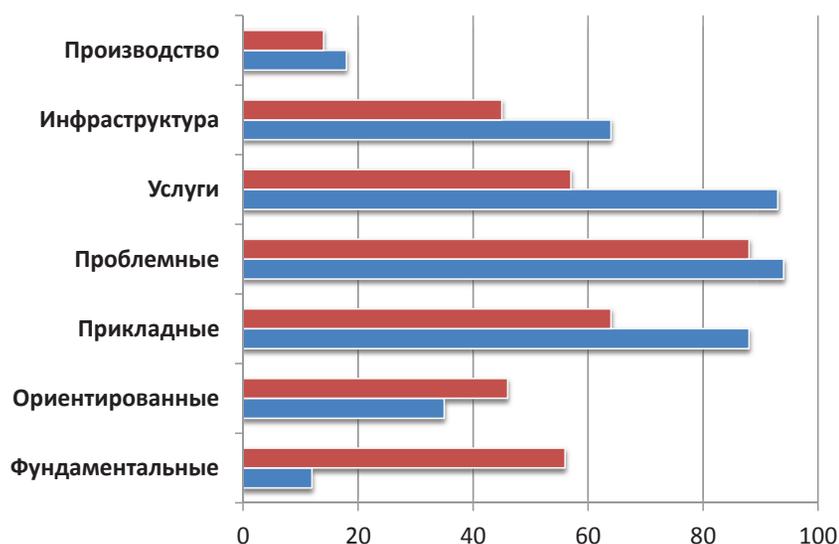


Рис. 2. Распределение функций между ключевыми научными подразделениями классических и технических вузов

Из графика на рис. 2 видно, что тематика исследований классических вузов в большей степени, чем в технических ориентирована на фундаментальные исследования. Соответственно у них слабее выражены функции продвижения результатов в производство.

Блочная структура информационной модели вуза позволила построить оценочную модель уровня развития вуза в области инновационной деятельности. Детально конструкция информационной модели и результаты опытных расчетов изложены в публикации [6].

В разработанной схеме оценки инновационных систем вузов выделены главные блоки:

- Инновационная среда;
- Взаимодействие с промышленностью;
- Хозяйственные общества.

Каждый блок может иметь оценку от 0 до 100 баллов, и сводная оценка получается с применением весовых коэффициентов: 0,4; 0,25; 0,35.

Главные блоки состоят из блоков второго уровня, отображающих важные аспекты оценки.

Инновационная среда:

- научный задел;
- продуктивность научного блока;
- комплексность инфраструктуры;
- обеспеченность кадрами.

Взаимодействие с промышленностью:

- активность взаимодействия с промышленностью;
- потенциал расширения взаимодействия.

Хозяйственные общества:

- потенциал;
- деятельность.

Каждый из указанных в списках блок оценивается на основе нескольких показателей, присутствующих в отчетных материалах вузов. В результате получен инновационный рейтинг вузов-участников в рамках реализации постановления № 219. Каждый показатель по отдельности мог быть определен с ошибками, но при введении сразу нескольких показателей результат получался более устойчивым. Содержательное изучение состояния инноваци-

онной деятельности вузов, подтверждало надежность оценок, полученных из формализованной информационной модели вуза.

Практическое значение проведенного исследования заключается в возможности внесения изменений и дополнений в ходе мониторинга и анализа получаемых данных от вузов-участников, а также анализа изменений оценки инновационного потенциала вуза. Более того, изменение весовых коэффициентов при оценке отдельных информационных блоков позволяет проводить сопоставление вузов по разным параметрам, в зависимости от целей исследования.

Результаты обработки получаемых от вузов данных доступны вузам-участникам на сайте системы мониторинга (<http://rii-vuz.extech.ru>), в разделе аналитики. Каждому вузу доступна информация о результатах его деятельности за весь период мониторинга и суммарные показатели по всем вузам-участникам реализации программ развития инновационной инфраструктуры.

Преимущество разработанного метода оценки инновационного потенциала вуза перед экспертной оценкой состоит в его объективности и прозрачности. Благодаря этому, вузы-участники могут проводить самостоятельную оценку своей инновационной деятельности и достигнутого потенциала, видеть причины (обстоятельства) отставания от других и планировать необходимые мероприятия по их устранению. В приведенном методе системная точность достигается использованием большого количества информации. Опытные расчеты показали наличие корреляции между уровнями развития отдельных информационных блоков, поэтому неизбежные ошибки в оценке отдельных параметров компенсируются системным подходом.

Мониторинг экономических эффектов деятельности вузов

Описанная выше информационная модель оценки инновационного потенциала вуза в баллах построена на основе гипотезы о наличии положительной связи между количественными данными о состоянии вуза с реальным эффектом от его деятельности. Но при любом уточнении метода он всегда будет оставаться косвенным, что не заменяет необходимость непосредственного изучения полезных эффектов от деятельности вуза. Постановка задачи объективной оценки вклада вуза в экономику России обусловлена необходимостью назревшего перехода от применения искусственных показателей, заменяющих изучение реальных эффектов. Применение в равной мере ко всем вузам искусственных показателей типа «количества публикаций» или «количества иностранных студентов» не имеет непосредственного отношения к реальному вкладу вуза в развитие экономики. Переход к прямой оценке вклада является необходимой предпосылкой для совершенствования отношений вузов с государством, сдвигов в государственной политике в отношении вузов к методам оплаты реальных экономических эффектов, вместо авансирования в целях получения набора количественных показателей.

Анализ эффективности инновационной деятельности вузов на основе данных мониторинга был бы принципиально неполон, если его ограничивать набором несоизмеримых между собой показателей и индикаторов. Описание проведенного анализа дано в публикации [7].

Первым шагом в изучении данного вопроса было проведение классификации результатов деятельности по экономическим признакам. Следует уточнить, что объектом изучения были прямые эффекты, регистрируемые вузом в его отчетности. Косвенные эффекты, возникающие в народном хозяйстве под влиянием полученных результатов, на данном этапе не рассматривались.

Список возможных результатов был принят как выборка из состава показателей мониторинга. Уже на первом этапе анализа выяснилось, что большая часть полученных результатов имеет более одного экономического последствия, которые не учитываются в системе бухгалтерского учета. Эта неоднозначность связана с характером РИД. Результаты образовательной деятельности в данном случае не рассматривались, так как постановлением

№ 219 предусмотрена организация подготовки кадров только в части инновационной деятельности.

Эффекты приращения капитала

В ходе мониторинга был организован учет затрат на развитие материальной базы вуза из всех источников финансирования. Результаты деятельности по развитию материальной базы имеют экономическое выражение в приращении стоимости фондов вуза. Дополнительно организован учет приращения фондов за счет нематериальных активов при постановке на баланс РИД.

В статистике в понятие внутренних затрат на исследования и разработки входят как текущие затраты, так и инвестиции в фонды научной организации. При оценке экономических результатов деятельности вуза необходимо изменить подходы и рассматривать затраты средств в развитие материальной базы именно как инвестиции, то есть приращение имущества, а не расходы.

Доходы от проведения научных исследований включают бюджетные субсидии на проведение фундаментальных исследований, и более широко как выполнение государственного задания, и доходы от выполнения договоров, заключенных с внешними заказчиками. Определение доходов как затрат (в статистике) маскирует факт полезной деятельности. Распространение этого понимания экономического смысла научной деятельности затрудняет не только оценку вклада вуза в экономику, когда под понятие затрат подводятся доходы от выполнения договоров, но и затрудняет расширение хозяйственной самостоятельности вузов и препятствует взгляду на научный комплекс как на производящую отрасль [8]. В то же время как само собой разумеющееся воспринимается факт приобретения вузами оборудования «за счет внебюджетных средств». Отчасти инвестиции могут быть заложены в стоимость договора или бюджетного финансирования, если приобретение имущества обусловлено содержанием деятельности, но достаточно часто речь идет о целях, не имеющих никакого отношения к договору — источнику доходов. А это может означать только одно, что в цене научной работы заложена прибыль.

На этом основании в схеме мониторинга все доходы от проведения научной деятельности фиксируются как доходы вуза. Но не вся сумма доходов от НИОКР может рассматриваться как результаты инновационной деятельности, так как цели многих исследований не имеют отношения к последующим инновационным проектам. Поэтому наряду с общей суммой доходов вуза от выполнения НИОКР в отчете представлена та часть доходов, которая получена в результате выполнения заказов промышленных предприятий, которая рассматривается в анализе как экономический результат инновационной деятельности. Отличие от классического понимания инновационной деятельности как самостоятельного вывода на рынок своих разработок в том, что вторую часть научно-производственного цикла осуществляет сам заказчик с помощью вуза. Но конечные цели таких прикладных работ одинаковы.

В схеме мониторинга предусмотрен учет создания и продвижения РИД. Учет начинается с фиксации даты регистрации заявки и заканчивается записью о постановке полученного охранного документа на баланс вуза как нематериального актива. Кроме этого предусмотрено на запись о способах использования полученного РИД. Реализация в виде продажи прав применяется и дает незначительный объем доходов. Шире применяется косвенный метод реализации — использование ссылок на документ охраны прав (патент, свидетельство) при определении цены контрактной работы. То есть, реализуется косвенным путем в составе комплексной работы, которая может опираться сразу на несколько результатов.

Формально факт постановки РИД на баланс означает приращение имущества, что аналогично повышению капитализации компании в реальном секторе экономики. Но, поскольку вуз как государственное учреждение не выпускает акции, эта капитализация остается условной мерой, не дающей вузу дополнительных доходов. В то же время учет наличия охранных документов и даже находящихся в разработке результатов могут влиять на стоимость науч-

ных услуг вуза и таким образом повышать его доходы. При совершенно разных механизмах рост нематериальных активов может приносить дополнительные доходы, как акционерной компании, так и государственному учреждению.

Затраты на приращение человеческого капитала в схеме мониторинга фиксируются по статьям: создание и реализация программ повышения квалификации в инновационной деятельности, стажировки сотрудников, затраты на приглашение консультантов. Кроме этого по инициативе самих вузов проводятся занятия с сотрудниками вузов и ХО, которые занимаются инновационной деятельностью. В отчетах вузов эти мероприятия фиксируются как поддержка малых инновационных предприятий. Работа сотрудников вузов в ХО является для них источником дополнительного дохода и в то же время возможностью приобрести дополнительный опыт реализации научных результатов. Оба фактора работают на приращение человеческого капитала.

Вузы оказывают разнообразные услуги и помимо проведения НИОКР. В ходе мониторинга учитываются доходы вуза от оказания консультаций, от реализации программ повышения квалификации специалистов. Лаборатории и центры коллективного пользования научным оборудованием по заказам сторонних заказчиков проводят работы по сертификации, измерениям, анализу. Инжиниринговые центры выполняют работы по проектированию, подготовке документации. Доходы от этих видов работ учитываются в специальной форме мониторинга «услуги и работы подразделений вуза».

Проблемы учета внешнего эффекта от деятельности вуза

Экономический эффект от коммерциализации результатов научной деятельности в составе оплаты этих результатов переходит в распоряжение вуза или его малых инновационных предприятий [9]. Но особенность инновационной деятельности состоит в производстве помимо доходов субъектов этой деятельности и доходов непосредственных заказчиков создавать эффекты, не предусмотренные контрактами по реализации результатов, но полезные для общества. Именно это и является основанием для участия бюджета в финансировании инновационной деятельности вуза, основанной на использовании его научных результатов.

В институциональной экономике эффекты, не обусловленные контрактами, принято называть внешними эффектами [10].

В действующих в России подходах к оценке инновационных проектов обычно рассматривают коммерческий эффект (эффект предпринимателей, реализующих проект), бюджетный эффект — доходы бюджета и социальные эффекты, под именем которых рассматривают экологию, здоровье, качество жизни и так далее без определенной границы.

Обоснование государственной поддержки должно происходить в тех же величинах, в каких и осуществляется поддержка, то есть в денежных величинах. Социальные эффекты в таком случае должны оцениваться в тех рамках, в каких государство планировало их обеспечить за счет прямого финансирования в социальных программах. Точность определения эффектов не имеет главного значения в этом процессе, гораздо важнее определить получателей эффектов и факт влияния на бюджетные расходы (доходы и экономия). Нельзя просто с помощью эксперта оценить ожидаемый эффект от нововведения в экономике и социальной сфере, необходимо показать механизм реализации этого эффекта. В экономической части это эффект диффузии новшества, его влияния на последующие изменения в других технологиях.

В обосновании программы мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 году — Научно-технологическая инициатива (НТИ) [11] используется как понятие барьерных технологий. Под этим определением подразумеваются технологии, обеспечивающие тот уровень качества ресурсов (материалов, программ), по достижении, которого станет возможным появление и расширение целой высокотехнологичной отрасли.

В процессе мониторинга инновационной деятельности вузов нельзя было оставить без внимания к вопросу о вкладе вузов в инновационное развитие экономики путем создания новых технологий, материалов, инновационных продуктов.

Новые технологии

В схему мониторинга были включены новые отчетные формы для информации о разработке новых технологий, новых материалов и инновационных продуктов. Деление результатов научно-технической и инновационной деятельности на три группы было предварительно согласовано с вузами-участниками. Методология сбора и анализа данных в этой области подробно освещена в публикации [12].

Полученная в ходе исследования информация позволила ввести в аналитические материалы таблицу сопоставления активности вузов в инновационной деятельности. В таблице каждому вузу сопоставлено количество заявленных им новых технологий, новых материалов и инновационных продуктов. Эта информация позволила представить на графике (см. рис. 3) распределение вузов по степени инновационной активности.

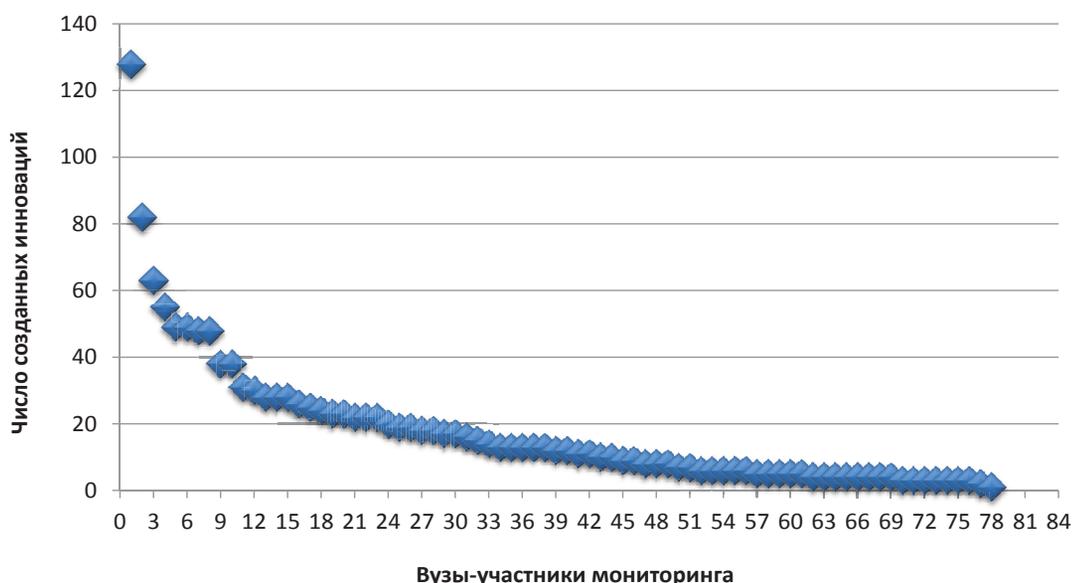


Рис. 3. Ранжирование вузов по количеству представленных инноваций в 2017 г.

Из диаграммы на рис. 3 можно сделать вывод о высокой степени неравномерности объемов представленных вузами инноваций. Для более глубоких выводов этих данных недостаточно, так как не все технологии были показаны, разные уровни требований к технологиям в вузах предъявлялись.

Но сам факт возможности получить информацию о технологиях с заданными характеристиками открывает перспективу создания единой информационной системы мониторинга, которая могла бы помочь в поиске партнеров, в анализе общего фронта исследований, в оценке эффективности исследований. Для решения этой более широкой задачи было предпринято исследование свойств представленных разработок. Дополнительная информация вводилась как экспертные оценки, сделанные на основе текстового описания разработок. На рис. 4 показано распределение научно-технических разработок по формам представления полученного результата. Классификация форм определена в результате анализа описаний разработок.

Анализ структуры полученных полезных эффектов научно-технических разработок производился на основе группировки, созданной после изучения описаний этих разработок. То есть, группировка эффектов является внутренним свойством изучаемой совокупности разработок.

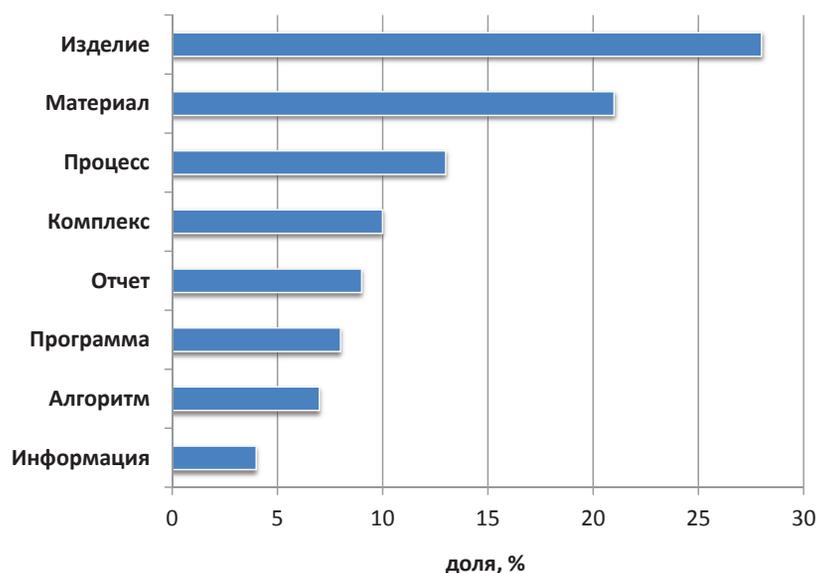


Рис. 4. Распределение научно-технических разработок вузов по форме результата

Принятые после анализа наименования групп полученных эффектов:

1. Рациональное природопользование.
2. Безопасность человека, снижение затрат.
3. Экология, условия жизни и труда.
4. Работа с информацией.
5. Анализ и измерения.
6. Производительность труда и снижение себестоимости продукции.
7. Новое качество ресурса, умные вещи.

Одна научно-техническая разработка вуза может входить в несколько групп по признакам создаваемых эффектов.

В описании существа инновации можно выделить несколько признаков, по которым отличается инновация от предшествующих аналогичных технологий или материалов. Это может быть новый научный результат, объединение материалов с разными свойствами и создание на этой основе композитов, уменьшение размеров изделий. Реально использованные направления создания новых разработок с комментариями представлены в табл. 1.

Таблица 1

Направления создания новых технологий

№	Условное название	Комментарии
1	Наука	Основное содержание разработки является вкладом в науку Создание продукта не обязательно
2	Интеллектуализация	Процесс становится более интеллектуальным за счет использования ранее полученных знаний, применения новых программ и алгоритмов, встраивания специальных модулей регулирования процесса

Окончание таблицы 1

№	Условное название	Комментарии
3	Композиты	Получение новых свойств материала за счет удачного сочетания разных элементов или материалов, обеспечивающих необходимое сочетание свойств
4	Нано	Применены нано-материалы или нанотехнологии, что позволило получить новые свойства продукта или технологии
5	Параметры	В технологии используются физические процессы с расширенными параметрами (концентрация энергии, давление, температура) Или получен продукт с расширенными пользовательскими параметрами (точность, разрешающая способность, прочность, твердость)
6	Программы	Программы выступают самостоятельным результатом или же элементом более производительной конструкции Зачастую наличие программы обеспечивает интеллектуализацию процесса
7	Системы	Применен подход объединения в сложный комплекс или систему ранее известных технологий или устройств, что позволяет с относительно небольшими затратами резко повысить эффективность технологии или устройства
8	Микро-био	Процессы с применением биологических объектов, микробов
9	Миниатюризация	Уменьшение размеров устройств и оборудования
10	Конструкция	Создание нового типа конструкции, нового состава вещества

Приведенные выше признаки не исчерпывают возможности группировок научно-технических разработок. Важно представить, какие именно производственные процессы обеспечивает новая разработка. Полученный в результате анализа данных проект классификации производственных процессов представлен ниже в табл. 2.

Таблица 2

Проект классификации производственных процессов

№ п/п	Направление	Производственные процессы
1	Машиностроение	Новое оборудование и приборы Узлы и элементы Совершенствование машин и оборудования Инструмент Резание Сварка Обработка поверхностей
2	Строительство	Строительные технологии и конструкции Новые материалы в строительстве
3	Медицина	Диагностика Лечение Создание лекарств Оборудование для медицины Материалы для медицины Имплантаты

Окончание таблицы 2

№ п/п	Направление	Производственные процессы
4	Материалы	Материалы с заданными свойствами Полимеры Композитные материалы Порошковые материалы Стали
5	Мониторинг	Окружающей среды Техногенной среды и техники Информации Социальной среды
6	Микроэлектроника	Создание элементов Создание материалов
7	Автоматизация производства	Автоматизация интеллектуальной деятельности Создание техники для автоматизации Управление работой машин Моделирование производственных процессов Управление (общие вопросы)
8	Анализ и измерения	В производственных процессах В научной деятельности В социальной сфере
9	Исследования	Научные исследования Научные приборы
10	Безопасность	Безопасность среды Безопасность труда Оборудование и технологии для обеспечения безопасности человека
11	Ресурсы	Вовлечение новых ресурсов Исследование ресурсов Добыча Переработка
12	Среда, в том числе инфраструктура	Восстановление нарушений Водообеспечение Условия труда и жизни Эксплуатация инфраструктуры
13	Использование растений и животных	Растениеводство Животноводство Удобрения
14	Работа с информацией	Обмен информацией Техника передачи информации Обработка информации
15	Подготовка кадров	Программы и методы

Приведенные выше признаки научно-технических разработок служат полями в базе данных реляционного типа, поэтому они позволяют создавать запросы к базе данных и получать выборки по желаемым признакам. Часть из этих признаков имеет значение научное, так как позволяет выявлять общие тенденции в развитии технологий. Большинство признаков могут быть использованы для поиска нужной информации и поиска партнеров. В том

числе поиск близких по каким-то признакам разработок может быть полезен при подготовке технологических комплексов типа технологической платформы или блоков программы типа программы мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 г. – НТИ.

В 2017 г. схема сбора данных о технологиях была усовершенствована и в описание технологий были добавлены сведения о подразделениях вузов-разработчиков. В рамках мониторинга были поставлены вопросы о структурном подразделении, проводившем научные исследования, и об инновационном подразделении, осуществившем разработки. Классическое разделение труда между теоретиками и практиками реально оказалось использованным редко, чаще разработку вело одно структурное подразделение на первом и втором этапах. Но включение в базу данных дополнительных сведений о разработчиках придает ей, по нашему мнению, новую ценность, так как позволяет оценить возможности вузовских подразделений по дальнейшей доработке новаций или по созданию новых продуктов.

С целью получить представление о распределении приоритетов вузов в создании научно-технических разработок было произведено укрупнение наименований критических технологий, к которым сами вузы относили свои разработки. Все многообразие критических технологий было сведено в семь групп. В табл. 3 показано распределение общей совокупности разработок по этим группам.

Таблица 3

Распределение научно-технических разработок вузов по укрупненным группам

№ п/п	Наименование группы технологий	Число разработок
1	Цифровое производство	507
2	Машиностроение	363
3	Нано- и микро технологии	283
4	Биоинженерия	236
5	Безопасность человека	141
6	Поиск и добыча ресурсов	80
7	Атомная энергетика	24

На следующем шаге было проведено сравнение приоритетов вузов в тематике разработок с тематикой программы НТИ. На рис. 5 показано фактическое распределение научно-технических разработок вузов по направлениям НТИ.

Большой объем разработок в группе «цифровое проектирование» не должен вводить в заблуждение – в эту группу были отнесены все технологии, формально имеющие отношение к программам расчетов в ходе проектирования. В группе «новые материалы» значительную часть составили разработки новых комбинаций компонент.

В целом видна закономерность – научные разработки ориентированы на получение результатов в обозримой перспективе, так как связаны с существованием реального заказчика. Между тем направления НТИ чаще встречаются в тематике фундаментальных исследований. Серьезное расхождение между приоритетами НТИ и фактически реализуемыми вузами дает основания для постановки принципиального вопроса о задачах целевых программ: поддержка естественного развития исследований и технологий или переориентация на заданные государством перспективные приоритеты, что потребует увеличения доли бюджета в финансировании новых исследований.

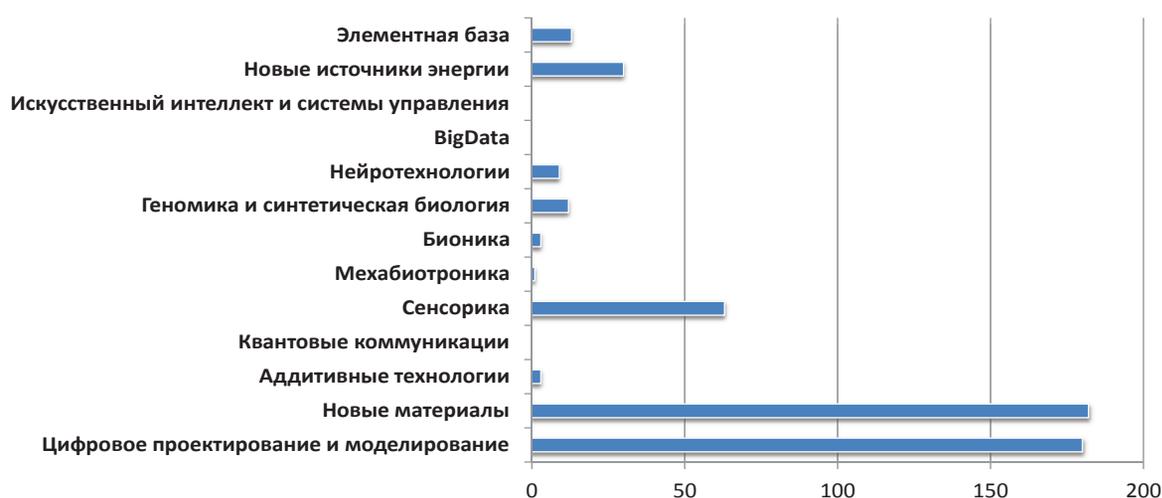


Рис. 5. Распределение научно-технических разработок вузов по направлениям НИТ

Действие постановления № 219 закончилось в 2017 г., соответственно ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ прекращен предусмотренный мониторингом сбор и анализ материалов об инновационной деятельности вузов через сайт системы мониторинга (<http://rii-vuz.extech.ru>). На основе отработанных методов целесообразно продолжить мониторинг в сокращенной форме анкетного опроса вузов в части информации по подготовке вузами технологий и научно-технических заделов [13] и развития инновационной инфраструктуры. Эти данные необходимы потенциальным потребителям новых технологий, и необходимы для анализа условий деятельности хозяйственных обществ, создаваемых вузами на основе своих научно-технических заделов. В настоящее время согласно приказу Минобрнауки России от 24.01.2014 № 43 [14] ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ ведется реестр хозяйственных обществ, создаваемых вузами, и получение указанных выше сведений дало бы информацию для повышения эффективности деятельности хозяйственных обществ.

Рассмотрим задачу долгосрочного планирования развития технологий. Представленная в статье структура базы данных технологий позволяет вести автоматизированный отбор научно-технических разработок по уровню глубины разработок, по группам производственных процессов. В ходе практической работы должно происходить накопление материала и как следствие детализация и уточнение классификаций технологий по различным признакам. Соединение информации о технологиях с информацией о лабораториях, создавших эти технологии, позволяет переходить к активной фазе планирования работ, запросив мнения и предложения вуза и дополнительную информацию о направлениях работ и заказчиках. Этот диалог естественно может быть организован в процессе мониторинга. Представители вузов, ответственные за инновационную деятельность, могут самостоятельно вводить на сайте мониторинга вышеуказанную дополнительную информацию о своих разработках. При такой организации работ база данных всегда будет в рабочем состоянии, и будет отображать актуальное состояние научно-технических разработок вузов.

Для активной работы с технологиями требуется информационная инфраструктура, в создании которой может быть эффективно использован мониторинг. Стратегия технологического развития России до 2035 г. [3] в перечне важнейших задач включает и задачи создания информационной системы:

– Пункт 29 «в) сформировать эффективную систему коммуникации в области науки, технологий и инноваций, обеспечив повышение восприимчивости экономики и общества к инновациям, создав условия для развития наукоемкого бизнеса».

– Пункт 33 «Взаимодействие и кооперация. Формирование эффективной системы коммуникации в области науки, технологий и инноваций».

Систему коммуникаций недостаточно создать в ходе мероприятия программы, ее необходимо поддерживать и развивать. Она также не может быть ограничена функциями «площадки для общения», необходима информационная база и единый язык общения. Именно эти функции и выполняет мониторинг. Стратегия содержит не просто задачу развития отрасли (науки), но комплексную задачу, предполагающую взаимодействие научных организаций с органами власти, с компаниями реального сектора экономики, предполагающую также и участие научной общественности в развитии нормативной базы.

Опыт работы с вузами в ходе мониторинга показал, что с помощью дополнительных вопросов к вузам можно получить как оценку текущих проблем с развитием технологий, особенно в секторе малых инновационных предприятий, так и информацию о мнениях вузов о возможностях законодательного улучшения экосферы инноваций.

Опыт взаимодействия с вузами по поводу нормативной базы для инновационной деятельности вузов показал как возможность объективной оценки факторов, затрудняющих деятельность малых инновационных предприятий, так и основное направление улучшения нормативной базы.

Создание институциональных условий для развития передовых производственных технологий будет успешным, если будет подкреплено организацией мониторинга реального положения дел в области создания научно-технических заделов. При этом следует опираться на организацию интерактивного обмена с вузами и учет интересов участников создания и реализации новых технологий.

В статье приведены результаты, полученные при выполнении работ ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ по проекту № 29.12269.2018/12.1.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 09.04.2010 № 219 (ред. от 25.05.2016) «О государственной поддержке развития инновационной инфраструктуры в федеральных образовательных учреждениях высшего профессионального образования» [Электронный ресурс] Документ предоставлен КонсультантПлюс (дата обращения 06.12.2017).

2. Сайт по развитию инновационной инфраструктуры в российских вузах: Available at: <http://rii-vuz.extech.ru>, дата обращения 15.02.2018.

3. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642) [Электронный ресурс]. Документ предоставлен КонсультантПлюс (дата обращения 08.11.2017).

4. Боровков А.И. «О дорожной карте «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы» [Электронный ресурс]. Available at: <http://fea.ru/compound/national-technology-initiative>.

5. Федеральный закон от 02.08.2009 № 217-ФЗ (ред. от 29.12.2012) «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности» [Электронный ресурс]. Документ предоставлен КонсультантПлюс (дата обращения 13.12.2017).

6. Андреев Ю.Н. Формирование инновационных систем вузов // Инноватика и экспертиза. Научные труды. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 2(11). Москва. 2013. С. 18–32.

7. Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. Проблемы мониторинга эффектов деятельности вуза. Инноватика и экспертиза. Научные труды. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 1(12), Москва, 2014. С. 176–186.

8. Андреев Ю.Н. Сектор исследований и разработок как производящая отрасль Научные труды. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. 2015. Вып. 2 (15). С. 101–113.

9. Лукашева Н.А., Андреев Ю.Н. Роль вузов в развитии малого инновационного предпринимательства в России. Инноватика и экспертиза. Научные труды. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. 2017. Вып. 3 (21). С. 18–35.

10. Норт Дуглас. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики \ Пер. с англ. А.Н. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б.З. Мильнера. М.: Фонд экономической книги «Начала». 180 с.

11. Национальная технологическая инициатива (НТИ) – Программа мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 г. [Электронный ресурс]. Available at: <http://asi.ru/nti> (дата обращения 05.12.2017).

12. Андреев Ю.Н. Влияние инноваций на производственные процессы // Инноватика и экспертиза. Научные труды. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. 2016. Вып. 1(16). С. 57–74.

13. Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. Анализ проблем использования научно-технических заделов вузов. Инноватика и экспертиза. Научные труды. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. 2017. Вып. 3(21). С. 173–183.

14. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 24.01.2014 № 43 «Об организации в Министерстве образования и науки Российской Федерации работы по учету уведомлений о создании хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств» Available at: <https://mip.extech.ru/docs.php>(дата обращения 16.02.2018).

References

1. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 09.04.2010 No. 219 (red. ot 25.05.2016) «O gosudarstvennoy podderzhke razvitiya innovatsionnoy infrastruktury v federal'nykh obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh vysshego professional'nogo obrazovaniya»* [Decree of the government of the Russian Federation dated 09.04.2010 No. 219 (Edition of 25.05.2016) On state support for the development of innovative infrastructure in Federal Educational Institutions of higher education]. Electronic resource. Document is provided by Consultant Plus (circulation date 06.12.2017).

2. *Sayt po razvitiyu innovatsionnoy infrastruktury v rossiyskikh vuzakh* [Website for the development of innovation infrastructure in Russian universities]. Available at: <http://rii-vuz.extech.ru> circulation date 15.02.2018.

3. *Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii (utv. Ukazom Prezidenta RF ot 1 dekabrya 2016 g. No. 642)* [Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation (Approved Decree of the President of the Russian Federation dated December 1, 2016 No. 642)]. Electronic resource. Document provided by Consultant Plus (circulation date 08.11.2017).

4. Borovkov A.I. *O dorozhnoy karte «Tekhnet» (peredovye proizvodstvennye tekhnologii) Natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy* [On the «TechNet» road map (advanced production technologies) of the National technology initiative]. Electronic resource. Available at: <http://fea.ru/compound/national-technology-initiative>.

5. *Federal'nyy zakon ot 02.08.2009 No. 217-FZ (red. ot 29.12.2012) «O vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii po voprosam sozdaniya byudzhетnymi nauchnymi i obrazovatel'nymi uchrezhdeniyami khozyaystvennykh obshchestv v tselyakh prakticheskogo primeneniya (vnedreniya) rezul'tatov intellektual'noy deyatel'nosti»* [Federal law No. 217-FZ of August 2, 2009 (as amended on December 29, 2012) On amendments to certain legislative acts of the Russian Federation concerning the establishment of economic societies by budgetary scientific and educational institutions for the purpose of practical application (implementation) of the results of intellectual activity]. Electronic resource. Document provided by Consultant Plus (circulation date 13.12.2017).

6. Andreev Yu.N. (2013) *Formirovanie innovatsionnykh sistem vuzov* [The formation of innovation systems universities] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. Proceedings. SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 2(11), pp. 18–32.

7. Andreev Yu.N., Lukasheva N.A. (2014) *Problemy monitoringa effektivnosti deyatel'nosti vuzov* [Problems of monitoring the effects of the University Activities] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. Proceedings. SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 1(12), pp. 176–186.

8. Andreev Yu.N. (2015) *Sektor issledovaniy i razrabotok kak proizvodnyaya otasl'* [Research and development sector as a producing branch of Scientific works] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy SRI FRCEC* [Innovation and expert examination. Proceedings. SRI FRCEC]. Moscow. Issue 2(15), pp. 101–113.

9. Lukasheva N.A., Andreev Y.N. (2017) *Rol' vuzov v razvitii malogo innovatsionnogo predprinimatel'stva v Rossii* [The role of universities in the development of small innovative entrepreneurship in Russia] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. Proceedings. SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 3 (21), pp. 18–35.

10. North Douglas. *Instituty, institutsional'nye izmeneniya i funktsionirovanie ekonomiki. Per. s angl. A.N. Nesterenko; predisl. i nauch. red. B.Z. Mil'nera* [Fund ekonomicheskoy knigi «Nachala». Institutions, institutional change and economic performance. Translation from English. A.N. Nesterenko. Foreword and science. Editorship of B.Z. Milner] *Fond ekonomicheskoy knigi «Nachala»* [Fund of the economic book «Elements»]. Moscow, p. 180.

11. *Natsional'naya tekhnologicheskaya initsiativa (NTI) – Programma mer po formirovaniyu printsipial'no novykh rynkov i sozdaniyu usloviy dlya global'nogo tekhnologicheskogo liderstva Rossii k 2035 g.* [The national technology initiative (NTI) is a Program of measures to create fundamentally new markets and create conditions for Russia's global technological leadership by 2035]. Available at: <http://asi.ru/nti> (circulation date 05.12.2017).

12. Andreev Y.N. (2016) *Vliyanie innovatsiy na proizvodstvennyye protsessy* [The impact of innovation on production processes] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye Trudy FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. Proceedings. SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 1 (16). pp. 57–74.

13. Andreev Yu.N., Lukasheva N.A. (2017) *Analiz problem ispol'zovaniya nauchno-tekhnicheskikh zadelov vuzov* [Analysis of problems using scientific and technological reserves of universities] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye Trudy FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. Scientific Works SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 3 (21), pp. 173–183.

14. *Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii ot 24.01.2014 No. 43 «Ob organizatsii v Ministerstve obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii raboty po uchetu uvedomleniy o sozdanii khozyaystvennykh obshchestv i khozyaystvennykh partnerstv»* [Order of the Ministry of education and science of the Russian Federation dated 24.01.2014 No. 43 On the organization of the Ministry of education and science of the Russian Federation registration of notices on creation of economic societies and economic partnerships]. Available at: <https://mip.extech.ru/docs.php> (circulation date 16.02.2018).

ИТОГИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВУЗАМИ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ПЕРИОД 2010–2017 ГГ.

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

Н.А. Лукашева, зам. нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *nal@extech.ru*

В статье дан анализ итогов выполнения вузами постановления РФ № 219 о развитии инновационной инфраструктуры вузов. Показана степень достижения контрольных значений индикаторов, наиболее значимые экономические результаты. Приводятся сведения о сложившихся схемах взаимодействия вузов с промышленностью. По завершении программ развития инновационной деятельности вузы-участники представили свое видение результатов реализации программ, мнение о факторах, способствующих или препятствующих развитию инновационной деятельности и мнения о возможных мерах дальнейшей поддержки развития инновационной деятельности в вузах. Проведена обработка этих материалов и сделаны обобщения.

Ключевые слова: инновационная деятельность вузов, постановление № 219, динамика показателей и индикаторов, хозяйственные общества, взаимодействие с предприятиями.

THE RESULTS OF IMPLEMENTATION IN THE HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE DEVELOPMENT PROGRAMS OF INNOVATIVE INFRASTRUCTURE WITHIN THE PERIOD OF 2010–2017

Y.N. Andreev, Chief Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Economics,
uandreev@extech.ru

N.A. Lukacheva, Deputy Head of Department, SRI FRCEC, *nal@extech.ru*

The article gives an assessment of implementation in the higher educational institutions of the Decree of the Russian Federation No. 219 on the development of innovation infrastructure of the universities. The article shows the degree of achievement of control values of indicators as well as the most significant economic results. Information is provided on the current patterns of interaction between universities and industry. Upon completion of the innovation development programs, the universities-participants presented their vision of the results of the implementation of programs, an opinion on the factors that contribute to or impede the development of innovation activities and views on possible measures to further support the development of innovation activities in the universities. Processing of these materials was carried out and generalizations were made.

Keywords: innovative activity of higher education institutions, Decree No. 219, dynamics of indicators and indexes, economic societies, interaction of higher education institutions with enterprises.

Реализация вузами программ развития инновационной среды началась во второй половине 2010 г. на основании постановления Правительства РФ № 219 от 9 апреля 2010 г. «О государственной поддержке развития инновационной инфраструктуры в федеральных образовательных учреждениях высшего профессионального образования» [1] (далее – постановление № 219). ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по приказу Минобрнауки России организо-

вало мониторинг выполнения вышеуказанного постановления. С начала 2011 г. был создан специальный сайт под названием «Развитие инновационной инфраструктуры в российских вузах» (<http://rii-vuz.extech.ru>) [2], связанный с базой данных. Два раза в год вузы-участники заполняли интерактивные формы отчетности об использовании полученных субсидий и о ходе выполнения программ инновационного развития.

Исследование процесса выполнения вузовских программ проводилось методом анализа получаемых отчетов, с помощью обследования вузов и проведения коллективных обсуждений. Собранные материалы и накопленный опыт их анализа позволили подвести итоги работы вузов в соответствии с разработанными ими на весь этот период программами.

Выполнение плановых показателей

Контрольные показатели и индикаторы выполнения программ были заданы каждому вузу-участнику реализации программ развития инновационной инфраструктуры вузов. В табл. 1 приведены значения индикаторов в сумме для всех вузов на начало (2011 г.) и конец периода выполнения программ (2017 г.).

Таблица 1

Выполнение программ развития инновационной инфраструктуры

№ п/п	Название индикатора	Ед. изм.	Значение	2011 г.	2017 г.
1	Объем выполняемых на базе инновационной инфраструктуры вуза работ и услуг	млн руб.	план	10986,7	58192,8
			факт	17766,5	57180,4
2	Количество результатов интеллектуальной деятельности, принятых к бюджетному учету	ед.	план	2591	10982
			факт	3461	14167
3	Количество ХО, созданных вузами	ед.	план	536	2169
			факт	669	1509
4	Количество рабочих мест в созданных инновационной инфраструктуре и ХО	ед.	план	5856	26868
			факт	6929	23698
5	Количество студентов, аспирантов и представителей профессорско-преподавательского состава, участвующих в работе ХО	чел.	план	10871	47586
			факт	11570	36510
6	Количество реализуемых созданными ХО проектов, поддержанных Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и другими организациями	ед.	план	825	3131
			факт	1200	3594
7	Объем внебюджетных средств, привлеченных созданными ХО для реализации проектов, поддержанных Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и другими организациями	руб.	план	707,1	5949,4
			факт	1070,5	4398
8	Объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных вузами	млн руб.	план	24339,8	103853,8
			факт	43660,5	141376,1
9	Количество подготовленных и повысивших квалификацию инновационно ориентированных кадров для малого и среднего инновационного предпринимательства по программам, разработанным вузами	чел.	план	25271	122114
			факт	33267	136473

Окончание таблицы 1

№ п/п	Название индикатора	Ед. изм.	Значение	2011 г.	2017 г.
10	Численность ППС сотрудников вузов, прошедших стажировки и программы повышения квалификации в сфере инновационного предпринимательства и трансфера технологий на базе объектов инновационной инфраструктуры ведущих иностранных университетов	чел.	план	2228	8648
			факт	3380	9115
11	Объем высокотехнологичной продукции, созданной с использованием элементов инновационной инфраструктуры вузов	млн руб.	план	15 646,5	72 596,6
			факт	21 426,0	53 521,2

Так как в 2010 г. к выполнению программ приступили только 56 вузов, и еще 22 вуза начали выполнение программ только в 2011 г., данные за 2010 г. не приводятся.

Динамика основных экономических показателей вузов

Экономические результаты деятельности организаций инфраструктуры и созданных малых инновационных предприятий оцениваются объемами доходов от реализации услуг и работ, а также от реализации произведенной ими высокотехнологичной продукции (индикаторы 1 и 11). Обоснование экономических показателей инновационной деятельности дано в публикации тех же авторов [3]. Динамика объемов работ организаций инфраструктуры показана на рис. 1.

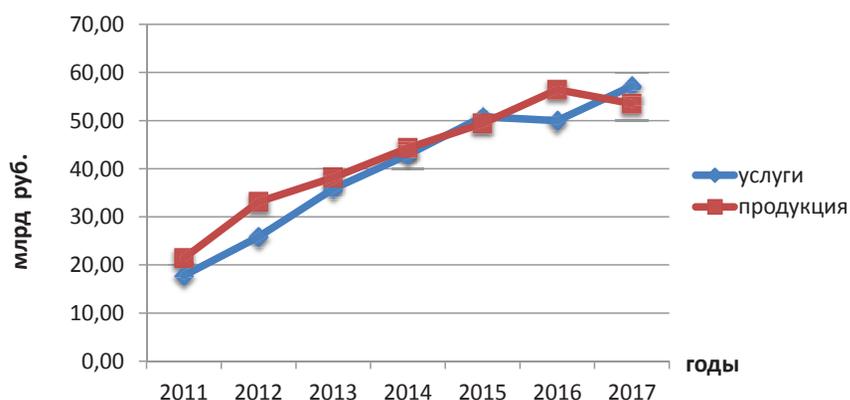


Рис. 1. Динамика финансовых результатов работы инфраструктуры

Обобщение информации о роли вузов в создании хозяйственных обществ представлено в публикации [4]. Динамика создания хозяйственных обществ и реализации ими инновационных проектов показана на рис. 2.

Фактическое число хозяйственных обществ с 2014 г. стало ниже плановых значений. Основной причиной замедления темпов создания хозяйственных обществ вузы считают ухудшение в этот период экономической обстановки в стране в целом, что стало затруднять выход малых инновационных предприятий со своей продукцией на рынок. В 2015 г. стала заметна тенденция выхода вузов из состава учредителей бесперспективных хозяйственных обществ. Это естественный процесс оптимизации, который начинается после периода практической проверки жизнеспособности инновационных предприятий.

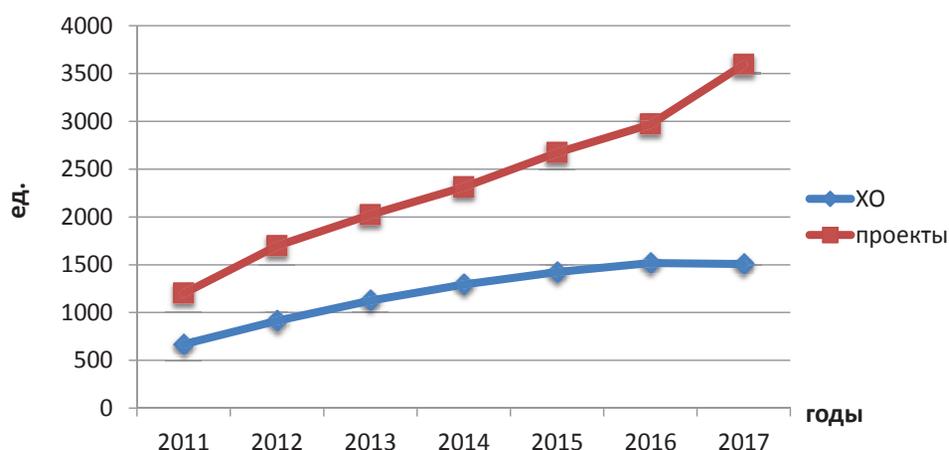


Рис. 2. Динамика количества хозяйственных обществ и реализуемых ими инновационных проектов

Хозяйственные общества важны не только как канал продвижения научно-технических разработок вузов, но и как место подготовки кадров к инновационной деятельности. В таблице индикаторов (см. табл. 1) эта функция хозяйственных обществ отображается индикаторами штатной численности хозяйственных обществ (индикатор 4) и числа привлекаемых к работе в хозяйственных обществах студентов и сотрудников вузов (индикатор 5).

На рис. 3 показана динамика штатной численности и количества, привлекаемых к работе в хозяйственных обществах сотрудников вузов за 7 лет с 2011 г. по 2017 г. включительно.

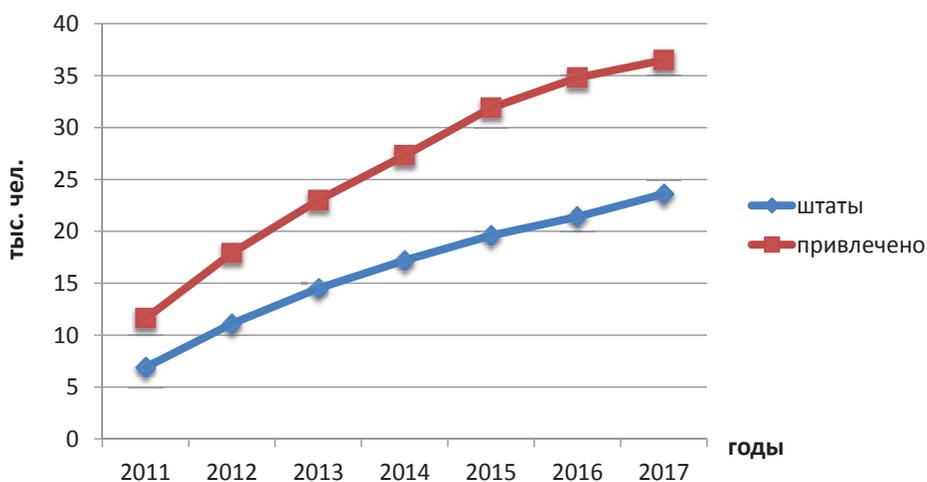


Рис. 3. Динамика штатной численности и количества привлекаемых в хозяйственные общества работников

Объемы привлечения внебюджетных средств в совокупности по всем вузам ежегодно оказываются ниже плановых значений. Динамика объемов привлеченных внебюджетных средств показана на рис. 4.

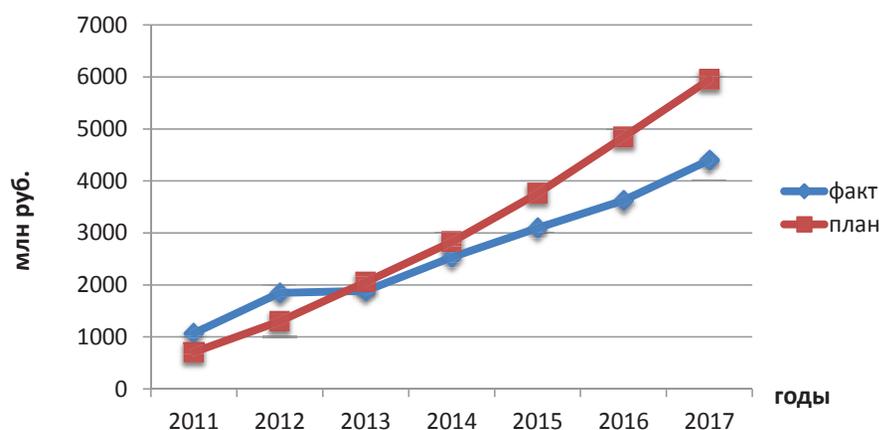


Рис. 4. Динамика объемов привлеченных внебюджетных средств

Спад в фактических объемах привлечения внебюджетных средств по сравнению с плановыми объемами приходится на 2013 г., когда было прекращено выделение субсидий. Делать на основе этих данных выводы о реальной активности вузов в области развития инфраструктуры не представляется возможным, так как на представленные в отчетности значения повлиял факт неопределенности понятия внебюджетных средств, вследствие чего вузы иногда предпочитали показывать нулевые значения.

Сдвиги в объемах использования внебюджетных средств на цели развития инновационной среды и в структуре расходов показаны в табл. 2.

Таблица 2

Структура расходов внебюджетных средств на цели развития инновационной среды, млн руб.

Целевые статьи расходов	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Развитие объектов инновационной инфраструктуры вуза	5110,13	6883,29	8265,75	9188,98
Правовая охрана результатов интеллектуальной деятельности	32,47	41,85	35,33	51,47
Разработка и реализация целевых программ подготовки кадров в сфере малого инновационного предпринимательства	140,14	189,56	108,21	82,31
Разработка методических и нормативных материалов для создания и обеспечения деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства	8,39	6,95	3,11	4,29
Разработка нормативных материалов для развития инновационной инфраструктуры вуза	1,77	9,03	2,28	1,27
Стажировки сотрудников в сфере инновационной деятельности	230,70	156,52	136,95	53,69
Консалтинговые услуги в сфере трансфера технологий	29,95	53,17	128,53	93,93
Создание и развитие малых инновационных компаний	97,88	65,73	72,64	37,20
Всего:	5651,42	7406,09	8747,42	9613,1

Общее заключение по анализу сводных данных о результатах работы вузов в 2017 г. по программам инновационного развития – наблюдается значительное снижение текущих расходов, но сохраняется масштаб инвестиций в развитие материальной базы.

В период действия постановления № 219 изменилась структура доходов вузов от выполнения работ и услуг. В табл. 3 показаны объемы работ и услуг, выполненных тремя группами организаций инфраструктуры: ХО – хозяйственные общества (и партнерства), МИП – организации инфраструктуры (малые инновационные предприятия, созданные на общей основе и сотрудничающие с вузом), ВУЗ – структурные подразделения вуза.

Таблица 3

Объемы работ и услуг, выполненных разными группами организаций инфраструктуры

	Объемы, млн руб.			Доли от общей суммы, %		
	2011 г.	2014 г.	2017 г.	2011 г.	2014 г.	2017 г.
ХО	1038	5665	5650	9,78	38	37,6
МИП	989	770	1708	9,32	5,2	11,4
ВУЗ	8582	8477	7661	80,9	56,8	51,0
Всего	10609	14912	15019	100	100	100

Доля малых инновационных предприятий в выполнении работ и услуг значительно возросла, что следует рассматривать как устойчивый положительный результат постановления № 219.

Взаимодействие вузов и промышленности

В 2017 г. вузы участвовали в 191 региональной программе, заключили 469 соглашений о сотрудничестве с предприятиями, участвовали в работе 106 высокотехнологичных кластеров. Взаимодействие вузов с реальным сектором экономики можно также оценить количественно объемами выполненных по заказам предприятий научных работ.

В табл. 4 показана динамика объемов научных работ в целом и в частности для предприятий.

Таблица 4

Динамика доли предприятий реального сектора экономики в объемах НИОКР

Год	Объемы НИОКР, млрд руб.	В т.ч. для предприятий реального сектора, млрд руб.	Доля реального сектора, %
2014	41,37	9,09	22,0
2015	41,35	11,69	28,3
2016	53,08	16,01	30,2
2017	55,92	15,36	27,5

В табл. 5 дан список лидеров по доле НИОКР для промышленных предприятий в 2017 г.

Таблица 5

Вузы-лидеры по взаимодействию с реальным сектором экономики

Название организации	Объемы НИОКР по заказам реального сектора, млн руб.	Доля заказов реального сектора экономики, %
Новосибирский государственный технический университет	109,8	100,0
Воронежский государственный технический университет*	356,3	89,1

Окончание таблицы 5

Название организации	Объемы НИОКР по заказам реального сектора, млн руб.	Доля заказов реального сектора экономики, %
Тюменский государственный нефтегазовый университет	611,5	88,8
Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации	27,0	78,2
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)	342,9	74,6
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	72,1	73,6
Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)	419,5	73,5
Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнева	408,5	72,4
Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова	106,6	64,5
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники	116,3	63,2
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)**	223,2	62,2
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова	2,6	61,5

* Воронежский государственный технический университет в ходе мониторинга учитывался под названием Воронежский ГАСУ.

** В мониторинге был учтен как МАТИ (Российский государственный технологический университет).

Почти все лидеры являются техническими вузами. В число лидеров попал также ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации». Все университеты этой группы имеют в качестве постоянных партнеров крупные компании.

Оценка вузами итогов выполнения программ развития инфраструктуры (полезные эффекты)

На заключительном 15 этапе мониторинга (01.07.2017–31.12.2017) вузам-участникам реализации постановления № 219 было предложено дать количественные оценки некоторых результатов развития инновационной деятельности и сделать краткий анализ особенностей реализации программ в вузах. Количественные оценки относились к значимости новых источников доходов для вузов.

Вузам предлагалось приблизительно оценить значимость получения дивидендов от деятельности созданных малых инновационных предприятий, значимость доходов от продажи прав на результаты инновационной деятельности, доходы от участия в целевых программах. Доля доходов от участия в деятельности малых инновационных предприятий почти всеми вузами была оценена в пределах 2%. Исключение составили вузы с развитыми комплексами хозяйственных обществ. Сведения о наиболее успешных в этом отношении вузах приведены в табл. 6.

Таблица 6

Доля доходов от инновационной деятельности в лидирующих вузах, (%)

№ п/п	Вузы	Доходы от деятельности ХО	Доходы от реализации РИД	Доходы от участия в ФЦП
1	Комсомольский-на-Амуре государственный университет	33	2	0
2	Дальневосточный федеральный университет	5–8	5–8	40–50
3	Красноярский государственный аграрный университет	5	0	0
4	Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева	15	5	30
5	Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)	35–40	0–3	0–3
6	Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова	5–15	1–10	5–15
7	Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева	12	1	60
8	Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого	10–15	0	5–7
9	Санкт-Петербургский государственный университет	10–15	10–15	20–25
10	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)	4–6	0,3–0,5	15–25
11	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого	2–10	1–5	40–55
12	Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева	15–20	5–7	10–15
13	Тихоокеанский государственный университет	7–10	0	0
14	Тольяттинский государственный университет	7–15	1–5	10–30
15	Тюменский индустриальный университет	5–20	5–20	40–60
16	Ульяновский государственный технический университет	5–10	0–1	0
17	Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина	4–7	1–3	30–35
18	Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)	3–5	0–1	25–30
19	Южный федеральный университет	5–10	3–8	20–25
20	Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова	15–20	10–15	25–30

Наиболее высоко оценивают значимость доходов от деятельности хозяйственных обществ те вузы, в которых эти комплексы достаточно развиты и успешно действуют. Оценка повышается также при недостатке у вуза заказов на выполнение исследований. По мнению вузов-участников реализации программ наименее значимым источником доходов является «коммерциализация прав на результаты инновационной деятельности», где оценка более 10% встречается не более чем шесть раз (см. табл. 3), что заставляет считать ее неубедительной.

Развитие материальной базы исследований и разработок позволило вузам-участникам реализации программ выйти на контракты с высокотехнологичными предприятиями и на совместные исследования с зарубежными университетами. Одновременно повысился и уровень квалификации сотрудников вузов, работающих на новом научном оборудовании. Многие сотрудники вузов получили дополнительную подготовку в зарубежных компаниях, производителях научного оборудования. Организация системы работы с результатами инновационной деятельности позволила организовать их реализацию, хотя и в малых объемах, и создать мотивацию сотрудников к участию в инновационной деятельности вуза.

В статье [5] показана структура научно-технических разработок вузов и те отрасли экономики, которые явились заказчиками этих разработок. Можно заключить, что вузы стали реально отраслью, поставляющей новые технологии, материалы и инновационные продукты для промышленности, социальной сферы, сельского хозяйства.

Вузы-участники реализации программ подчеркивают наличие системного эффекта от одновременной реализации мероприятий по развитию материальной базы, повышению квалификации сотрудников, созданию инфраструктуры инновационной деятельности, созданию малых инновационных предприятий. Все эти мероприятия, проводимые одновременно, повышают эффективность программы развития инновационной инфраструктуры в российских вузах в целом. Такое же системное воздействие оказывает и участие вузов одновременно в нескольких программах и мероприятиях, направленных на развитие инновационной деятельности.

Факторы, облегчающие или затрудняющие развитие инновационной деятельности

Как показали проведенные обследования вузов, основным фактором успеха в реализации программ инновационного развития была продуманная организационная структура инновационного блока, подкрепленная развитой нормативной базой и четким распределением обязанностей. Помимо формальной организации инновационного блока важно было постоянное внимание со стороны руководства вузов и умение привлечь сотрудников к участию в инновационной деятельности. В большинстве вузов эта задача была решена успешно. Значение организационных факторов успеха труднее выделить для крупных вузов, участвующих одновременно в нескольких государственных программах. Результаты анализа созданных вузами инновационных структур приведены в работе [6].

Второй по значимости фактор успеха вуза экономический, это промышленный потенциал региона размещения вуза. Недостаточно развитая промышленность, особенно структурно, оказалась основным фактором торможения для вузов Северного Кавказа, Новгородской и Курской областей и некоторых других. И напротив, наличие мощного комплекса высокотехнологичных предприятий дает вузу огромные преимущества. В таком положении находится ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого», ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени акад. С.П. Королева», а также все московские университеты.

Роль подготовленных кадров неоднозначна: кадры обеспечивают успех одних вузов и обуславливают неудачи других. Проблема для вузов небольшого масштаба состоит не только в малом потенциале партнеров, но и в крайне сложной проблеме подбора кадров, так как выбрать минимально необходимое количество сотрудников для организации инновационной деятельности сложно для любого вуза и особенно сложно для малых и средних вузов. Как отметил в своем отчете ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»,

недостаток кадров ограничивает и создание новых малых инновационных предприятий, а переток кадров от основной преподавательской и исследовательской деятельности в инновационные предприятия вносит сложности в работу вуза.

Значимость фактора кадров осознается во всех вузах, все вузы создают условия для поиска талантливой молодежи и подготовки кадров для инновационной деятельности. Но улучшение положения в этой области затруднено недостаточной оплатой труда преподавателей и исследователей. Само количество исследователей колеблется в зависимости от объемов финансирования государственного задания. Неустойчивость финансирования фундаментальных и поисковых работ уменьшает возможности быстрого развития инновационной деятельности в будущем, так как имеющиеся научные заделы быстро теряют ценность из-за конкуренции, и в первую очередь конкуренции зарубежной.

Выделение субсидий на развитие материальной базы отмечено всеми вузами как эффективно действующий положительный фактор. Появление новых лабораторий с новейшим научным оборудованием сразу создало заинтересованность в сотрудничестве с вузами со стороны предприятий.

Группа вузов-лидеров по величине доходов имеет сходные условия финансового успеха. Это наличие постоянного и платежеспособного заказчика, характер научных заказов со стороны которого требует работ масштабных, но однотипных. Таковы работы для нефтяных компаний, для дорожностроительных компаний.

Если под успехом понимать получение доходов, то наиболее доходными видами деятельности хозяйственных обществ оказались чисто производственная деятельность (производственные услуги) и чисто научная. Реализация инновационных проектов как осуществление на практике научно-технических заделов дает сравнительно меньший доход и связана с большими рисками.

Общий фактор торможения для вузов и деятельности хозяйственных обществ – низкая платежеспособность партнеров заказчиков.

С точки зрения интересов государства в целом следует отметить полезный эффект классических малых инновационных предприятий, действительно занятых совмещением научной и производственной деятельности. При небольшом объеме доходов от выполнения заказов они решают значимые для заказчика проблемы, так как способны дать ему продукт, отсутствующий на свободном рынке и крайне необходимый для заказчика.

Успех таких классических инновационных предприятий в первую очередь зависит от тесноты связей с вузом-учредителем и партнером-заказчиком. Научно-техническая поддержка со стороны вуза повышает потенциал малого инновационного предприятия, делает его более привлекательным для заказчика. Сотрудничество с заказчиком позволяет гибко реагировать на изменение запросов заказчика, использовать научно-технический потенциал заказчика.

Фактором торможения во взаимодействии вуза с его малыми инновационными предприятиями является незавершенность правовой базы, что проявляется в отношениях по поводу аренды помещений, использования оборудования, проведения совместных работ (вузу не засчитывают исследования, проведенные по его заказу малыми инновационными предприятиями).

Предложения вузов по дальнейшему развитию инфраструктуры и инновационной деятельности

В отчетах за второе полугодие 2017 г. вузы имели возможность высказать свои соображения по способам поддержки развития инновационной инфраструктуры и инновационной деятельности после завершения действия постановления № 219. Оценка вузами эффективности вышеуказанного постановления была дана единогласно положительная. Вузы-участники отметили, что базовые проблемы организации инновационной деятельности вузами решены: созданы организационные структуры для управления инновацион-

ной деятельностью, образованы необходимые инфраструктурные подразделения, создан пояс малых инновационных предприятий, создана необходимая нормативная база, организована постоянно действующая подготовка кадров. В конце периода выполнения вышеуказанного постановления стали преобладать мероприятия по организации «моста» для выхода на пользователей научно-технических разработок вузов. Многие вузы-участники реализации программ развития инновационной инфраструктуры отметили важность участия в конкурсах на создание инжиниринговых центров. В целом, усилилось внимание к созданию долгосрочных связей с промышленными предприятиями и с партнерами в научной сфере.

Представленные вузами-участниками предложения можно приблизительно разбить на три группы с условными названиями: «продолжить финансирование», «упорядочить нормативную базу», «подготовить новое подобное постановление».

В группе «продолжить финансирование» следует признать конструктивными следующие предложения:

1. Обеспечить планомерное обновление материальной базы вузов. По нашему мнению, имеется в виду то обстоятельство, что за счет полученных субсидий были выполнены работы по содержанию помещений, обновлению приборной базы и другие, финансировать которые Минобрнауки России должно было бы в плановом порядке. Упорядочение финансирования материальной базы могло бы уменьшить потребность в организации специальных программ и конкурсов. Более того, анализ целесообразности финансирования мог бы уменьшить неустойчивость положения вузов. По нашим наблюдениям финансирование материальной базы вузов крайне неравномерно. Так, например, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» имеет прекрасное здание с внутренним бассейном и спортивным залом, а в ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет» нуждаются в ремонте помещения лабораторий, выполняющих оборонные заказы.

2. Поддерживать особо значимые проекты исследований и инновационных разработок. Здесь речь идет о смене объекта поддержки – не учреждение или организация, а проект. В настоящее время поддержка оказывается в случае победы проекта в конкурсе, но это создает ненужные риски финансирования исследований и разработок, ведущихся длительное время. Реализация предложения потребует изменения порядка формирования целевых программ: если в настоящее время сначала объявляют условия конкурса и потом собирают заявки, то при активном подходе к формированию программы сначала делается инвентаризация ведущихся или планируемых исследований и уже на основе полученной информации формируется состав программы.

3. Включать в государственное задание вузам особенно перспективные прикладные исследования. Это могло бы ускорить создание научно-технических заделов по важнейшим направлениям, тем более, что фундаментальные исследования все более имеют предметом техносферу.

4. Выделять субсидии предприятиям заказчикам НИОКР. Это предложение можно рассматривать, как продолжение постановления Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» (в новой редакции: «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства, в рамках подпрограммы «Институциональное развитие научно-исследовательского сектора» государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы»), позволяющие увеличить масштабы поддержки трансфера научных разработок в промышленность и сократить сопровождающие эти процедуры расходы.

5. Базовое финансирование государственных заданий вузам сделать зависимым от объема внебюджетных доходов вузов.

Предложения по внесению изменений в нормативную базу (упорядочить нормативную базу):

1. Новых предложений по сравнению с уже известными из более ранних опросов [7] и из ответов на анкеты, рассылаемые специально для изучения работы с хозяйственными обществами, не появилось. Речь идет о расширении полномочий вузов, необходимых для более эффективной поддержки работы малых инновационных предприятий. Это предложение о создании в вузах специального фонда поддержки инновационной деятельности, предоставление вузам права кредитования хозяйственных обществ и расширения прав по предоставлению им в аренду площадей и оборудования.

2. Конкретную формулировку предложил ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»: «Необходимо обеспечить возможность предоставления университетом юридического адреса и площадей в аренду для размещения малых инновационных предприятий, созданных для практического использования результатов интеллектуальной деятельности, без получения согласия собственника имущества учредителя по каждому из таких предприятий в отдельности».

Подготовка нового постановления Правительства РФ:

1. Свое видение необходимости подготовки нового постановления ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова» представил таким образом: «Особенно эффективной мерой можно отметить опыт поддержки развития инновационной инфраструктуры, включая поддержку малых инновационных предприятий, в рамках постановления № 219, в результате которого получен опыт оснащения материальной базы вузов современным научным лабораторным оборудованием мирового уровня и улучшение качества человеческих ресурсов и кадрового потенциала, выраженный в повышении квалификации сотрудников образовательных учреждений в сфере инновационного предпринимательства и трансфера технологий в иностранных университетах, имеющих эффективную инновационную инфраструктуру. Проработка следующего этапа государственной поддержки инновационной деятельности должна базироваться на следующих направлениях: содействие повышению инновационной активности, обеспечивающей рост конкурентоспособности отечественной продукции на основе освоения научно-технических достижений и обновления производства, ориентация на всемерную поддержку базисных и улучшающих инноваций, составляющих основу современного технологического уклада, сочетание государственного регулирования инновационной деятельности с эффективным функционированием конкурентного рыночного инновационного механизма, защитой прав интеллектуальной собственности, содействие развитию инновационной деятельности в регионах России, межрегиональному и международному трансферу технологий, международному инвестиционному сотрудничеству, защита интересов национального инновационного предпринимательства».

2. Столь же широкую задачу ставит ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» и видит в следующем: «Поддержка в области повышения квалификации персонала работающего в научно-инновационной сфере, в том числе для создания международных проектных команд, для поиска новых рынков, партнеров, изучения мировых трендов, создания совместных проектов».

Помимо свободной формулировки предложений вузам участникам реализации постановления № 219 была предоставлена возможность оценить по десятибалльной шкале четыре возможных направления дальнейшего развития инновационной инфраструктуры и инновационной деятельности. Полученные результаты данного исследования представлены в табл. 7.

Таблица 7

Десятибалльная оценка направлений развития инновационной инфраструктуры деятельности

№ п/п	Направления	Усредненная оценка
1	Создание опытных производств	7,35
2	Создание внешних организаций типа инжиниринговых центров, выступающих заказчиками и покупателями разработок вузов для последующей реализации в России и других странах	7,14
3	Создание территорий инновационного развития в том виде, как это предусмотрено законом об инновационных центрах (Федеральный закон от 29 июля 2017 г. № 216-ФЗ)	5,99
4	Развитие региональных технопарков	6,29

Количественные оценки в табл. 7 хорошо соответствуют содержательному изложению вузами их планов на ближайшую перспективу и содержанию предложений по дальнейшему развитию инновационной деятельности. Как и следовало ожидать, на первом месте проблема организации собственного опытного производства и проблема посредника между вузом и компаниями потребителями его разработок.

Мониторинг выполнения постановления № 219 о развитии инновационной инфраструктуры вузов имел результатом не только отчеты с анализом хода выполнения вузами программ инновационного развития, но также информационную систему, позволяющую отслеживать по годам реальную деятельность малых инновационных предприятий и анализировать причины успеха предприятий, получающих наиболее высокие доходы. Лидирующие по получаемым доходам предприятия имеют устойчивых заказчиков, стабильные направления деятельности и по своей структуре близки к типу научно-производственных предприятий, которые составляли основу высокотехнологичного производства в СССР. Поэтому в перспективе следует более детально изучить складывающиеся в инновационном поясе вузов комплексы научно-производственной деятельности и использовать новые данные для разработки новых мер государственной политики в отношении инновационной деятельности вузов и и деятельности малых инновационных предприятий.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания № 074-00497-18-01 Минобрнауки России за 2018 г. по проекту «Методологическое сопровождение мероприятий по мониторингу и государственному учету малых инновационных предприятий при вузах и научных организациях» (Шифр: 29.12269.2018/12.1).

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 09.04.2010 № 219 (ред. от 25.05.2016) «О государственной поддержке развития инновационной инфраструктуры в федеральных образовательных учреждениях высшего профессионального образования» [Электронный ресурс]. Документ предоставлен КонсультантПлюс (дата обращения 06.02.2018).

2. Сайт по развитию инновационной инфраструктуры в российских вузах. Available at: <http://gii-vuz.extech.ru> (дата обращения 13.02.2018).

3. Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. (2014) Проблемы мониторинга эффектов деятельности вуза. Инноватика и экспертиза. Научные труды. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 1 (12), Москва, С. 176–186. Available at: http://inno-exp.ru/archive/12/innov_12_2014_176-186.pdf (дата обращения 14.02.2018).

4. Лукашева Н.А., Андреев Ю.Н. (2017) Роль вузов в развитии малого инновационного предпринимательства в России. Инноватика и экспертиза. Научные труды. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 3(21). С. 18–35. Available at: <http://inno-exp.ru/archive/21/18-36.pdf> (дата обращения 17.02.2018).

5. Андреев Ю.Н. (2016) Влияние инноваций на производственные процессы // Инноватика и экспертиза. Научные труды. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 1(16). С. 57–74. Available at: http://inno-exp.ru/archive/16/innov_2016-1_57-74.pdf (дата обращения 13.02.2018).

6. Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. (2016) Система управления инновационной деятельностью вузов // Инноватика и экспертиза. Научные труды. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 1(16). С. 152–166. Available at: http://inno-exp.ru/archive/16/innov_2016-1_152-166.pdf (дата обращения 14.02.2018).

7. Андреев Ю.Н. (2017) Проблемы инновационной деятельности хозяйственных обществ при вузах // Экономика, социология и право. № 3, с. 6–12. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_29007278_78423898.pdf (дата обращения 17.02.2018).

References

1. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 09.04.2010 No. 219 (red. ot 25.05.2016) «O gosudarstvennoy podderzhke razvitiya innovatsionnoy infrastruktury v federal'nykh obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh vysshego professional'nogo obrazovaniya»* [Decree of the government of the Russian Federation dated 09.04.2010 No. 219 (Edition of 25.05.2016) On state support for the development of innovative infrastructure in Federal educational institutions of higher education]. Electronic resource. Document provided by Consultant Plus (circulation date 06.02.2018).

2. *Sayt po razvitiyu innovatsionnoy infrastruktury v rossiyskikh vuzakh* [Website for the development of innovation infrastructure in Russian universities]. Available at: <http://rii-vuz.extech.ru> (circulation date 13.02.2018).

3. Andreev Yu.N., Lukashcheva N.A. (2014) *Problemy monitoringa effektivnosti deyatel'nosti vuzov* [Problems of monitoring the effects of the University activities] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expertise. Proceedings. SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 1(12), pp. 176–186. Available at: http://inno-exp.ru/archive/12/innov_12_2014_176-186.pdf (circulation date 14.02.2018).

4. Lukashcheva N.A., Andreev Yu.N. (2017) *Rol' vuzov v razvitiy malogo innovatsionnogo predprinimatel'stva v Rossii* [The role of universities in the development of small innovative entrepreneurship in Russia] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. Scientific Works. SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 3(21). pp. 18–35. Available at: <http://inno-exp.ru/archive/21/18-36.pdf> (circulation date 17.02.2018).

5. Andreev Yu.N. (2016) *Vliyaniye innovatsiy na proizvodstvennyye protsessy* [The impact of innovation on production processes] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. Scientific Works. SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 1(16). pp. 57–74. Available at: http://inno-exp.ru/archive/16/innov_2016-1_57-74.pdf (circulation date 13.02.2018).

6. Andreev Yu.N., Lukashcheva N.A. (2016) *Sistema upravleniya innovatsionnoy deyatel'nost'yu vuzov* [The system of management of innovative activity of higher educational institutions] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovations and expert examination. Scientific Works. SRI FRCEC]. Moscow. Vol. 1(16). pp. 152–166. Available at: http://inno-exp.ru/archive/16/innov_2016-1_152-166.pdf (circulation date 14.02.2018).

7. Andreev Yu.N. (2017) *Problemy innovatsionnoy deyatel'nosti khozyaystvennykh obshchestv pri vuzakh* [Problems of innovative activity of economic societies at the universities] *Ekonomika, sotsiologiya i pravo* [Economics, sociology and law]. Moscow. No. 3, pp. 6–12. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_29007278_78423898.pdf (circulation date 17.02.2018).

ПРОТЕСТЫ НА УЛИЦАХ И В СЕТЯХ: НОВЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ МЕТОДЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗОВАННОЙ КРИТИЧНОСТИ

Н.С. Барабаш, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. филол. наук, nsb@extech.ru

Д.С. Жуков, доц. каф. Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, канд. истор. наук, ineternatum@mail.ru

К.С. Кунавин, ст. преп. каф. Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, канд. истор. наук, ineternatum@mail.ru

С.К. Лямин, доц. каф. Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, канд. истор. наук, laomin@mail.ru

В статье представлены новые методы изучения сетевой протестной активности, основанные на идеях и инструментарии теории самоорганизованной критичности (СОК). Причины спонтанной, взрывообразной социальной активности в рамках современных протестных движений – как в социальных медиа, так и на улицах городов – можно, в значительной мере, разъяснить посредством теории СОК.

Авторы реконструировали протестный сетевой кластер и идентифицировали розовый шум – атрибут СОК – в Интернет-активности некоторых сообществ, которые его составляют. Объект исследования – связанная совокупность сообществ ВКонтакте, которая обеспечивала информационную и организационную поддержку выступлениям против пророссийского правительства в Армении в ходе Энергомайдана. Хронологические рамки исследования: 31.09.2014–31.09.2015.

Изученный протестный сетевой кластер, функционируя в течение некоторых периодов в режиме СОК, оказался способен генерировать информационные лавины – быстротечные и масштабные всплески создания, передачи и размножения информации. Представлены факты, которые поддерживают гипотезу о том, что возникновение СОК в сетях связано с массовыми, в том числе насильственными, акциями на улицах.

Ключевые слова: протестные акции, цветные революции, самоорганизованная критичность, розовый шум, Энергомайдан.

STREET AND SOCIAL NETWORKS PROTEST MOVEMENTS. THE NEW RESEARCH METHODS BASED ON THE SELF-ORGANIZED CRITICALITY (SOC) THEORY

N.S. Barabash, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Philology, nsb@extech.ru

D.S. Zhukov, Associate Professor of Department, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Doctor of Historical Sciences, ineternatum@mail.ru

K.S. Kunavin, Senior Lecturer, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Doctor of Historical Sciences, ineternatum@mail.ru

S.K. Lyamin, Docent, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Doctor of Historical Sciences, laomin@mail.ru

This article reviews the new methods of the network protest activity studying which are based on the ideas of the self-organized criticality (SOC) theory. The reason of such spontaneous social activity of the contemporary protest movements as in social media as on the streets could be explained by the SOC theory.

The authors redesign the protest network cluster and identify the pink noise in the Internet activity of some social communities. The analyzed object is the whole of VKontakte communities,

which provide informational and organizational support for the appearance against pro-Russian government in Armenia during EnergoMaidan. The chronology is 31.09.2014 to 31.09.2015.

The protest cluster can generate the informational short-term but massive avalanches. The authors also assume that SOC in the social networks is connected with the mass, sometimes violent street movements.

Keywords: protest movements, colour revolutions, self-organized criticality, pink noise, EnergoMaidan.

Проблема, гипотезы и объект

Современные массовые протестные движения – в том числе т.н. цветные революции – существенно отличаются от классических революций конца XVII – начала XX века. Отвлекаясь от социально-экономических и геополитических предпосылок и результатов цветных революций, мы сосредоточим внимание на странной, на первый взгляд, динамике протестного процесса. Довольно часто подобные события возникают «на пустом месте»: без соразмерных причин, без хорошо заметного длительного периода подготовки. Исследователи довольно часто выражают мнение, что таковые нелинейные эффекты связаны с тем, что протестная социальная самоорганизация осуществляется частично или даже полностью в виртуальном пространстве – в частности, в социальных сетях. В работе «Синергетика и сетевая реальность» авторы – Т.С. Ахромеева, Г.Г. Малинецкий, Н.А. Митин, С.А. Торопыгина – обращают внимание на феномен «революций в Сети»: «Само общество пронизано сетевыми структурами... Эффективные действия сетевых структур, способных быстро парализовать огромный государственный аппарат и могущественные ведомства, показывают, что практика здесь очень сильно обогнала теорию. Необходимо быстро и масштабно исследовать, осмыслить и понять новые возможности и угрозы сетевой эпохи, в которую вступило человечество» [1, с. 12].

Мы полагаем, что причины спонтанной, взрывообразной социальной активности в рамках современных протестных движений можно в значительной мере разъяснить через отсылку к идеям теории самоорганизованной критичности (СОК). Виртуальная сетевая среда, в силу своих сущностных свойств, склонна в ряде случаев функционировать в режиме СОК, что придает некоторым сетевым кластерам необычные свойства.

В этом исследовании мы реконструировали протестный сетевой кластер и попытались идентифицировать СОК в Интернет-активности сообществ, которые его составляют. Это позволяет приложить к объекту объяснительные схемы теории СОК, хорошо разработанные для естественнонаучных систем.

Подобные подходы и инструментарий мы применили для изучения локального объекта – протестной сети, состоящей из групп ВКонтакте. Эта сеть обеспечивала информационную и организационную поддержку выступлениям против пророссийского правительства в Армении – Энергомайдану, который был инициирован повышением тарифов на электроэнергию. Хронологические рамки исследования 31.09.2014–31.09.2015.

Данная статья продолжает наши работы по изучению протестных движений с позиций теории СОК. В публикации [2] мы применили аналогичный инструментарий, чтобы исследовать деятельность сети Фейсбук-сообществ, продвигавших массовое движение за импичмент президента Бразилии Дилмы Русеф.

Литература

В классической монографии одного из основателей теории СОК Пера Бака [3] содержится утверждение, что теория СОК, будучи изначально созданной для объяснения естественнонаучных феноменов, может быть эвристически продуктивна и в социогуманитарном исследовательском пространстве. Распространению теории СОК в контексте идей синергетики в социо-гуманитарных науках способствовали Д. Тьюкот [4,5], Г. Бранк [6–8], Г.Г. Малинецкий [9], Л.И. Бородкин [10–12], А.В. Подлазов [13].

В статье «Почему общества коллапсируют?...» Г. Бранк декларирует: «Я продвигаю теорию распада обществ, которая основана на самоорганизованной критичности, представляющей собой нелинейный процесс. Этот процесс производит внезапные изменения и формирует фрактальные закономерности в исторических временных рядах. В целом, я предполагаю, что ... самоорганизованные критичности повсеместно встречается в человеческих системах...» [8, p. 195].

В другой статье Г. Бранк ставит вопросы о сущности внезапных социальных трансформаций в истории: «Нелинейные динамические процессы самоорганизованной критичности... позволяют объяснить ряд нерешенных аномалий... Почему исторические данные почти всегда содержат несколько экстремальных значений, которые, на первый взгляд, вызваны некоей причиной, отличной от причин остальных значений? ...Почему тривиальные случаи иногда развиваются во внезапные изменения... В среде с самоорганизованной критичностью, которая характерна для человеческой истории, величина причины часто не связана с величиной ее следствия» [7, p. 25].

Одной из первых успешных попыток обнаружить СОК в историко-политических процессах было исследование Д. Робертса и Д. Тьюкота [14], посвященное динамике военных конфликтов. Л.-Е. Цедерман также обнаружил степенные законы – маркеры СОК – в истории войн [15]. М. Биггс [16] исследовал социо-экономические столкновения в Чикаго и в Париже в конце XIX века. С. Пиколи и коллеги [17] обнаружили СОК в динамике террористических событий в Ираке, Афганистане и Северной Ирландии. И. Шимада и Т. Кояма [18], основываясь на электоральной статистике Японии, выдвинули предположение, что эффекты СОК могут указывать на степень готовности общества к социо-политическим трансформациям. Д.С. Жуков, В.В. Канищев и С.К. Лямин [22–24] показали наличие розового шума как атрибута СОК в некоторых рядах исторических данных. В наших предшествующих исследованиях (Д.С. Жуков, Н.С. Барабаш [25]) показано, что СОК характеризует Интернет-сообщества, которые обладают более высокими социально-мобилизационными возможностями.

Подходы теории СОК

В системах, находящихся в состоянии критичности, любые события – даже локальные, кратковременные и несильные – инициируют причинно-следственные цепочки, которые затухают недостаточно быстро. Благодаря наличию петель обратной связи, некоторые процессы могут самоусиливаться, другие – ослабляться. Простые микрособытия генерируют сложное макроповедение системы. Ансамбль событий и их следствий заставляет основные параметры системы изменяться в режиме розового шума ($1/f$ -шума), который считается атрибутом СОК. Розовый шум (рис. 1) это процесс, который состоит из подъемов и спадов, каждый из которых также представляет собой совокупность меньших подъемов и спадов и т.д. Поскольку розовый шум обладает свойством масштабной инвариантности, это своего рода фрактальный процесс [26].

П. Бак так описывает розовый шум: «Здесь есть изменения всех размеров: быстрые, происходящие за несколько минут, и медленные, длящиеся годами... Этот сигнал может рассматриваться как суперпозиция всплесков всевозможных масштабов; он выглядит как горный ландшафт, но только не в пространстве, а во времени. Можно посмотреть на него и как на наложение периодических сигналов всех частот – это просто другой способ сказать, что в нем есть составляющие всех временных масштабов... $1/f$ -Сигнал сочетает в себе всплески всех длительностей» [3, с. 68–69].

Системы в состоянии критичности склонны переживать лавины – очень быстрые и очень значительные отклонения основных параметров, вплоть до срыва в бесконечность. В реальных социальных и физических системах розовый шум, поэтому, считается предвестником катастроф, скоротечных и радикальных трансформаций. Это может быть землетрясение или революция, массовое вымирание животных или катастрофическое наводнение.

Процессы, ведущие к лавинам, могут быть запущены несильными событиями-инициаторами (внешними или внутренними, случайными или целенаправленными) и долгое время остаются малозаметными. Целостность системы и сложная внутренняя структуры, содержащая причинно-следственные петли, не позволяют начальным импульсам затухнуть. Множество взаимодействующих элементов системы не могут прийти в равновесие. Лавина, как представляется внешнему наблюдателю, инициируется обычными – ординарными для системы – факторами, что кажется нелогичным и выглядит как нарушение соразмерности причин и следствий.

Идентификация розового шума в том или ином сигнале, который генерируется системой, позволяет установить, способна ли система генерировать лавину в смысле теории СОК. Поэтому, полагаем, идентификацию розового шума можно использовать как надежный индикатор для определения состояния систем, для вычисления их трансформационного потенциала. Обнаружение розового шума, кроме того, позволяет выдвигать гипотезы и интерпретаций на основании теории СОК.

Критическое состояние, будучи динамическим равновесием, подобно растянутой во времени точке бифуркации. На первый взгляд, это кажется странным, поскольку в точке бифуркации даже малые воздействия быстро выводят управляющий параметр из критического значения. Однако, как оказалось, некоторые системы в силу своих внутренних свойств и внешних обстоятельств способны сами настраивать управляющий параметр нужным образом, то есть самоорганизовываться в критическое состояние. Это происходит благодаря сопряжению двух процессов – росту напряжения и релаксации [13, с. 93].

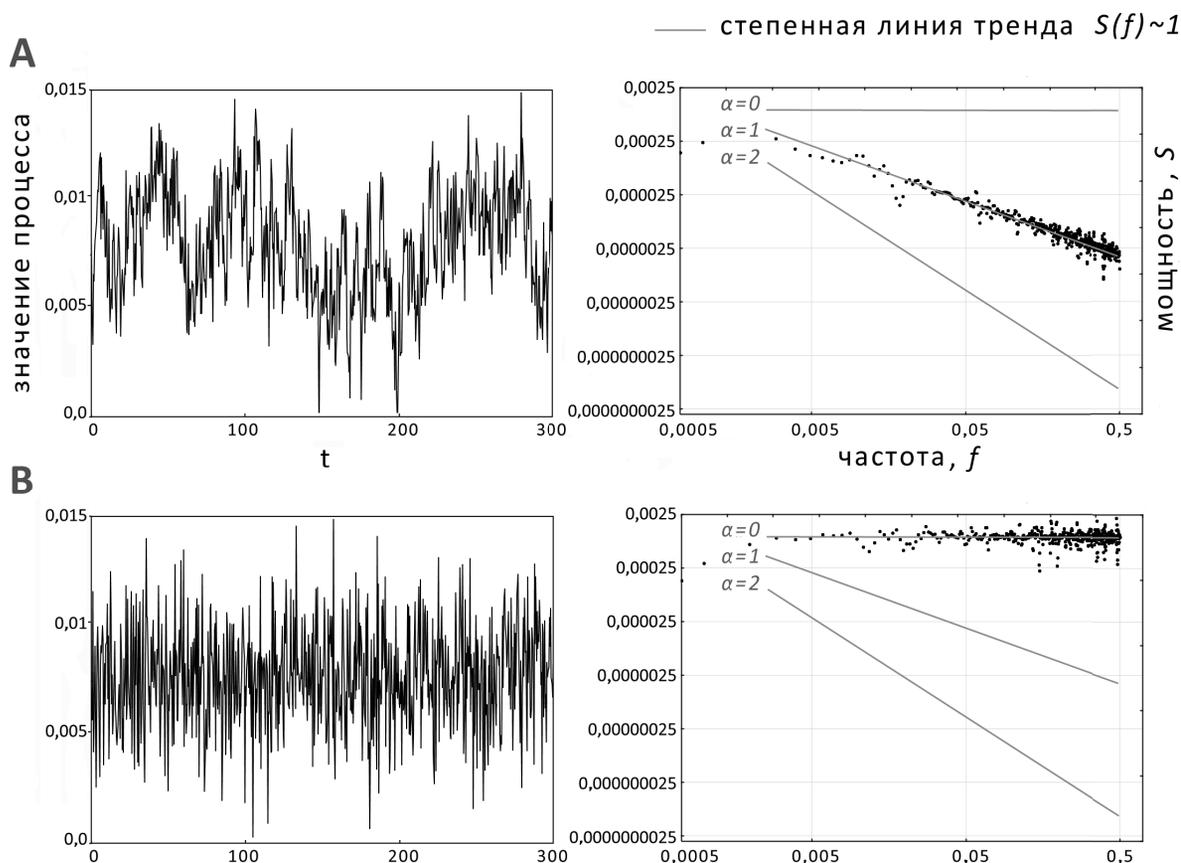


Рис. 1. Образцы и спектрограммы (А) розового шума и (В) белого шума

Таких самоорганизованно-критических систем обнаружено немало как в физической, так и в социальной реальности. Конкретные проявления розового шума могут быть описаны через понятие «прерывистого равновесия». «...[Это явление], – пишет Г.Г. Малинецкий, – наблюдается в процессе биологической эволюции, функционировании социальных и технических систем. Типичной оказывается ситуация, когда в течении очень большого времени ничего заметного не происходит, а затем стремительные изменения кардинально меняют облик системы, наступает время революций, что, разумеется, не отменяет множества мелких событий, которых мы просто не замечаем» [9, с. 39].

Розовый шум, хотя и содержит множество случайных событий, обладает долгосрочной закономерностью (длительной памятью) и отличается от абсолютно хаотического белого шума (рис. 1В). Нам удалось показать на конкретно-исторических примерах [23–25], что изменение типа/цвета сигнала является маркером для отыскания момента и направления качественных изменений в социальной системе.

Методы идентификации розового шума

Розовый шум может быть точно идентифицирован по результатам спектрального анализа. Если в спектрограмме «мощность – частота» четко прослеживается степенное распределение, то показатель степенного закона позволяют идентифицировать процесс как розовый или красный («коричневый») шум, или же выдвинуть гипотезу о наличии белого шума. Степенной тренд определяется формулой (1), где f это частота, S – мощность, α – показатель степенного закона:

$$S = \frac{1}{f^\alpha} \quad (1)$$

Если $\alpha \approx 1$, то сигнал считается розовым шумом. Если $\alpha \approx 2$, то шум считается красным. Если $\alpha \approx 0$, то сигнал, возможно, является белым шумом, хотя для его точной идентификации требуются иные процедуры. П. Бак указывал, что «степень α [для розового шума] может принимать значения от 0 до 2» [3, с. 69]. Очевидно, что ближе к границам этого диапазона розовый шум плавно переходит в белый или красный.

Мы проводили спектральный анализ в модуле «Spectral (Fourier) analysis» в программе Statistica со следующими настройками: «pad length to power of 2 / yes», «taper / no», «subtract mean / yes», «detrend / yes».

Достоверность тренда и, следовательно, репрезентативность величины α определялась посредством вычисления R^2 . Чем ближе значение R^2 к 1, тем точнее тренд аппроксимирует данные, хотя некоторое отклонение R^2 от 1 не свидетельствует о неудовлетворительной репрезентативности линии тренда.

Исходные данные

Протестная сеть для целей данного исследования определялась как совокупность сообществ ВКонтакте, которые связаны друг с другом отношениями рефлексивности. Рефлексивность здесь понимается как способность сообщества воспринимать информационный контент в связанном сообществе, реагировать (изменять свое поведение под влиянием контента), транслировать и размножать контент среди своих участников и иных сообществ. По каналам рефлексивности передается, в частности, информация, призванная изменить поведение участников сети. Рефлексивность позволяет формировать обратные связи, получать отклики, выстраивать новые связи и группы. Предполагаем, что рефлексивность представляет собой один из наиболее весомых факторов, который ответственен за проявление СОК в изучаемой системе.

Для выявления связей рефлексивности между виртуальными сообществами ВКонтакте рассчитывалось количество общих участников в каждой паре сообществ. Учитывались сооб-

щества, связанные не менее чем 500-ми общими участниками. Точкой входа – группой, с которой начиналось картографирование сети – была Армянская революционная федерация (club71768293).

Таким образом, был реконструирован кластер протестной сети – рис. 2. Для визуализации графов использовалась специализированная программа Gephi. Сеть картографирована по состоянию на 01.09.2017.

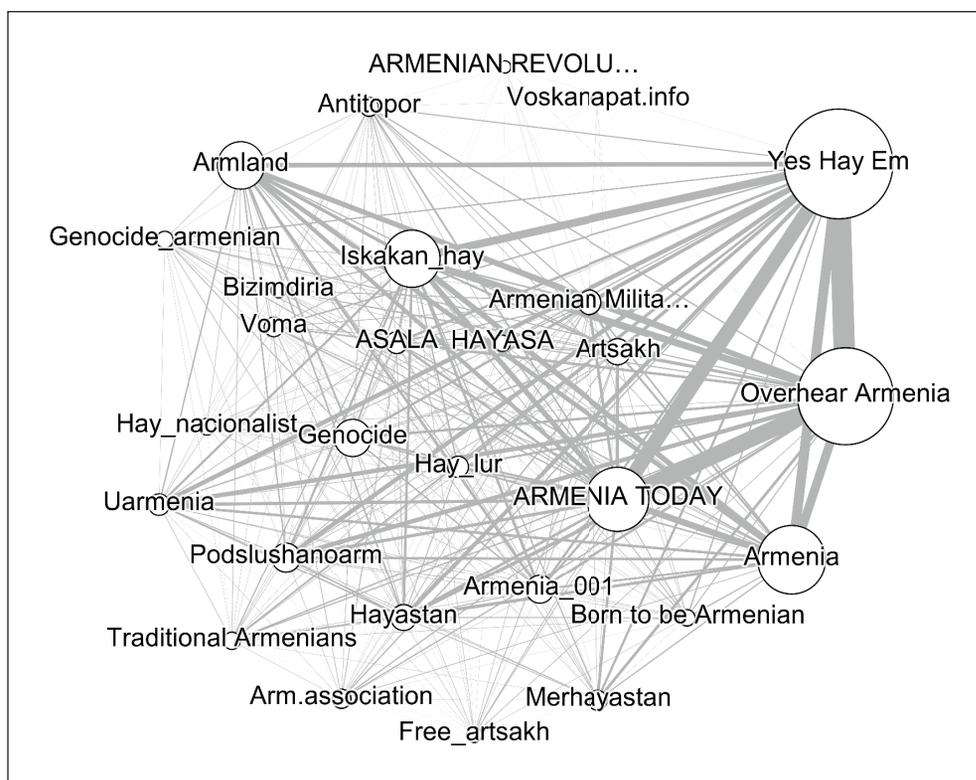


Рис. 2. Кластер протестной сети Энергомайдана во ВКонтакте, Армения, 2014–2015 гг.:

Диаметр вершин графа – количество участников сообществ; толщина ребер – число общих участников в паре связанных сообществ (индикатор уровня рефлексивности)

Сокращенные названия (ярлыки) и URL-адреса сообществ представлены в табл. 1.

БД с полным описанием кластера находится в открытом доступе на сайте Центра фрактального моделирования: <http://ineternum.ru/bd-arm-klaster>.

Для каждого сообщества были получены числовые ряды, которые представляют собой подневные количества репостов всех сообщений/постов, опубликованных в рамках сообщества. Учитывалось суммарное дневное количество репостов любых сообщений в группе. Эти числовые ряды составлены с помощью сервиса popsters.ru и размещены в открытом доступе: <http://ineternum.ru/bd-arm-repost>.

Поскольку репост является элементарным – и фундаментальным – актом восприятия/передачи информации, такие числовые ряды содержат эвристически ценную информацию о характере Интернет-активности. Эти данные пригодны для тестирования на предмет выявления розового шума.

Таблица 1

Кластер протестной сети Энергомайдана во ВКонтакте, сокращенные названия (ярлыки) и URL-адреса, Армения, 2014–2015 гг.

URL сообщества	Ярлык	Кол-во участников, чел.
https://vk.com/am_pub	Armenia	72 349
https://vk.com/antitopor	Antitopor	10 094
https://vk.com/arm.association	Arm.association	10 342
https://vk.com/armenia_001	Armenia_001	21 619
https://vk.com/armenia_artsakh_today	ARMENIA TODAY	66 821
https://vk.com/armenian_military_portal	Armenian Milita	17 635
https://vk.com/armland	Armland	46 103
https://vk.com/artsakh	Artsakh	19 258
https://vk.com/bizimdiria	Bizimdiria	5 619
https://vk.com/born_to_be_armenian	Born to be Armenian	7 107
https://vk.com/club71768293	ARMENIAN REVOLU	1 895
https://vk.com/free_artsakh	Free_artsakh	5 973
https://vk.com/genocide	Genocide	33 192
https://vk.com/genocide_armenian	Genocide_armenian	7 717
https://vk.com/hay_lur	Hay_lur	13 029
https://vk.com/hay_nacionalist	Hay_nacionalist	7 738
https://vk.com/hayasa88	HAYASA	6 942
https://vk.com/hayastan_love_armenia	Hayastan	18 899
https://vk.com/iskakan_hay	Iskakan_hay	58 079
https://vk.com/merhayastan	Merhayastan	11 140
https://vk.com/officialasala	ASALA	13 984
https://vk.com/overhear_armenia	Overhear Armenia	107 859
https://vk.com/podslushanoarm	Podslushanoarm	22 936
https://vk.com/traditionalarmenians	Traditional Armenians	8 234
https://vk.com/uarmenia	Uarmenia	13 603
https://vk.com/voma_official	Voma	11 125
https://vk.com/voskanapat	Voskanapat.info	1 905
https://vk.com/yeshayem	Yes Hay Em	123 930

Результаты

В общем исследованном периоде были выделены три субпериода (30.09.2014–31.01.2015; 01.02.2015–31.05.2015; 01.06.2015–30.09.2015), в каждом из которых для каждого сообщества были рассчитаны показатели степенного закона – табл. 2.

Нами была создана хронология Энергомайдана по сообщениям прессы [27]. На ее основании рассчитана интенсивность протестных событий, представленная на рис. 3.

Таблица 2

Показатели степенного закона и величина достоверности степенного тренда для репостной активности групп ВКонтакте

Ярлык сообщества	30.09.2014–31.01.2015		01.02.2015–31.05.2015		01.06.2015–30.09.2015	
	α	R^2	α	R^2	α	R^2
Armenia	0,52	0,336	0,48	0,441	0,37	0,298
Antitopor	0,32	0,165	0,23	0,105	0,70	0,459

Окончание таблицы 2

Ярлык сообщества	30.09.2014– 31.01.2015		01.02.2015– 31.05.2015		01.06.2015– 30.09.2015	
	α	R^2	α	R^2	α	R^2
Arm.association	0,36	0,186	0,18	0,103	0,28	0,139
Armenia_001	-0,094	0,020	0,49	0,438	0,16	0,083
ARMENIA TODAY	0,86	0,558	0,99	0,783	0,20	0,079
Armenian Milita	0,64	0,493	0,51	0,357	0,64	0,523
Armland	0,36	0,247	0,44	0,333	0,40	0,162
Artsakh	0,20	0,087	0,05	0,007	0,22	0,140
Bizimdiria	0,12	0,078	0,13	0,033	0,73	0,541
Born to be Armenian	0,32	0,286	1,22	0,700	0,23	0,151
ARMENIAN REVOLU	0,14	0,026	0,97	0,526	0,69	0,529
Free_artsakh			0,40	0,272	0,27	0,153
Genocide	0,30	0,294	1,29	0,878	0,27	0,189
Genocide_armenian			0,97	0,700	0,59	0,524
Hay_lur	0,83	0,683	0,55	0,664	0,07	0,022
Hay_nacionalist	0,43	0,303	0,28	0,184	0,51	0,500
HAYASA	0,57	0,406	0,44	0,463	1,36	0,750
Hayastan	0,70	0,621	0,84	0,626	0,15	0,034
Iskakan_hay	0,14	0,030	1,06	0,787	0,03	0,002
Merhayastan			0,60	0,518	-0,271	0,179
ASALA	0,03	0,003	0,48	0,521	0,27	0,147
Overhear Armenia	0,66	0,546	1,08	0,721	0,08	0,015
Podslushanoarm			0,75	0,577	0,69	0,487
Traditional Armenians	0,47	0,408	0,41	0,389	0,15	0,038
Uarmenia	0,25	0,120	1,20	0,772	0,35	0,353
Voma	0,40	0,455	0,26	0,127	0,09	0,036
Voskanapat.info	0,35	0,201	0,08	0,020	-0,002	0,001
Yes Hay Em	0,48	0,426	0,88	0,732	0,30	0,142

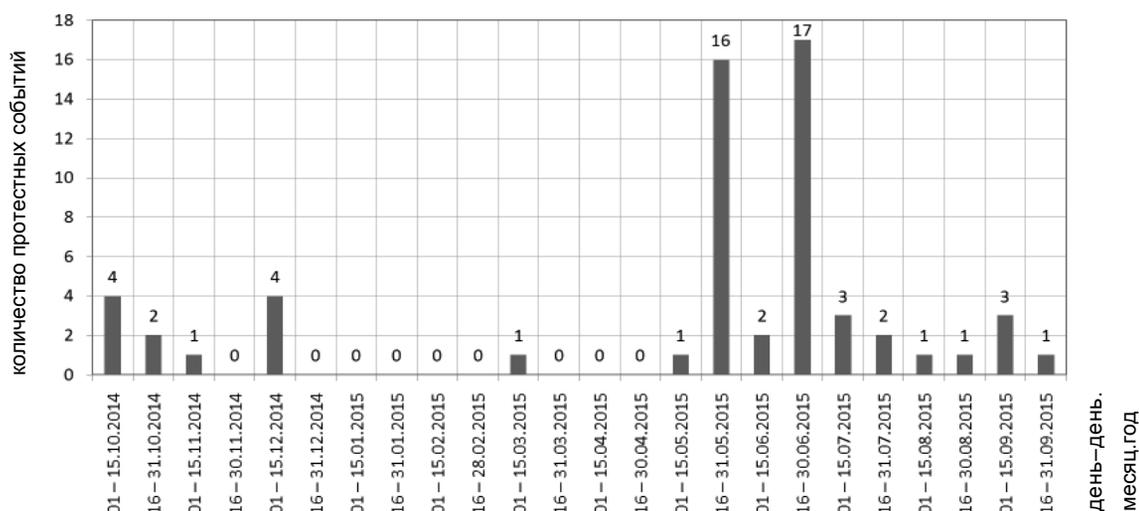


Рис. 3. Количество протестных событий в городах Армении в ходе Энергомайдана

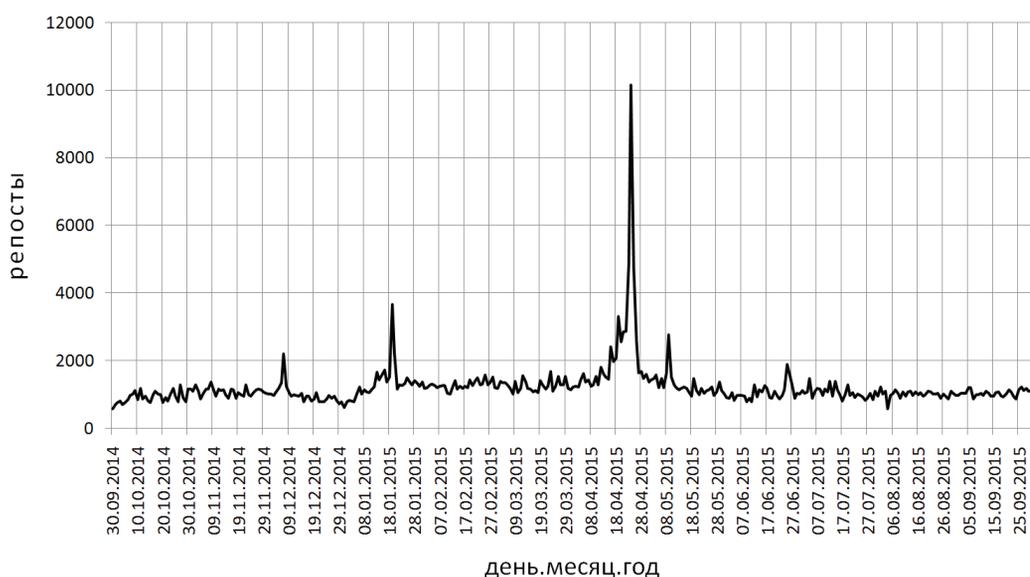


Рис. 4. Динамика суммарных репостов протестной сети Энергомайдана во ВКонтакте, Армения

Суммарная динамика репостов протестного кластера представлена на рис. 4, где заметен всплеск Интернет-активности, пришедшийся на 24.04.2015. Это последняя треть второго субпериода. На рис. 5 показано состояние сети в разных субпериодах.

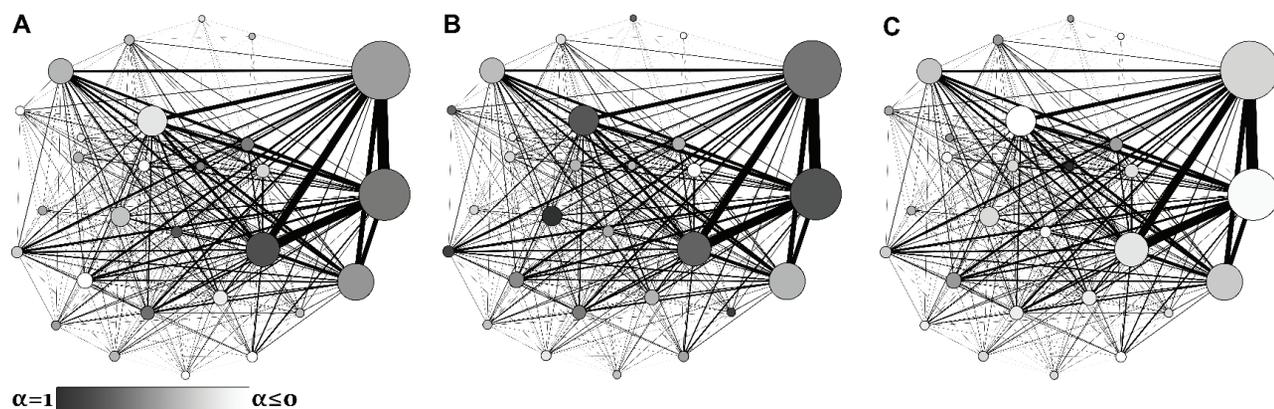


Рис. 5. Кластер протестной сети Энергомайдана во ВКонтакте, Армения

А – субпериод 30.09.2014-31.01.2015; В – 01.02.2015-31.05.2015;
С – 01.06.2015-30.09.2015

Интерпретации

В течение первого субпериода розовый шум зафиксирован в нескольких сообществах; а во втором субпериоде розовый шум уверенно обнаруживается в подавляющем большинстве сообществ – рис. 5. Хотя второй период на протяжении был беден на политические и виртуальные события, он заканчивается лавиной репостов и, спустя некоторое время, масштабными протестными акциями. Третий субпериод – время спада протестного

движения, хотя он и содержит значительное количество массовых событий. Розовый шум в сети ослабляется, хотя для некоторых групп он продолжает отчетливо идентифицироваться. СОК в сетях, таким образом, сопровождала Энергомайдан.

Сообщества в протестной сети Энергомайдаана связаны друг с другом чрезвычайно плотными, многочисленными связями. Возможно, именно поэтому значительная часть сообществ почти синхронно начали генерировать розовый шум в течение второго субпериода и столь же синхронно «демобилизовались» в течение третьего субпериода. Последний субпериод характеризуется относительно высокой уличной активностью (по сравнению со вторым), но в сетях превалирует хаотическое поведение. Действительно, в течение третьего субпериода протестная активность – при внешней эффектности – идет на спад; и движение Энергомайдаана, по существу, утрачивает шансы поколебать политический режим.

Выводы

Поскольку репосты непосредственно связаны с рефлексивностью в социальных сетях, то наблюдение репостной активности дает возможность напрямую рассматривать процессы распространения социальных новаций и политических месседжей.

Репост является фундаментальным актом приема-передачи-размножения сетевого контента, включая нормы, представления, настроения и, наконец, призывы к действию.

Мы убедились, что в период Энергомайдаана в Армении массовые уличные протестные акции проходили на фоне розового шума в репостной активности сетевых кластеров. Возникновение и исчезновение розового шума соответствует периодам подготовки, пика и «демобилизации» протестного движения на улицах. Кроме того, возникновение розового шума во множестве связанных сетевых сообществ предшествовало информационной лавине – взрывообразному росту числа репостов.

Эти наблюдения свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что, во многих случаях, сетевые компоненты современных протестных движений функционируют в режиме самоорганизованной критичности. Безусловно, для СОК в сетях характерна не только для революционной деятельности. Однако можно предположить, что именно та сетевая активность, которая протекает в режиме СОК, вполне может выйти на улицы и превратиться в политически значимое явление. Кроме того, уже в наших предыдущих исследованиях ясно видно, что СОК работает для сообществ, обладающих более высокими социально-мобилизационными возможностями, более эффективно проводящих социальные и политические новации по отношению к своим участникам и другим сообществам, более активно формирующих внешние связи – каналы рефлексивности [25].

Таким образом, идентификация розового шума позволяет обнаруживать сообщества, генерирующие протестную активность, устанавливать время перехода кластеров сообществ в предлавиное (предреволюционное) состояние, интерпретировать нелинейные эффекты современных революций через отсылки к хорошо разработанным объяснительным схемам теории СОК.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-06-00082а.

Список литературы

1. Ахромеева Т.С., Малинецкий Г.Г., Митин Н. А., Торопыгина С. А. Синергетика и сетевая реальность // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2013. № 34. С. 1–34. Available at: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-34>.
2. Жуков Д.С., Лямин С.К. Революции в Сети: приложение теории самоорганизованной критичности к изучению протестных движений // Историческая информатика. 2017. № 4. С. 11–43. DOI: 10.7256/2585-7797.2017.4.24559.
3. Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013. 276 с.

4. Turcotte D.L. Self-organized criticality // Reports on Progress in Physics. 1999. Vol. 62. № 10. Pp. 1377–1377.
5. Turcotte D.L., Rundle J.B. Self-organized complexity in the physical, biological, and social sciences // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2002. Vol. 99. № 1. Pp. 2463–2465.
6. Brunk G.G. Self-Organized Criticality: A New Theory of Political Behaviour and Some of Its Implications // British Journal of Political Science. 2001. Vol. 31. № 2. P. 427–445.
7. Brunk G.G. Why Are So Many Important Events Unpredictable? Self-Organized Criticality as the «Engine of History» // Japanese Journal of Political Science. 2002. Vol. 3. № 1. Pp. 25–44.
8. Brunk G.G. Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality // Journal of Theoretical Politics. 2002. Vol. 14. № 2. Pp. 195–230.
9. Малинецкий Г.Г. Чудо самоорганизованной критичности // Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013. С. 13–56.
10. Бородкин Л.И. Методология анализа неустойчивых состояний в политико-исторических процессах // Международные процессы. 2005. Т.3. № 7. С. 4–16.
11. Бородкин Л.И. «Порядок из хаоса»: концепции синергетики в методологии исторических исследований // Новая и новейшая история. 2003. № 2. С. 98–118.
12. Бородкин Л.И. Концепции синергетики в исследованиях неустойчивых исторических процессов: современные дискуссии // Информационный бюллетень ассоциации История и компьютер. 2008. № 35. С. 28–29.
13. Подлазов А.В. Новые математические модели, методы и характеристики в теории самоорганизованной критичности: дис. ... канд. ф-м. наук. Москва: Ордена Ленина Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2001. 120 с.
14. Roberts D.C., Turcotte D.L. Fractality and Self-Organized Criticality of Wars // Fractals. 1998. Vol. 6. № 4. P. 351–358.
15. Cederman L.-E. Modeling the Size of Wars: From Billiard Balls to Sandpiles // American Political Science Review. 2003. Issue 1. Pp. 135–150.
16. Biggs M. Strikes as Forest Fires: Chicago and Paris in the Late Nineteenth Century // American Journal of Sociology. 2005. Vol. 110. Issue 6. Pp. 1684–1714.
17. Picoli S., Castillo-Mussot M. del, Ribeiro H.V., Lenzi E.K., Mendes R.S. Universal bursty behaviour in human violent conflicts // Scientific Reports. 2014. Vol. 4. Pp. 1–3.
18. Shimada I., Koyama T. A theory for complex system's social change: an application of a general 'criticality' model // Interdisciplinary Description of Complex Systems. 2015. Vol. 13. Issue 3. Pp. 342–353. doi: 10.7906/indecs.13.3.1.
19. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. Application of the theory of self-organized criticality to the investigation of historical processes // Sage Open. 2016. Vol. 6. Issue 4. Pp. 1–10. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2158244016683216>.
20. Жуков Д.С., Канишев В.В., Лямин С.К. Исследование интенсивности крестьянских волнений в Европейской России во второй половине XIX в. средствами теории самоорганизованной критичности // Историческая информатика. 2017. № 1. С. 38–51. DOI: 10.7256/.2017.1.22145.
21. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. Social Movements Viewed in the Context of Self-Organized Criticality Theory // Acesso Livre. 2017. Issue 8. Pp. 75–91.
22. Жуков Д.С., Барабаш Н.С. Распространение новаций в социальных сетях: взгляд с позиции теории самоорганизованной критичности // Инноватика и экспертиза. 2017. № 3. С. 59–74.
23. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W.H. Freeman and Company, 1982. 470 p.
24. Лямин С.К. Хронология протестных событий в Армении в 2015 году // Fractal simulation. 2017. № 1. С. 15–28.

References

1. Ahromeeva T.S., Malineckij G.G., Mitin N.A., Toropygina S.A. (2013) *Sinergetika i setevaya real'nost'* [Synergetics and network reality] *Preprinty IPM im. M.V. Keldysha* [Preprint M.V. Keldysh IPM]. No. 34, pp. 1–34. Available at: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-34>.

2. Zhukov D.S., Lyamin S.K. (2017) *Revolyutsii v Seti: prilozheniye teorii samoorganizovannoy kritichnosti k izucheniyu protestnykh dvizheniy* [Revolution in the Network: Application of the Theory of Self-Organized Criticality to the Study of Protest Movements] *Istoricheskaya informatika* [Historical Informatics]. No. 4, pp. 11–43. DOI: 10.7256/2585-7797.2017.4.24559.
3. Bak P. (1996) *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*. New York: Copernicus, 212 p.
4. Turcotte D.L. (1999) Self-organized criticality. *Reports on Progress in Physics*. Vol. 62. Issue 10. Pp. 1377–1377.
5. Turcotte D.L., Rundle J.B. (2002) Self-organized complexity in the physical, biological, and social sciences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 99. Issue 1, pp. 246–2465.
6. Brunk G.G. (2001) Self-Organized Criticality: A New Theory of Political Behavior and Some of Its Implications. *British Journal of Political Science*. Vol. 31. Issue 2, pp. 427–445.
7. Brunk G.G. (2002) Why Are So Many Important Events Unpredictable? Self-Organized Criticality as the “Engine of History”. *Japanese Journal of Political Science*. Vol. 3. Issue 1, pp. 25–44.
8. Brunk G.G. (2002) Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality. *Journal of Theoretical Politics*. Vol. 14. Issue 2, pp. 195–230.
9. Malinetsky G.G. (2013) *Chudo samoorganizovannoy kritichnosti. Kak rabotaet priroda: teoriya samoorganizovannoy kritichnosti* [Miracle of self-organized criticality. How does nature work: the theory of self-organized criticality] *URSS* [URSS]. Moscow, pp. 13–56.
10. Borodkin L.I. (2005) *Metodologiya analiza neustoychivyykh sostoyaniy v politiko-istoricheskikh protsessakh* [Methodology of the analysis of unstable states in politico-historical processes] *Mezhdunarodnye protsessy* [International processes]. T. 3. No. 7, pp. 4–16.
11. Borodkin L.I. (2003) «Poryadok iz khaosa»: kontseptsii sinergetiki v metodologii istoricheskikh issledovaniy [«Order from chaos»: the concept of synergetics in the methodology of historical research] *Novaya i noveyshaya istoriya* [New and Contemporary History]. No. 2, pp. 98–118.
12. Borodkin L.I. (2008) *Kontseptsii sinergetiki v issledovaniyakh neustoychivyykh istoricheskikh protsessov: sovremennyye diskussii* [Concepts of synergetics in studies of unstable historical processes: modern discussions] *Informatsionnyy byulleten' assotsiatsii Istoriya i komp'yuter* [Information Bulletin of the Association History and Computing]. No. 35, pp. 28–29.
13. Podlazov A.V. (2001) *Novyye matematicheskiye modeli, metody i kharakteristiki v teorii samoorganizovannoy kritichnosti: dis. ... kand. f-m. nauk* [New mathematical models, methods and characteristics in the theory of self-organized criticality: Doctors theses] *Institut prikladnoy matematiki imeni M.V. Keldisha* [M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics]. Moscow, 120 p.
14. Roberts D.C., Turcotte D.L. (1998) Fractality and self-organized criticality of wars. *Fractals*. Vol. 6. Issue 4, pp. 351–358.
15. Cederman L.E. Modeling the size of wars: from billiard balls to sandpiles. *American Political Science Review*. 2003. Issue 1, pp. 135–150.
16. Biggs M. (2005) Strikes as Forest Fires: Chicago and Paris in the Late Nineteenth Century. *American Journal of Sociology*. Vol. 110. Issue 6, pp. 1684–1714.
17. Picoli S., Castillo-Mussot M. del, Ribeiro H.V., Lenzi E.K., Mendes R.S. (2014) Universal bursty behavior in human violent conflicts. *Scientific Reports*. Vol. 4, pp. 1–3.
18. Shimada I., Koyama T. (2015) A theory for the complex system's social change: an application of the general «criticality» model. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*. Vol. 13. Issue 3, pp. 342–353. DOI: 10.7906/indecs.13.3.1.
19. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. (2016) Application of the theory of self-organized criticality to the investigation of historical processes. *Sage Open*. Vol. 6. Issue 4. DOI: 10.1177/2158244016683216. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2158244016683216>.
20. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. (2017) *Issledovanie intensivnosti krest'yanskikh volneniy v Evropeyskoy Rossii vo vtoroy polovine XIX v. sredstvami teorii samoorganizovannoy kritichnosti* [Investigation of the intensity of peasant unrest in European Russia in the second half of the 19th century. Means of the theory of self-organized criticality] *Istoricheskaya informatika* [Historical Informatics]. No. 1, pp. 38–51. DOI: 10.7256/2017.1.22145.

21. Zhukov D.S., Kanishchev V.V., Lyamin S.K. (2017) Social Movements Viewed in the Context of Self-Organized Criticality Theory. *Acesso Livre*. Issue 8, pp. 75–91.

22. Zhukov D.S., Barabash N.S. (2017) *Rasprostranenie novaciy v socialnih setiah: vzglads posicii teorii samoorganizovannoy kritichnosti* [Diffusion of innovations in social networks: a view from the perspective of the theory of self-organized criticality] *Innovacii i ekspertiza* [Innovation and expertise]. No. 3, pp. 59–74.

23. Mandelbrot B.B. (1982) *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W.H. Freeman and Company, 470 p.

24. Lyamin S.K. (2017) *Khronologiya protestnykh sobytiy v Armenii v 2015 godu* [Chronology of protest events in Armenia in 2015] *Fractal simulation* [Fractal simulation]. No. 1, pp. 15–28.

ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

РЕЕСТР ЭКСПЕРТОВ КАК СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ: МОДЕЛЬ И ПАРАМЕТРЫ ВХОДЯЩЕГО ПОТОКА ЗАЯВОК

П.Б. Мельник, зам. ген. дир. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доцент,
pmelnick@extech.ru

В статье в интересах выработки подходов к решению задачи рационального построения и организации работы реестра экспертов для обеспечения высокой эффективности его функционирования при оптимальных затратах в терминах теорий: массового обслуживания, вероятности, систем и системного анализа, дано формальное описание и оценка значений параметров, характеризующих реестр экспертов как систему массового обслуживания в части, касающейся входящего потока заявок на обслуживание.

Ключевые слова: экспертно-аналитические исследования, реестр экспертов, система массового обслуживания, марковский процесс, цепь Маркова, эффективность системы массового обслуживания, входящий поток заявок.

THE EXPERT'S ROSTER AS A QUEUING SYSTEM: THE MODEL AND PARAMETERS OF THE INCOMING FLOW OF REQUESTS

P.B. Melnik, Deputy Director General SRI FRCEC, Doctor of Engineering, Docent,
pmelnick@extech.ru

In the article, in order to develop approaches to solving the problem of rational construction and organization of the expert's roster to ensure high efficiency of its operation at optimum cost in terms of theories: queuing, probability, systems and system analysis, a formal description and evaluation of the values of the parameters characterizing the register of experts as a Queuing system in terms of the incoming flow of service requests is given.

Keywords: expert and analytical research, expert's roster, queuing system, Markov process, Markov chain, queuing system efficiency, incoming flow of requests.

Введение

В силу специфики решаемых задач в части, касающейся основных функций по проведению экспертно-аналитических исследований и экспертиз (далее – ЭАИ), произвольный реестр экспертов (далее – Реестр) [6] может быть интерпретирован как *система массового обслуживания* (далее – СМО). Напомним, что к системам массового обслуживания относят системы, реализующие многократное выполнение однотипных задач [8].

Каждая СМО в зависимости от правил организации работы и своих параметров (таких как характер потока заявок, число каналов обслуживания и их производительность и пр.), обладает определенной эффективностью функционирования (пропускной способностью), выражающейся в ее возможности в той или иной степени обеспечить обслуживание входного потока заявок [4].

Целью данного цикла статей является получение формального описания и оценки значений параметров, характеризующих Реестр как одну из разновидностей сложной СМО, в

интересах выработки подходов к решению задачи рационального построения и организации работы Реестра для обеспечения высокой эффективности его функционирования при оптимальных затратах. При этом под эффективностью Реестра следует понимать его эффективность исключительно как системы по обработке входящего потока заявок. Эффективность Реестра с точки зрения качества содержимого результатов ЭАИ предметом рассмотрения не является. Кроме этого, следует отметить, что в рамках данной статьи будут рассмотрены параметры СМО в части, касающейся только входящего потока заявок на обслуживание.

1. Общие положения

Введем необходимые термины и дадим их определение на основе изложенных в [7].

Система массового обслуживания – математический (абстрактный) объект, содержащий один или несколько *каналов*, обслуживающих *заявки*, поступающие в систему, и *буфер*, в котором находятся заявки, образующие *очередь* и ожидающие обслуживания.

Заявка (требование, запрос) – объект, поступающий в СМО и требующий обслуживания каналом.

Поток заявок – совокупность распределенных во времени событий, заключающихся в появлении заявок на входе СМО.

Канал (обслуживающее устройство) – элемент СМО, функцией которого является обслуживание заявок.

Обслуживание – обработка заявки обслуживающим каналом.

Длительность обслуживания – время задержки заявки на обработку каналом.

Буфер (накопитель) – совокупность мест в очереди для ожидания заявок перед обслуживанием в целом или конкретным каналом.

Размер буфера – количество мест в очереди для ожидания обслуживания.

Очередь заявок – заявки, находящиеся в буфере и ожидающие обслуживания.

Длина очереди – количество заявок, ожидающих обслуживания в буфере.

Дисциплина буферизации – правило занесения поступающих заявок в буфер.

Дисциплина обслуживания – правило выбора заявок из очереди для обслуживания.

Приоритет – преимущественное право заявок одного класса на занесение в буфер или выбор из очереди для обслуживания каналом по отношению к заявкам других классов.

В самом общем виде СМО может быть представлена в виде схемы (рис. 1) [8].

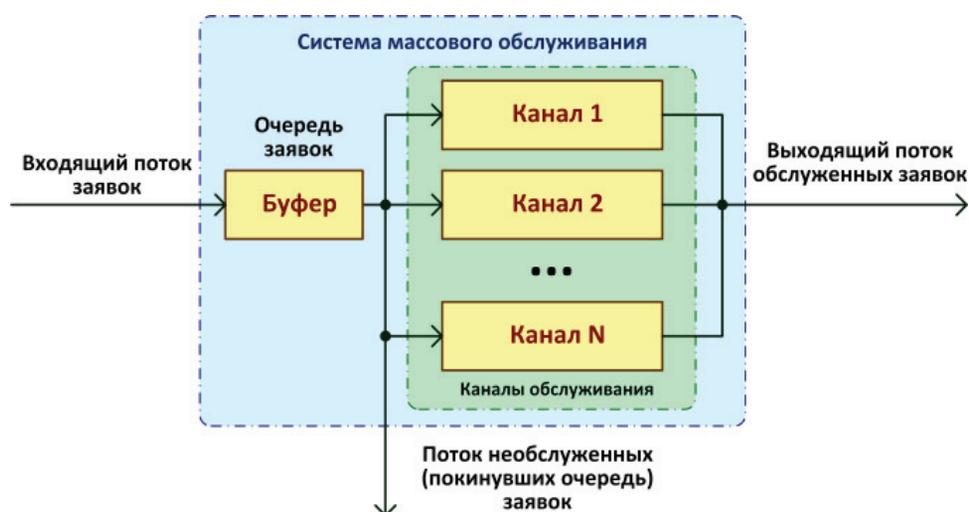


Рис. 1. Общая схема системы массового обслуживания

Из рис. 1 видно, что СМО содержит следующие основные элементы:

- заявки, образующие поток на входе СМО (входящий поток заявок);
- очередь заявок, образующаяся в буфере;
- каналы, обслуживающие заявки из входящего потока (буфера);
- выходящий поток обслуженных заявок;
- выходящий поток необслуженных (покинувших очередь) заявок.

Существующие методы расчета характеристик как самих СМО, так и процесса их функционирования, как правило, предполагают наличие ряда ограничений. Если иное не оговорено особо, то используются следующие предположения:

- заявка, поступившая на вход СМО, может находиться только в двух состояниях:
 - обслуживание (в канале);
 - ожидание обслуживания (в буфере), если все каналы заняты обслуживанием других заявок или недоступны;
- при наличии свободных каналов заявка, поступившая в систему, мгновенно попадает на обслуживание;
- канал в любой произвольный момент времени может быть занят обслуживанием только одной заявки;
- каждая находящаяся в обслуживании заявка обслуживается не более, чем одним каналом;
- после завершения обслуживания каналом какой-либо заявки очередная заявка из очереди мгновенно (т.е. без потерь времени) поступает на обслуживание (другими словами, если в очереди есть хотя бы одна заявка, то канал не простаивает);
- поступление заявок в СМО и длительности их обслуживания не зависят от того, сколько заявок уже находится в системе, или от каких-либо других факторов;
- длительность обслуживания заявок не зависит от скорости (интенсивности) поступления заявок в систему;
- заявка на выходе СМО также может находиться только в двух состояниях:
 - заявка была обслужена;
 - заявка, в силу тех или иных причин, не была обслужена.

2. Классификация СМО

СМО отличаются достаточным разнообразием и могут быть классифицированы по ряду признаков [8, 7].

По количеству каналов СМО подразделяют на *одноканальные* (когда имеется один канал обслуживания) и *многоканальные*, точнее *N-канальные* (количество каналов $N \geq 2$).

Многоканальные СМО могут состоять из *однородных*, либо из *разнородных* каналов, в зависимости от типа заявок, поступающих на обслуживание. Если заявки на входе СМО разнородны, т.е. процедуры их обслуживания различаются по приоритету, длительности или количеству необходимых этапов, то и каналы, выделяемые СМО на их обслуживание, также в свою очередь считаются разнородными.

СМО считается *однофазной*, если количество этапов обслуживания заявки $K = 1$, и все ее каналы выполняют одну и ту же операцию обслуживания. Если же обслуживание состоит из нескольких ($K \geq 2$) последовательных этапов (фаз), т.е. каналы обслуживания последовательно выполняют различные операции обслуживания, то такая СМО называется *многофазной*.

По дисциплине обслуживания СМО подразделяют на три класса.

СМО с отказами. Если заявка поступает на вход СМО в момент, когда все каналы заняты, то она получает «отказ» и покидает СМО. Чтобы эта заявка все же была обслужена, она должна снова поступить на вход СМО и будет рассматриваться при этом как новая, поступившая впервые заявка.

СМО с ожиданием (неограниченным ожиданием или очередью). Заявка, поступившая в момент занятости всех каналов, становится в очередь и ожидает освобождения канала, который рано или поздно примет ее к обслуживанию. Потерь (отказов) заявок нет.

СМО смешанного типа (с ограниченным ожиданием). На пребывание заявки в очереди накладываются различные ограничения.

Ограничение на длину очереди задает максимально возможное количество заявок, которые одновременно могут находиться в очереди.

Ограничение по времени пребывания заявки в очереди определяет интервал времени, по истечению которого заявка выходит из очереди и покидает систему.

Ограничение по времени пребывания заявки в системе может касаться суммарного времени нахождения заявки в очереди и на обслуживании. В этом случае заявка покидает систему независимо от ее состояния (нахождения).

СМО с ожиданием и смешанного типа могут различаться по схеме обслуживания заявок из очереди. Обслуживание может быть *упорядоченным*, когда заявки из очереди обслуживаются в порядке их поступления в систему, и *неупорядоченным*, при котором заявки из очереди обслуживаются в случайном порядке. Часто применяется обслуживание *с приоритетом*, когда некоторые заявки из очереди считаются приоритетными и поэтому обслуживаются в первую очередь.

По ограничению потока заявок СМО делятся на замкнутые и открытые. Если поток заявок ограничен и заявки, покинувшие систему, могут в нее возвращаться, то СМО является замкнутой, в противном случае – открытой. В открытой СМО характеристики входящего потока заявок не зависят от того, в каком состоянии находится СМО (сколько каналов занято), а в замкнутой зависят.

Следует отдельно отметить, что одним из самых важных классификационных признаков СМО являются также характеристики входящего потока заявок (такие как тип потока, его статистические параметры, закон распределения, интенсивность и пр.). Их специфика будет рассмотрена ниже.

Не менее важными представляются и аналогичные характеристики выходящего потока заявок (т.н. поток обслуживаний или восстановлений). Типы и параметры выходящих потоков будут предметом рассмотрения в последующих публикациях в рамках предлагаемого цикла статей.

3. Реестр и его место в классификации СМО

Анализ рис. 1 показывает, что Реестр действительно обладает всеми необходимыми элементами СМО. Для наглядности сопоставим соответствующие признаки обеих систем между собой в виде таблицы.

Таблица 1

№ п/п	Элемент СМО	Аналог в Реестре
1	Входящий поток заявок	Поток заявок на проведение ЭАИ
2	Очередь (буфер)	Ожидание подбора экспертов (групп, пулов)
3	Каналы обслуживания	Экспертные пулы и группы, отдельные эксперты
4	Выходящий поток обслуженных заявок	Поток отчетов, экспертных заключений
5	Поток необслуженных заявок	Поток отклоненных заявок на проведение ЭАИ

С точки зрения рассмотренных выше признаков Реестр в первом приближении можно отнести к ***многоканальным разнородным многофазным замкнутым СМО с ограниченным ожиданием и смешанными приоритетами.***

Действительно, количество каналов, которыми располагает Реестром в произвольный момент времени для обработки заявок на проведение ЭАИ, практически всегда больше единицы, за исключением крайне редких случаев. Более того, Реестр изначально разрабатывал-

ся именно как многоканальная система параллельной обработки потока однотипных (т.е. по одному шаблону или экспертной карте) запросов на проведение ЭАИ.

Однако, «однотипных» в данном случае вовсе не означает – «однородных» в терминах СМО, поскольку даже однотипные по шаблону ЭАИ могут выполняться (обслуживаться) за различные промежутки времени.

Из самых общих соображений понятно, что *время обслуживания* каналом заявок одного типа – $T_{(об.)}$ является непрерывной случайной величиной (обычно заключенной в некотором интервале $T_{(об. min)} \leq T_{(об.)} \leq T_{(об. max)}$). Однако, в предельном случае, при условии абсолютной однородности поступающих заявок и каналов, время обслуживания может рассматриваться как постоянная величина ($T_{(об.)} = const$).

При этом, как уже было указано ранее, полагается, что каждый канал одновременно может обслуживать не более одной заявки, а также (если это не оговорено специально) – каждая находящаяся в обслуживании заявка обслуживается не более, чем одним каналом.

Однако, шаблоны заявок в общем случае могут предусматривать различное количество этапов или фаз обслуживания (выполнения ЭАИ), что позволяет говорить о Реестре, как о *многофазной* СМО.

Примером такого типа заявок может послужить запрос на выполнение сложного ЭАИ (экспертизы), подразумевающего на первом этапе подготовку предварительных материалов (экспертных заключений) группой экспертов из состава Реестра, а на втором – формирование окончательного отчета о проведенном ЭАИ (итогового обобщенного экспертного заключения) специально отобранными для этих целей экспертами-аналитиками.

В случае экспертизы таких сложных проектов, требующих одновременного участия нескольких специалистов одной или разных специальностей, в интересах использования единого методического подхода целесообразно выполнить декомпозицию сложного проекта на отдельные задачи, каждая из которых будет обслуживаться только одним каналом (экспертом). Таким образом, можно уйти от многофазной модели СМО к однофазной за счет увеличения количества каналов обслуживания и разделения между ними сложной заявки, что позволяет существенно упростить модель СМО и расчеты ее характеристик и эффективности в целом.

В связи с этим введем дополнительные понятия. Назовем *субпоток* отдельный входящий поток заявок, как правило, связанный с определенным источником и обладающий параметрами (характеристиками), существенно отличающимися от других потоков заявок на входе произвольной СМО. Под *пулом каналов* будем понимать совокупность каналов, выделяемых для обслуживания отдельного потока (субпотока) заявок, а под *группой каналов* – совокупность каналов, выделяемых для обслуживания конкретной сложной заявки после ее декомпозиции.

Сложность Реестра как СМО определяется еще и тем фактом, что сами каналы на обслуживание заявок могут формироваться и выделяться динамически, то есть в процессе функционирования Реестра может меняться не только их количество, но и качественные характеристики (количество фаз в канале, время обслуживания заявки каналом и пр.).

4. Модели потока заявок на входе Реестра

Входящий поток заявок представляет собой *поток событий*, под которым, в теории массового обслуживания [8] понимается последовательность событий, наступающих (следующих) одно за другим в некоторые произвольные (детерминированные и/или случайные) моменты времени.

Исходя из самых общих предположений, поток заявок на проведение ЭАИ на входе Реестра будет представлять собой суперпозицию нескольких образующих его случайных потоков (субпотоков), обладающих, как правило, различными статистическими характеристиками и разным временем своего существования. Таким образом, в рамках произвольного периода наблюдения (временного интервала) на вход Реестра могут одновременно поступать заявки из различных субпотоков.

Специфика задач, решаемых Реестром, позволяет полагать, что отдельный субпоток на его входе может быть отнесен к одному из основных типов, рассмотренных ниже. В качестве примеров приведем соответствующие потоки заявок на входе Федерального реестра экспертов научно-технической сферы (далее – ФРЭ). При этом за стандартный период наблюдения

$$T_H = [t_{\text{нпн}}, t_{\text{опн}}],$$

где $t_{\text{нпн}}$ – начало периода наблюдения, а $t_{\text{опн}}$ – окончание периода наблюдения, целесообразно принять один год (365 суток), так как этот интервал хорошо соотносится с отчетным периодом по государственному заданию (рис. 2).

I. Стационарный пуассоновский (простейший) поток неоднородных событий

Поток заявок на экспертизу, направляемых Минобрнауки России по письмам граждан и официальным запросам организаций или органов государственной власти, представляет собой непрерывный на интервале наблюдения простейший (стационарный пуассоновский) неоднородный поток с известными на основании располагаемой статистики характеристиками.

Неоднородность такого потока очевидна в силу совершенно различных по количеству, качеству и глубине вопросов, на которые эксперту необходимо дать ответы при подготовке экспертных заключений, а также различному времени подготовки этих заключений. Интенсивность такого потока является постоянной величиной на всем интервале наблюдения (рис. 2, график $\lambda_1(t)$).

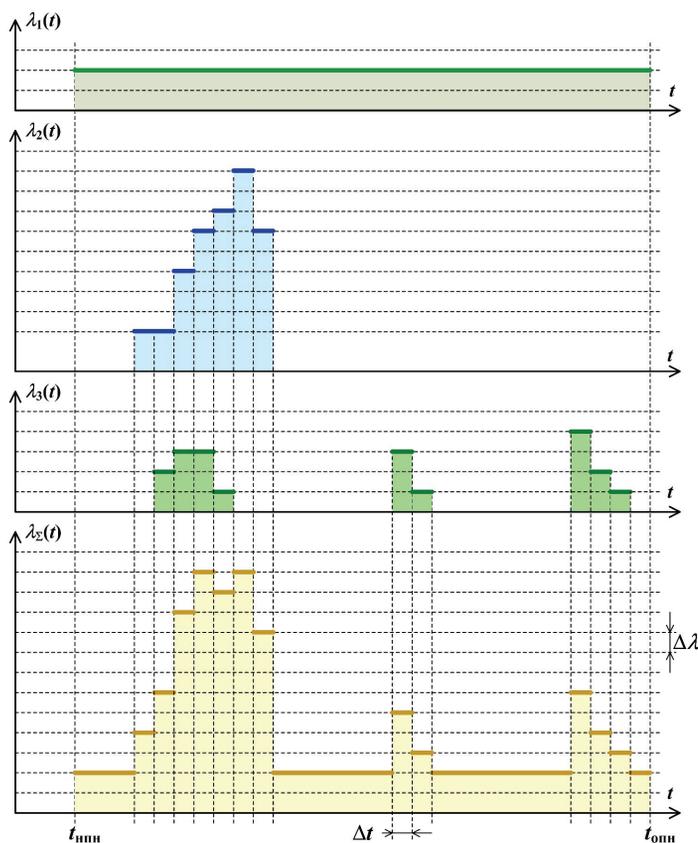


Рис. 2. Типовые потоки заявок на входе Реестра

II. Нестационарный пуассоновский поток

Поток такого типа является ординарным потоком без последствия, для которого в любой момент времени t существует конечный параметр $\lambda(t)$, зависящий от момента t .

Если функция $\lambda(t)$ заранее известна, и ее значение зависит только от времени t , то говорят о потоке с переменным детерминированным параметром, а при распределении функции $\lambda(t)$ по случайному закону – о потоке со случайным параметром.

Нестационарный пуассоновский поток задается вероятностью $P_i(t_0, \tau)$ поступления i вызовов за промежуток $(t_0, t_0 + \tau)$:

$$P_i(t_0, \tau) = \frac{[\lambda(t_0, \tau)]^i}{i!} e^{-\lambda(t_0, \tau)}, \quad (1)$$

Параметр $\lambda(t_0, \tau)$ представляет собой математическое ожидание числа вызовов в промежутке $(t_0, t_0 + \tau)$, а средняя интенсивность потока в этом промежутке равна $\lambda(t_0, \tau)/\tau$.

В общем случае, когда интенсивность нестационарного потока может принимать произвольные случайные значения, говорят о *дважды стохастическом пуассоновском потоке* (далее – ДСПП). На практике параметры входящего потока событий могут быть неизвестны, известны частично, либо меняться во времени по известному или случайному закону, что приводит в последнем случае к необходимости рассмотрения именно ДСПП [2].

ДСПП делятся на два основных класса:

- потоки, интенсивность которых является непрерывным случайным процессом;
- потоки, интенсивность которых есть кусочно-постоянный случайный процесс с конечным числом дискретных состояний.

Потоки второго класса называют «цепями Маркова» или МС-потоками (МС – Markov chain). В таких системах переход из одного дискретного состояния в другое происходит скачком в детерминированные или случайные моменты времени. Моменты скачкообразного изменения интенсивности входного потока (состояния системы) могут иметь различную степень связи с моментами наступления событий (поступления заявок и пр.):

1) *синхронные потоки событий* – потоки, изменение интенсивности которых происходит в случайные моменты времени, являющиеся моментами наступления событий;

2) *асинхронные потоки событий* – потоки, изменение интенсивности которых происходит в случайные моменты времени, не зависящие от моментов наступления событий;

3) *полусинхронные потоки событий* – потоки, у которых для одного множества состояний справедливо определение первого типа, а для остальных состояний справедливо определение второго типа.

Если изменение интенсивности потока событий (смена дискретного состояния) возможно в произвольный случайный момент времени (шкала времени непрерывна), то такой процесс называется *процессом с непрерывным временем* [5].

Если же изменение интенсивности потока событий (смена дискретного состояния) может происходить в случайные, но дискретные моменты (дискретная шкала времени), то процесс является *процессом с дискретным временем*. В пределах интервала дискретности Δt интенсивность потока заявок постоянна (состояние не меняется), а ее изменение может происходить только в случайные моменты времени, кратные Δt .

Суммируя вышесказанное, можно заключить, что входящий поток заявок II-го типа можно рассматривать как *марковский случайный асинхронный процесс с дискретными состояниями и дискретным временем*. Интенсивность такого потока аппроксимируется кусочно-постоянной функцией с интервалом дискретизации $\Delta \lambda$ и моментами смены состояний, кратными Δt . (рис. 2, график $\lambda_2(t)$).

К рассмотренному типу потоков можно отнести поток заявок на гранты Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по

государственной поддержке ведущих научных школ. Заявки поступают на экспертизу по формальным признакам в течение некоторого фиксированного периода времени, причем как правило с нарастанием интенсивности потока заявок по мере приближения к окончанию этого периода.

Продолжая рассмотрение ФРЭ в качестве примера Реестра, целесообразно ввести допущение, которое позволит упростить расчеты параметров входящего потока, а также последующее моделирование СМО. Примем интервал дискретности шкалы времени Δt , равный одним суткам (24 часа), а возможными моментами изменения интенсивности (дискретного состояния) – время 12.00 каждых суток.

III. Пуассоновский поток групповых заявок (обобщенный пуассоновский процесс)

Поток такого типа представляет собой неординарный пуассоновский поток, то есть стационарный поток, в котором вероятность поступления вызывающих моментов в промежутке t определяется распределением Пуассона, а в каждый вызывающий момент с вероятностью p_l поступает группа из $l = \overline{1, L}$ одинаковых заявок [1], где l – случайная в общем случае величина, называемая *характеристикой неординарности потока* (рис. 3, график $l(t)$).

Общий параметр неординарного потока Пуассона рассчитывается по формуле

$$\lambda = \sum_{l=1}^L \lambda p_l \sum_{l=1}^L a_l, \quad (2)$$

где $a_l = \lambda p_l$ – параметр потока для групп размером l заявок, который можно трактовать, как интенсивность поступления вызывающих моментов с l заявок в каждом.

Интенсивность неординарного пуассоновского потока определяется выражением

$$\mu = \sum_{l=1}^L l \lambda p_l = \sum_{l=1}^L l a_l = \lambda M(l), \quad (3)$$

где $M(l) = \sum_{l=1}^L l p_l$ – математическое ожидание количества заявок в группе.

Мгновенная интенсивность потока (в отличие от параметра λ) относится не к отрезку времени поступления вызовов, а к вызывающему моменту.

Примерами потока такого типа могут послужить потоки групповых заявок, предварительно отобранных по формальным признакам и допущенных для проведения экспертизы «посуществу», в рамках Федеральных целевых программ «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» или «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу». Отобранные заявки в случайные (в рамках некоторого интервала) моменты времени все вместе, одновременно поступают для проведения экспертизы. Количество заявок в группе (размер группы) также является случайной величиной, заключенной в некотором интервале.

Однако, следует оговориться, что после своего поступления на вход ФРЭ группа заявок распределяется между соответствующим ее размеру количеством каналов обслуживания (экспертами). Эта процедура не является мгновенной (в силу в том числе и человеческого фактора) и занимает некоторое время.

То есть на самом деле моменты поступления заявок из группы на обработку каналами будут распределены на некотором интервале времени τ , длительность которого очевидно будет зависеть от размера группы и наличия свободных каналов. Интенсивность нового, уже ординарного потока заявок в рамках интервала τ может также быть аппроксимирована ку-

сочно-постоянной функцией с интервалом дискретизации $\Delta\lambda$ и моментами смены состояний, кратными Δt (рис. 3, график $\lambda_3(t)$).

Такое допущение позволяет избежать необходимости расчета параметров неординарного исходного потока и считать, что на выходе буфера в этом случае будет также присутствовать поток II-го типа, то есть пуассоновский поток заявок с кусочно-постоянной интенсивностью (рис. 2, график $\lambda_3(t)$).

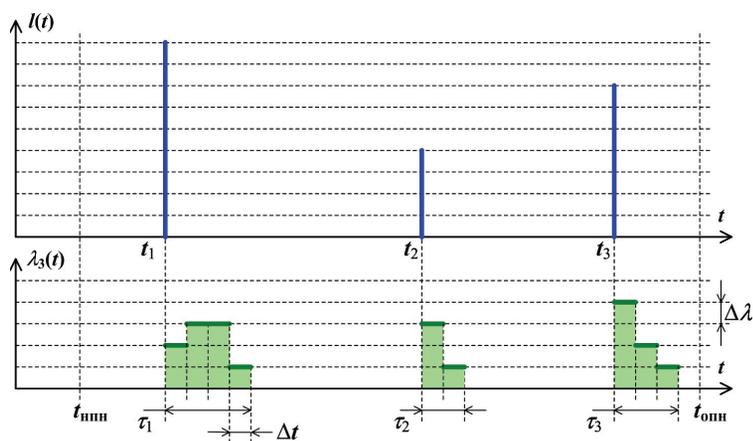


Рис. 3. Пуассоновский поток групповых заявок

IV. Суммарный поток

Над случайными процессами могут выполняться различные преобразования или операции, например, наложение (суммирование) двух и большего числа процессов, разделение (разрежение) по определенному закону и др. В этом отношении процесс Пуассона обладает замечательным свойством устойчивости (инвариантности) по отношению к ряду преобразований, то есть после таких преобразований процесс по-прежнему остается пуассоновским [9]. Более того, при определенных условиях он правильно описывает асимптотическое поведение многих других процессов. Данное утверждение правомерно в том числе и для нестационарных потоков Пуассона [3].

Объединение (сумма, суперпозиция) n независимых пуассоновских потоков с параметрами $\lambda_1(t), \lambda_2(t), \dots, \lambda_n(t)$ образует также пуассоновский поток с параметром

$$\lambda_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t). \quad (4)$$

Вероятность поступления i вызовов за время t для объединенного потока будет определяться выражением

$$P_i(t) = \frac{[\lambda_{\Sigma}(t) \cdot t]^i}{i!} e^{-\lambda_{\Sigma}(t)t}. \quad (5)$$

Таким образом в нашем случае суммарный поток заявок на входе Реестра можно рассматривать как **марковский случайный асинхронный процесс с дискретными состояниями и дискретным временем**, поскольку поток такого типа с учетом введенных допущений является обобщающим для всех рассмотренных выше типов потоков (рис. 3, график $\lambda_{\Sigma}(t)$).

5. Параметры потока заявок на входе Реестра

Для описания марковского случайного процесса с дискретными состояниями и дискретным временем необходима определенная совокупность параметров [10]:

- перечень состояний, в которых может находиться случайный процесс;
- дискретные моменты времени, в которые возможны изменения состояния случайного процесса;
- матрица условных вероятностей перехода случайного процесса между состояниями;
- векторы безусловных вероятностей состояний и начальных состояний случайного процесса.

Применительно к решаемой задаче, как было показано выше, рассматриваемый входящий поток событий можно представить как кусочно-постоянный случайный процесс $\lambda(t)$ с n возможными состояниями: $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ($\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n > 0$), где $\lambda(t)$ – интенсивность случайного потока. Считается, что момент времени t поток находится в i -м состоянии, если $\lambda(t) = \lambda_i$, ($i = \overline{1, n}$), причем изменения состояния потока возможны только в дискретные моменты времени с конечным шагом Δt : $t = k\Delta t$, ($k \in \mathbb{N}$, $t_0 = 0$). Эти моменты времени также называют «шагами» или «этапами» процесса.

Обозначим через $\lambda_i^{(k)}$ событие, состоящее в том, что после k шагов случайный процесс находится в состоянии λ_i . При любом $k \in \mathbb{N}$ события $[\lambda_i^{(k)}]$, ($i = \overline{1, n}$) образуют полную группу и несовместны. Напомним, что для каждого шага марковской цепи вероятность перехода из произвольного состояния $\lambda_i^{(k)}$ в произвольное состояние $\lambda_j^{(k)}$ не зависит от того, когда и каким образом процесс пришел в состояние $\lambda_i^{(k)}$.

Для каждого шага $k \in \mathbb{N}$ (т.е. момента времени $t = k\Delta t$) существуют определенные вероятности перехода процесса за один шаг из текущего состояния в любое другое.

Некоторые из этих вероятностей могут быть равны нулю, если непосредственный переход за один шаг невозможен. Кроме того, существует вероятность задержки процесса в текущем состоянии. Переходные вероятности $p_{ij}^{(k)}$ можно записать как условные вероятности сложных событий

$$p_{ij}^{(k)} = P(\lambda_j^{(k)} | \lambda_i^{(k-1)}), (i, j = \overline{1, n}), \quad (6)$$

то есть вероятность того, что процесс на k -м шаге в момент времени $k\Delta t$ перейдет в состояние λ_j при условии, что в момент $(k-1)\Delta t$ он находился в состоянии λ_i .

Совокупность переходных вероятностей $p_{ij}^{(k)}$ образует стохастическую квадратную матрицу условных вероятностей перехода случайного процесса между состояниями

$$P_{\Pi}^{(k)} = \|p_{ij}^{(k)}\|, (i, j = \overline{1, n}), k \in \mathbb{N}, \quad (7)$$

причем

$$0 \leq p_{ij}^{(k)} \leq 1, \sum_{j=1}^n p_{ij}^{(k)} = 1, (i, j = \overline{1, n}), k \in \mathbb{N}.$$

Если вероятности перехода не зависят от времени (номера шага), то марковская цепь называется *однородной*, иначе – *неоднородной*.

В силу отсутствия особых оснований, будем полагать, что рассматриваемый входящий поток может быть аппроксимирован с помощью однородной марковской цепи. В этом случае матрица условных вероятностей перехода примет вид

$$P_{\Pi} = \|p_{ij}\|, (i, j = \overline{1, n}). \quad (8)$$

Для нахождения вектора безусловных вероятностей состояний случайного процесса $P^{(k)} = [p_i^{(k)}]$, $i = \overline{1, n}$ предварительно должен быть задан вектор безусловных вероятностей начальных состояний $P^{(0)}$.

Безусловные вероятности состояний комплекса $p_i^{(k)}$ после k -го шага могут быть определены по формуле полной вероятности, описываемой рекуррентным соотношением

$$p_j^{(k)} = \sum_{i=1}^n p_i^{(k-1)} p_{ij}, (j = \overline{1, n}), \quad (9)$$

где $p_i^{(k-1)}$ – безусловные вероятности состояний процесса после $(k-1)$ -го шага, выступающие в роли вероятностей гипотез.

В соответствии с формулой (9) вектор безусловных вероятностей состояний потока после k -го шага будет определяться выражением

$$[P^{(k)}]^\tau = [P^{(k-1)}]^\tau P_{\Pi}. \quad (10)$$

Тогда в переводе к начальным условиям вектор состояний процесса на k -м шаге можно определить из матричного уравнения

$$[P^{(k)}]^\tau = [P^{(0)}]^\tau (P_{\Pi})^k. \quad (11)$$

Вектор состояний является одной из основных характеристик марковского случайного процесса, на основе которого, могут быть рассчитаны представляющие интерес характеристики реальных СМО.

Выводы

Таким образом, на основании изложенного можно сделать ряд важных выводов.

1. Реестр экспертов можно рассматривать как многоканальную разнородную многофазную замкнутую СМО с ограниченным ожиданием и смешанными приоритетами.
2. Поток заявок на входе Реестра представляет собой однородный марковский случайный асинхронный процесс с дискретными состояниями и дискретным временем (марковскую цепь).
3. Параметры потока заявок на входе Реестра могут быть рассчитаны с использованием известного математического аппарата.

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполненной ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по заданию № 2.12620.2018/12.1 Министерства образования и науки РФ на выполнение работ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Абилов А.В. Теория телетрафика. Курс лекций [Электронный ресурс] // Ижевский государственный технический университет [Официальный сайт]. Available at: <http://old.istu.ru/files/material-static/1755/tt-lect-02.pdf> (дата обращения: 10.03.2018).
2. Горцев А.М., Нежелская Л.А. О связи МС-потоков и МАР-потоков событий, Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика, № 1(14), 2011, С. 13–21.
3. Григелионис Б.И. О сходимости сумм ступенчатых случайных процессов к пуассоновскому // Теория вероятностей и ее применения. 1963. Т. 8, № 2. С. 189–194.
4. Коваленко И.Р. Теория массового обслуживания. Итоги науки. Сер. Теория вероятностей. 1963, ВИНТИ, М., 1965, С. 73–125.

5. Ласуков В.В. Лекции по математической статистике: учебное пособие / Томский политехнический университет. Томск: Изд-во ТПУ, 2004, 104 с.
6. Мельник П.Б. Математическая постановка задачи формирования реестра экспертов // Инноватика и экспертиза. Научные труды ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. № 2 (13), 2014. С. 69–81.
7. Петухин В.А. Компьютерное моделирование. Курс лекций [Электронный ресурс]. Available at: <https://ek-ek.jimdo.com/петухин/моделирование> (дата обращения: 13.02.2018).
8. Саакян Г.Р. Теория массового обслуживания. Лекции для студентов экономических специальностей очной, заочной и дистанционной форм обучения. Шахты, Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса (ЮРГУЭС). 2006.
9. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. М. Советское радио, 1977, 557 с.
10. Ярлыков М.С., Богачев А.С., Миронов М.А. Боевое применение и эффективность авиационных комплексов / Под ред. М.С. Ярлыкова. М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1990.

References

1. Abilov A.V. *Teoriya teletrafika* [Teletraffic theory] *Kurs lektsiy* [Lecture course] *Kalashnikov Izhevsk State Technical University* [Official website]. Electronic resource. Available at: <http://old.istu.ru/files/material-static/1755/tt-lezct-02.pdf> (date of circulation: 03/10/2018).
2. Gorcev A.M., Nezhelskaya L.A. (2011) *O svyazi MS-potokov i MAR-potokov sobytiy, Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [On the connection of MC-flows and MAP-flows of events, Bulletin of Tomsk State University] *Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Management, Computer Science and Informatics]. No. 1(14), pp. 13–21.
3. Grigelionis B.I. (1963) *O skhodimosti summ stupenchatykh sluchaynykh protsessov k puassonovskomu* [On the convergence of sums of stepwise random processes to a Poisson one] *Teoriya veroyatnostey i ee primeneniya* [Theory of Probability and its Applications]. Vol. 8, No. 2. pp. 189–194.
4. Kovalenko I.R. (1963) *Teoriya massovogo obsluzhivaniya* [Queuing theory] *Itogi nauki. Ser. Teoriya veroyatnostey. VINITI* [The results of science. Ser. Probability theory. VINITI]. Moscow, 1965, pp. 73–125.
5. Lasukov V.V. (2004) *Lektsii po matematicheskoy statistike: uchebnoe posobie* [Lectures on mathematical statistics: a textbook] *Tomskiy politekhnicheskii universitet: Izd-vo TPU* [Tomsk Polytechnic University. Publishing house TPU]. Tomsk. 104 p.
6. Melnik P.B. (2014) *Matematicheskaya postanovka zadachi formirovaniya reestra ekspertov* [Mathematical Statement of the Problem of Forming the Roster of Experts] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and Expert Examination. Scientific works of the SRI FRCEC]. Moscow. No. 2(13), pp. 69–81.
7. Petukhin V.A. *Komp'yuternoe modelirovanie* [Computer modeling] *Kurs lektsiy* [Lecture course]. Electronic resource. Available at: <https://ek-ek.jimdo.com/петухин/моделирование> (date of circulation: 13.02.2018).
8. Sahakyan G.R. (2006) *Teoriya massovogo obsluzhivaniya* [Queuing theory] *Lektsii dlya studentov ekonomicheskikh spetsial'nostey ochnoy, zaочноy i distantsionnoy form obucheniya* [Lectures for students of economic specialties in full-time, correspondence and distance learning] *Yuzhno-Rossiyskiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki i servisa (YuRGUES)* [South-Russian State University of Economics and Service (SSSU)]. Shakhty.
9. Tikhonov V.I., Mironov M.A. (1977) *Markovskie protsessy* [Markov processes] *Sovetskoe radio* [Soviet radio]. Moscow, p. 557.
10. Yarlykov M.S., Bogachev A.S., Mironov M.A. (1990) *Boevoe primeneniye i effektivnost' aviatsionnykh kompleksov. Pod red. M.S. Yarlykova* [Combat application and efficiency of aviation systems and complexes. Ed. M.S. Yarlykova] *VVIA im. prof. N.E. Zhukovskogo* [Military-air Engineering Academy named after Professor N.E. Zhukovsky]. Moscow.

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОГО И ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЭКСПЕРТАМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО РЕЕСТРА ЭКСПЕРТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

Н.А. Дивуева, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *tus@extech.ru*

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 проведен анализ организационно-методического и экспертно-аналитического обеспечения решения различных задач научно-технологического развития при участии экспертного сообщества, формируемого на базе Федерального реестра экспертов научно-технической сферы.

Ключевые слова: Федеральный реестр экспертов научно-технической сферы, экспертное сообщество, методическое обеспечение, экспертно-аналитические исследования, приоритетные направления развития науки, технологий и техники, экспертно-аналитические исследования, научно-технологический комплекс.

ANALYSIS OF ORGANIZATIONAL-METHODICAL AND EXPERT-ANALYTICAL SUPPORT OF DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL COMPLEX BY EXPERTS OF FEDERAL ROSTER OF EXPERTS OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL SPHERE

N.A. Divueva, Chief of Department, SRI FRCEC, *tus@extech.ru*

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 analyzes the organizational-methodical and expert-analytical support of solving various problems of scientific and technological development with the participation of the expert community, formed on the basis of the Federal roster of experts of scientific and technical sphere.

Keywords: Federal Roster of Experts of scientific and technical sphere, expert community, methodological support, expert-analytical researches, priority directions of development of science, technology and technics, scientific-technological complex.

Эффективная реализация государственной научно-технической политики — одна из ключевых задач, поставленных Президентом Российской Федерации. В «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» отмечено, что формирование эффективной современной системы управления в области науки, технологий и инноваций, обеспечение повышения инвестиционной привлекательности сферы исследований и разработок достигаются, в том числе, путем:

- развития системы научно-технологического прогнозирования;
- анализа мировых тенденций развития науки;
- повышения качества экспертизы для принятия эффективных решений в области научного, научно-технологического и социально-экономического развития, государственного управления, рационального использования всех видов ресурсов [1].

Возрастание роли экспертно-аналитического обеспечения функций Министерства образования и науки Российской Федерации по выработке государственной политики в научно-технической сфере и развитию сектора исследований и разработок научно-технологического комплекса Российской Федерации определяет актуальность проведения исследований по совершенствованию организационно-методического обеспечения и развитию информационной системы Федерального реестра экспертов научно-технической сферы (далее – Реестр).

Выработка и реализация государственной политики в научно-технической сфере проводится по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации [2], приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации [1], с учетом основных трендов мирового развития и результатов прогнозирования. Обеспечение качественной экспертной поддержки процессов управления научной и инновационной деятельностью невозможно без привлечения заинтересованной широкой научной и технической общественности, эффективного организационного, методического и информационного обеспечения экспертно-аналитической деятельности в области исследований и разработок.

Системообразующим элементом экспертно-аналитической поддержки деятельности Минобрнауки России по управлению в области науки, образования, технологий и инноваций является Реестр, включающий:

- экспертное сообщество научно-технической сферы в составе более 4200 аккредитованных высококвалифицированных ученых и специалистов по всем приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации;
- информационную систему Реестра (далее – ИС ФРЭ), содержащую сведения об экспертах, направлениях и результатах их экспертно-аналитической деятельности в соответствии с принятыми научно-техническими классификаторами;
- программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий привлечение экспертного сообщества к экспертно-аналитической деятельности в режиме удаленного доступа.

Реестр представляет собой развитую информационно-техническую систему, обеспечивающую решение организационных и экспертно-аналитических задач, в том числе:

- регистрацию экспертов в Реестре и их идентификацию по научной специализации, областям научных интересов и экспертно-аналитической деятельности в соответствии с принятыми классификаторами научно-технической информации и деятельности;
- аккредитацию экспертов, то есть подтверждение уровня их компетентности, дающего право на привлечение эксперта к экспертно-аналитической деятельности в рамках Реестра;
- формирование экспертных групп для участия в проведении конкретных экспертно-аналитических исследований;
- организацию и проведение экспертно-аналитических исследований (экспертиз) в интересах Минобрнауки России, других федеральных органов исполнительной власти и заинтересованных организаций;
- ведение статистики, анализ, контроль и оценку результатов экспертно-аналитической деятельности экспертов Реестра.

В соответствии с задачами, поставленными Президентом Российской Федерации, в 2017 г. были продолжены работы по актуализации организационно-методического обеспечения и развитию информационной системы Реестра в интересах экспертно-аналитического обеспечения функций Минобрнауки России по выработке государственной политики в области образования, науки и развития сектора исследований и разработок научно-технологического комплекса Российской Федерации. Анализ накопленного опыта представляет определенный интерес для совершенствования систем экспертно-аналитического обеспечения деятельности заинтересованных федеральных и территориальных органов управления и научно-производственных организаций.

Одним из направлений поддержания оптимальной структуры Реестра для решения экспертно-аналитических задач является актуализация его качественного и количественного состава.

В течение 2017 г. был реализован комплекс взаимосвязанных мероприятий по организационному сопровождению Реестра. По результатам анализа научно-технической и экспертной деятельности переаккредитованы на трехлетний период 1366 экспертов Реестра; 113 экспертов исключены из его состава; аккредитованы в качестве экспертов Реестра 127 кандидатов, зарегистрировавшихся в ИС ФРЭ.

С учетом проведенных организационных мероприятий структура экспертного сообщества научно-технической сферы, сформированная к 2017 г., представлена на рис. 1.

Наиболее представительными в Реестре являются тематические направления: «Новые материалы и нанотехнологии», «Рациональное природопользование», «Междисциплинарные исследования социально-экономической и гуманитарной направленности» и «Информационно-телекоммуникационные системы». Сформированное распределение количественного состава Реестра по тематическим областям соответствует объему экспертно-аналитических задач, поставленных Президентом Российской Федерации в рамках приоритетов научно-технологического развития [1].

Претерпел соответствующие изменения и качественный состав Реестра. В 2017 г. в его состав вошли 64 эксперта, имеющие ученую степень доктора наук, 53 эксперта со степенью кандидата наук, среди которых 2 академика РАН, 5 членов-корреспондентов РАН и 31 профессор. Большая часть вновь аккредитованных экспертов имеют высокие показатели публикационной активности, значения индекса Хирша, равные 7 и более.

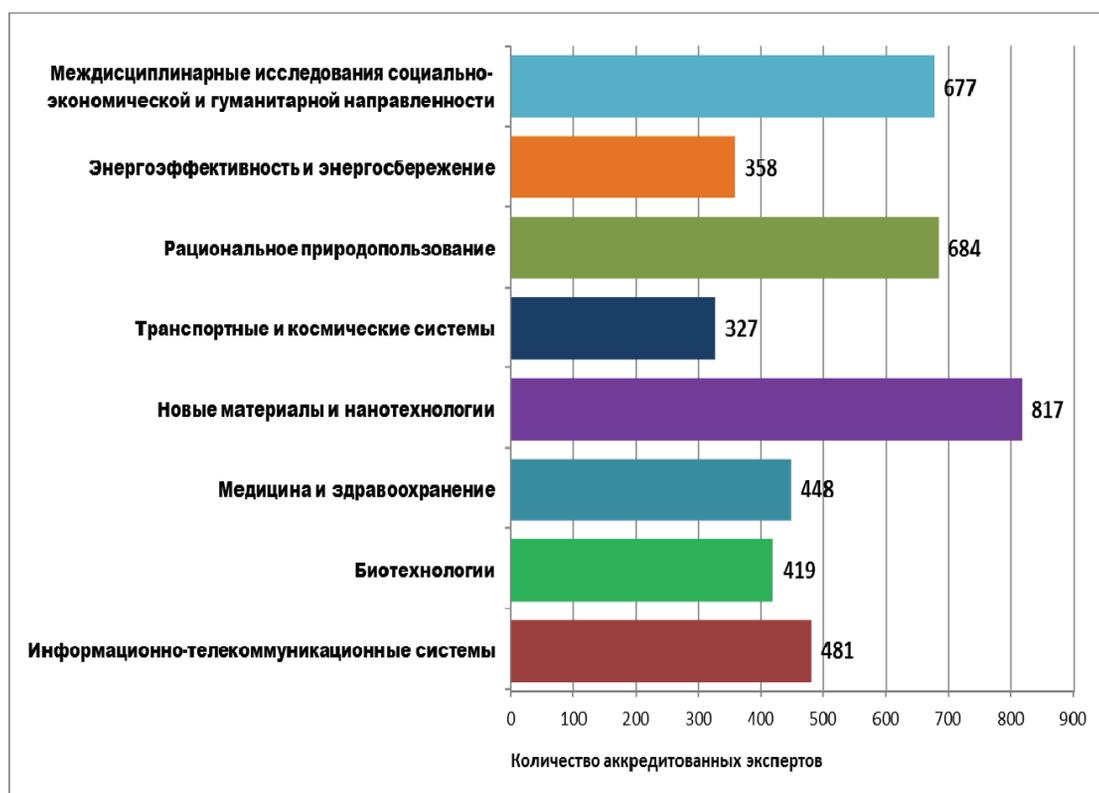


Рис. 1. Распределение аккредитованных в Реестре экспертов по тематическим областям

К 2017 г. в составе Реестра аккредитовано 3379 докторов наук, 777 кандидатов наук, в том числе 1792 профессора, 120 академиков РАН, 185 членов-корреспондентов РАН. Таким образом, качественный состав ученых и специалистов Реестра демонстрирует высокий профессиональный уровень сформированного сообщества экспертов научно-технической сферы.

Обеспечено представительство в Реестре ученых и специалистов из всех регионов Российской Федерации, а также зарубежных ученых. В 2017 г. наиболее представительными регионами по числу аккредитованных ученых и специалистов являются Москва, Санкт-Петербург, Московская, Калужская, Новосибирская области. Состав экспертного сообщества научно-технической сферы пополнился представителями Воронежской, Кемеровской, Костромской, Нижегородской, Омской, Оренбургской, Ростовской, Смоленской, Тамбовской областей, Краснодарского, Пермского, Приморского, Ставропольского, Хабаровского краев, республик Башкортостан, Бурятия, Коми, Марий Эл, Саха (Якутия), Татарстан. Распределение экспертов Реестра по регионам представлено на рис. 2.

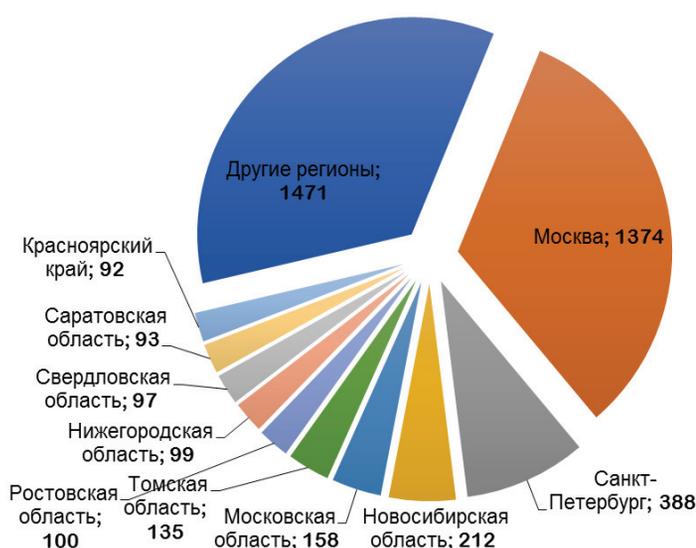


Рис. 2. Распределение всех аккредитованных в Реестре экспертов по регионам Российской Федерации

Методическое обеспечение взаимодействия с экспертным сообществом научно-технической сферы совершенствовалось в интересах решения новых экспертно-аналитических задач, поставленных заказчиками (рис. 3).

В 2017 г. разработаны методические рекомендации, обеспечившие подбор, привлечение и работу экспертного сообщества научно-технической сферы при выполнении новых для Реестра направлений экспертно-аналитических исследований, в том числе:

- оценка конкурсных заявок на участие в отборе на предоставление субсидий в целях реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» (далее – ФЦПИР) в рамках программных мероприятий 1.3 и 1.4 по критерию «Оценка научного (научно-технического) задела, используемого для реализации проекта» [3];

- оценка конкурсных заявок и отчетных документов по мероприятию 2.5 Федеральной целевой программы «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» (далее – ФЦП «Фарма») [4];

– разработка аналитических документов с предложениями по научно-техническим проектам в рамках утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (далее – Стратегия) [1];

– оценка заявок на участие в конкурсном отборе на предоставление грантов на государственную поддержку центров национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций;

– экспертное обеспечение конкурса по отбору экспонатов специальной экспозиции «Инновационный клуб» на Международном военно-техническом форуме «Армия-2017»;

– разработка предложений по совершенствованию научно-методического и информационно-аналитического обеспечения мониторинга и актуализации прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2035 г.



Рис. 3. Основные заказчики экспертно-аналитических исследований в 2017 г.

В основу методического подхода к подбору экспертов для оценки конкурсных заявок, отчетных материалов и разработки экспертно-аналитических материалов были положены принципы компетентности, независимости, объективности, научной обоснованности, правовой защищенности и конфиденциальности [5]. Подбор экспертов осуществлялся путем анализа актуализированных профилей экспертов-аналитиков экспертами-администраторами Реестра.

Методика проведения экспертно-аналитических исследований предусматривала следующие, общие для всех видов работ, этапы:

– изучение объекта экспертизы и подготовку к ее проведению;

– проведение экспертизы;

– формирование обобщенного экспертного заключения, включая анализ обоснованности предложений экспертов-аналитиков экспертами-организаторами Реестра и рассмотрение заключений на заседаниях научно-технического совета института.

Методические подходы к изучению объекта экспертизы и подготовке к ее проведению предусматривали следующие процедуры:

- прием от заказчиков материалов по объекту экспертизы в согласованных форматах и формирование в информационной системе Реестра массива систематизированных данных, обеспечивающего их использование экспертами в режиме удаленного доступа;
- классификация и анализ объектов экспертизы с целью обоснованного подбора квалифицированных экспертов из Реестра;
- изучение системы показателей оценки объектов экспертизы и подготовка исходных данных для разработки методических документов и уточнения экспертного пула;
- разработка методического обеспечения экспертизы, формирование методических рекомендаций, анкет и экспертных заключений, обеспечение возможности их использования и заполнения экспертами в режиме удаленного доступа;
- подбор экспертов, организация взаимодействия с ними в процессе проведения экспертно-аналитических исследований и формирования отчетных документов в режиме удаленного доступа.

Подбор экспертов при назначении заданий на проведение экспертных работ основывался на анализе направлений их деятельности, систематизированных в соответствии с классификаторами, включающими:

- приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, утвержденные Указом Президента Российской Федерации от 07.07.2011 № 899 [2];
- перечень критических технологий, утвержденный Указом Президента Российской Федерации от 07.07.2011 № 899 [2];
- перспективные направления развития науки и технологий в рамках экспертных панелей Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы, утвержденной постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 301 [6];
- классификаторы ГРНТИ и ОЭСР.

С целью оказания методической помощи эксперту и повышения качества экспертизы были разработаны шаблоны экспертного заключения с минимальным составом информации, которую эксперт должен был отразить в заключении, и способами ее поиска в материалах конкурсной заявки. Такой состав информации позволил повысить объективность оценок экспертов, сформировать массив данных для подтверждения и обоснования экспертного мнения об оцениваемом показателе.

Одна из новаций в методическом подходе к проведению экспертизы заключалась в реализации оперативного анализа экспертных оценок, которая проводилась экспертами-администраторами Реестра непосредственного в ходе экспертизы заявок. В процессе анализа контролировалось соответствие выставленных экспертом оценок по показателям оцениваемого критерия их количественной и качественной аргументации, приведенной в экспертном заключении. При необходимости эксперту предлагалось уточнить аргументацию выставленной оценки до завершения сроков проведения экспертизы.

С целью обеспечения сроков экспертизы была предусмотрена возможность привлечения одного эксперта к проведению экспертизы 3–5 заявок. Так, для оценки конкурсных заявок на участие в конкурсном отборе на предоставление субсидий в целях реализации ФЦПИР по критерию «Оценка научного (научно-технического) задела, используемого для реализации проекта» было привлечено:

- 86 экспертов для оценки 404 заявок по программному мероприятию 1.3;
- 39 экспертов для оценки 122 заявок по программному мероприятию 1.4.

Разработанное методическое обеспечение оценки конкурсных заявок и сформированный состав экспертов позволили провести оценку в соответствии с требованиями заказчика, в установленные им чрезвычайно сжатые сроки.

В рамках государственного задания по проекту «Содержательная экспертиза заявок и результатов работ по ФЦП «Фарма»» ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ была организована и проведена экспертиза заявок и научно-технических отчетов. Особенность организационно-методического обеспечения экспертизы заключалась в привлечении экспертов для работы в информационной системе Реестра и системе экспертизы Дирекции НТП.

Методическую, информационную, организационную и техническую поддержку взаимодействия экспертов с информационными системами в ходе формирования экспертных заключений и реализации договорных отношений в режиме удаленного доступа, а также мониторинг хода работ обеспечивали ответственные эксперты-администраторы Реестра. При этом эксперты-администраторы Реестра работали в тесной координации с куратором ФЦП «Фарма» из Дирекции НТП.

Следует отметить, что с целью привлечения наиболее квалифицированных специалистов для обеспечения качества экспертизы, была проведена актуализация состава Реестра в тематических областях «Биология», «Медицина и здравоохранение». В результате было аккредитовано более 40 новых экспертов, компетентных в тематике представленных на экспертизу проектов. Экспертные группы формировались, как правило, из представителей институтов РАН и ее отделений, ученых и специалистов из других научных и образовательных организаций.

В результате для проведения экспертизы по мероприятию 2.5 ФЦП «Фарма» было привлечено 25 экспертов к оценке 141 конкурсной заявки, 34 эксперта к оценке 202 отчетных документов, 16 экспертов к оценке результатов 36 проектов в 22 организациях-разработчиках.

Проведенный комплекс работ по организационно-методическому обеспечению взаимодействия с экспертами позволил провести оценку в соответствии с требованиями заказчика.

Одним из новых направлений экспертно-аналитической деятельности в 2017 г. стало привлечение экспертного сообщества научно-технической сферы в рамках экспресс-опроса для подготовки экспертных предложений по научно-техническим проектам по приоритетам научно-технологического развития, определенных в Стратегии [1]. Полученные предложения ориентированы на получение научных и научно-технических результатов и создание технологий, которые смогут стать основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг и устойчивого положения России на внешнем рынке, способности страны эффективно отвечать на «большие вызовы».

Привлечение экспертного сообщества для разработки аналитических материалов также проводилось в режиме удаленного доступа с использованием ИС ФРЭ. Была произведена рассылка писем с приглашением принять участие в экспресс-опросе. Предложения формировались путем заполнения формы, представленной на личной странице эксперта в ИС ФРЭ.

В содержание разрабатываемого экспертами аналитического документа были включены, в том числе, следующие разделы:

- название проекта;
- приоритет научно-технологического развития;
- название планируемых новых научных результатов;
- название планируемых новых технологий;
- название планируемых новых продуктов;
- предложения по исполнителю (соисполнителям).

По результатам опроса экспертами было представлено 613 предложений по научно-техническим проектам в рамках приоритетов научно-технологического развития, указанных в Стратегии:

– переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание

систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта – 202;

– переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии – 69;

– переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных) – 115;

– переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания – 74;

– противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства – 47;

– связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики – 43;

– возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук – 63.

Всего в опросе приняли участие 334 эксперта.

Экспертное мнение, полученное в ходе экспресс-опроса, позволяет сформировать и учесть взгляд экспертного сообщества научно-технической сферы при подготовке предложений по внесению необходимых изменений в программно-целевые документы федеральных и региональных органов исполнительной власти, комплексные научно-технические программы [7].

Таким образом, актуализированный состав экспертного сообщества научно-технической сферы, взаимодействие с которым реализовано с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, позволил в оперативном режиме осуществлять профессиональный подбор экспертов для проведения экспертно-аналитических исследований и научно-технической и инновационной экспертизы в приоритетных направлениях научно-технологического развития.

В свою очередь, положительный опыт формирования и привлечения экспертного сообщества научно-технической сферы в режиме удаленного доступа к проведению экспертно-аналитических исследований по вопросам управления и финансирования развития науки и технологий определяет необходимость дальнейшего развития и наращивания экспертно-аналитического потенциала Федерального реестра экспертов научно-технической сферы Минобрнауки России. При этом направления дальнейшего совершенствования организационно-методического обеспечения взаимодействия с экспертным сообществом, актуализации и повышения качественного состава Реестра будут определяться новыми конкретными задачами, поставленными заказчиками экспертно-аналитических исследований.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.12620.2018/12.1.

Список литературы

1. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 (ред. от 25.09.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 02.02.2018).
2. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: указ Президента РФ от 07.07.2011 № 899. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.01.2018).
3. О федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»: постановление Правительства РФ от 21.05.2013 № 426. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 02.02.2018).
4. О федеральной целевой программе «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу»: постановление Правительства РФ от 17.02.2011 № 91 (ред. от 09.06.2016). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 23.01.2018).
5. Мельник П.Б. Методика формирования экспертных пулов и групп для проведения экспертно-аналитических исследований // *Инноватика и экспертиза: науч. тр. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. – Вып. 1(19). 2017.*
6. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы: постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 301. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.01.2018).
7. Миронов Н.А., Дивуева Н.А. Методические вопросы практического использования Федерального реестра экспертов научно-технической сферы для научно-технологического и социально-экономического прогнозирования // *Инноватика и экспертиза: науч. тр. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 2(20), 2017.*

Reference

1. *O Strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii. Ukaz Prezidenta RF ot 01.12.2016 No. 642 (red. ot 25.09.2017)* [On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation. Decree of the President of the Russian Federation of December 1, 2016 No. 642 (as amended on September 25, 2017)]. Access from the consultative-legal system «Consultant Plus» (circulation date: 02.02.2018).
2. *Ob utverzhdenii prioritetnykh napravleniy razvitiya nauki, tekhnologiy i tekhniki v Rossiyskoy Federatsii i perechnya kriticheskikh tekhnologiy Rossiyskoy Federatsii: ukaz Prezidenta RF ot 07.07.2011 No. 899* [On the approval of priority directions for the development of science and technology in the Russian Federation and the list of critical technologies of the Russian Federation: Presidential Decree No. 899 of 07.07.2011]. Access from the consultative-legal system «Consultant Plus» (circulation date: January 20, 2013).
3. *O federal'noy tselevoy programme «Issledovaniya i razrabotki po prioritetnym napravleniyam razvitiya nauchno-tekhnologicheskogo kompleksa Rossii na 2014–2020 gody»»: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21.05.2013 No. 426* [On the federal target program «Research and development in priority areas for the development of the scientific and technological complex of Russia for 2014–2020»: Resolution of the Government of the Russian Federation No. 426 of May 21, 2013]. Access from the consultative-legal system «Consultant Plus» (circulation date: 02/02/2018).
4. *O federal'noy tselevoy programme «Razvitie farmatsevticheskoy i meditsinskoy promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda i dal'neyshuyu perspektivu»»: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 17.02.2011 No. 91 (red. ot 09.06.2016)* [On the federal target program «Development of the pharmaceutical and medical industry of the Russian Federation for the period until 2020 and beyond»: Decree of the Government of the Russian Federation No. 91 of February 17, 2011 (as amended on 09.06.2016)]. Access from the legal system «Consultant Plus» (the date of circulation: 23.01.2018).

5. Melnyk P.B. (2017) *Metodika formirovaniya ekspertnykh pulov i grupp dlya provedeniya ekspertno-analiticheskikh issledovaniy* [Methodology for the formation of expert pools and groups for conducting expert-analytical studies] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and Expert Examination: Scientific Papers SRI FRCEC]. Moscow. Issue 1(19).

6. *Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitie nauki i tekhnologii» na 2013–2020 gody: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15.04.2014 No. 301* [On approval of the state program of the Russian Federation «Development of science and technology» for 2013–2020: Resolution of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014 No. 301]. Access from the consultative-legal system «Consultant Plus» (circulation date: 01.20.2018).

7. Mironov N.A., Divueva N.A. (2017) *Metodicheskie voprosy prakticheskogo ispol'zovaniya Federal'nogo reestra ekspertov nauchno-tekhnicheskoy sfery dlya nauchno-tekhnologicheskogo i sotsial'no-ekonomicheskogo prognozirovaniya* [Methodical issues of practical use of the Federal Roster of Experts of the scientific and technological sphere for scientific and technological and socio-economic forecasting] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and Expert Examination: Scientific Papers SRI FRCEC]. Moscow. Issue 2(20).

АНАЛИЗ КОЛЛЕКТИВОВ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ СОСТАВЛЕНИЯ ИХ РЕЙТИНГА НА ОСНОВЕ ОПЫТА УЧАСТИЯ В ФЦП ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ОЦЕНОК ПО КРИТЕРИЮ «РЕПУТАЦИЯ УЧАСТНИКА КОНКУРСА»

А.П. Зубарев, ст. научн. сотр. ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ», канд. физ.-мат. наук, Zubarev@fcntp.ru

А.К. Скуратов, ст. научн. сотр., ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ», д-р техн. наук, проф., skuratov@fcntp.ru

В федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.» на 06 декабря 2017 г. приняло участие 59 293 ученых исследователя, указанных в конкурсных заявках. В статье на основе характеристик ученых-исследователей в данной программе предложена формула определения рейтинга ученого-исследователя, приведены примеры расчета рейтинга для наиболее и наименее успешных ученых-исследователей. Рассмотрено практическое использование предложенного расчета рейтинга. Персональные данные ученых-исследователей не разглашаются.

Ключевые слова: федеральная целевая программа, экспертиза, ученые-исследователи, конкурсные заявки, критерии оценки, рейтинг, репутация, персональные данные, наукометрия, индустриальный партнер.

ANALYSIS OF TEAMS OF PERFORMERS WITH A VIEW TO DRAWING UP THEIR RATING ON THE BASIS OF THEIR EXPERIENCE IN PARTICIPATING IN THE FTP FOR USE IN THE SYSTEM OF ASSESSMENTS BASED ON THE CRITERION OF «REPUTATION OF THE BIDDER»

A.P. Zubarev, Senior Researcher, FGFRI «Directorate of State Scientific and Technical Programmes», Doctor of Physics and Mathematics, Zubarev@fcntp.ru

A.K. Skuratov, Senior Researcher FGFRI «Directorate Science and Technology Programs», Ph. D. of Engineering, Professor, skuratov@fcntp.ru

As of December 6, 2017, 59 293 scientific researchers, listed in the competitive applications, participated in the Federal Target Program «Research and development in priority areas of development of the scientific and technological complex of Russia for 2014–2020». In the article, based on the characteristics of research scientists, the program proposes a formula for determining the rating of a scientist-researcher, gives examples of calculating the rating for the most and least successful researchers. The practical use of the proposed rating calculation is considered. The personal data of the researchers are not disclosed.

Keywords: federal target program, expert examination, scientific researchers, competitive applications, evaluation criteria, rating, reputation, personal data, scientometrics (sci-tech), industrial partner.

Введение

Одним из 4-х критериев оценки заявки на участие в конкурсе по мероприятиям 1.2–1.4 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.» (далее – Программа) является критерий

«Оценка репутации участника конкурса» [1]. По данному критерию оценивается как репутация организации – участника конкурса и репутация индустриального партнера, так и ключевых исполнителей проекта – исследователей в части:

– квалификации исходя из анализа научного и(или) инженерного потенциала исследователей (наличие ученых степеней и званий, наград и премий за результаты научной и(или) инженерной деятельности);

– результативности научно-технической деятельности, исходя из анализа наукометрических показателей деятельности исследователей;

– создания за последние 5 лет результатов, получивших правовую охрану и использованных в России и за рубежом, исходя из анализа патентной активности исследователей и востребованности результатов;

– наличия достижений в сфере научно-технической и инновационной деятельности, исходя из анализа опыта исследователей в выполнении проектов сопоставимого или более высокого научно-технического уровня в предметной области Проекта, внедрения научных разработок, результатов НИР, ОКР, ОТР, создания малых инновационных предприятий, успешного опыта создания и коммерциализации новых продуктов (услуг), в том числе подтвержденного наличием дипломов, наград и премий в сфере инновационной деятельности.

Статьи, связанные с исследованием коллективов исполнителей в Программе, публикуются сотрудниками Федерального государственного бюджетного учреждения «Дирекция научно-технических программ» (далее Дирекция НТП) регулярно: [2], [3], [4], однако, в данной статье анализируется накопленный персональный опыт участия конкретных исследователей с целью определения репутации коллектива исследователей в поданной и еще не оцененной конкурсной заявке.

Характеристики ученых-исследователей

Информация о коллективах исследователей в базах данных Дирекции НТП содержится следующая: номер поданной заявки»; дата подачи; состояние заявки; ФИО исполнителя; наименование организации, где работает исполнитель на полную ставку; регион проживания исполнителя; бюджет заявки; внебюджет заявки; количество участия на дату подачи заявки, включая текущую; количество побед на дату подачи заявки (текущая заявка не учитывается); количество отклоненных на дату подачи заявки (текущая заявка не учитывается); должность; год рождения; возраст при подаче заявки; категория участника проекта; ученое звание; ученая степень; область науки; научная специальность; занятость (% рабочего времени); Хирш РИНЦ; Хирш Scopus; Хирш WoS; индекс цитирования РИНЦ; индекс цитирования Scopus+WoS за последние 5 лет; публикации РИНЦ; публикации Scopus и WoS за последние 5 лет; приоритет прикладной науки; перспективные направления; задел; область заделных исследований; приоритеты исследований и разработок; разделы области наук; и др.

На 06 декабря 2017 г. всего уникальных физических лиц – потенциальных исполнителей проектов, которые приняли участие в Программе – 59293. Частота их участия в конкурсах Программы представлена на рис. 1. Обратим внимание, что есть один исследователь, который принял участие в 67 коллективах при подаче заявок. Зная его реальные данные, уточним что он из г. Томска с достаточно высокими для его возраста наукометрическими параметрами. Например, индекс цитирования в Scopus – 40, индекс цитирования в Web of Science – 12. Условно назовем его Ивановым Иваном Ивановичем. Иванов И.И. состоял в научных коллективах, которые подали 67 заявок, ими одержано 9 побед в конкурсах, 2 заявки были отклонены по формальным признакам, следовательно, 56 заявки с его участием проиграли. Найдем того исполнителя, который принял участие в коллективах, которые победили максимальное количество раз, условно назовем его Семеновым Семеном Семеновичем. Семенов С.С. живет в Москве, принял участие в коллективах, которые подали 28 конкурсных заявок, одна заявка была отклонена по формальным признакам, 14 заявок

победили, индекс цитирования в Scopus – 97, индекс цитирования в Web of Science – 86. Укажем самого большого, на наш взгляд, неудачника в Программе, условно назовем его Акакиев Акакий Акакиевич. Акакиев А.А. принял участие в коллективах, которые подали 28 конкурсных заявок, 3 заявки отклонены по формальным признакам и 25 заявок проиграли. Акакиев А.А., д-р техн. наук, проф., индекс цитирования в РИНЦ – 315, однако индексы цитирования в Web of Science и Scopus нулевые.

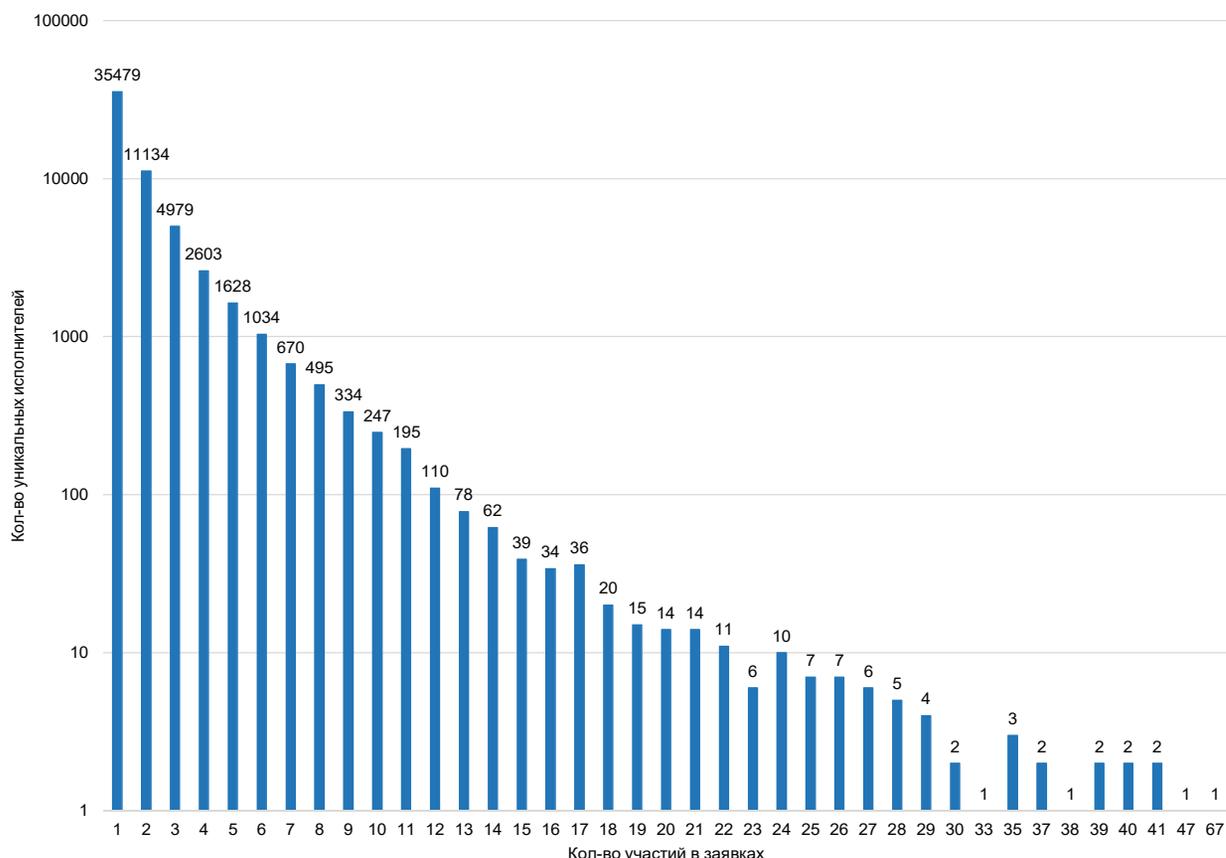


Рис. 1. Частота участия уникальных исполнителей – физических лиц в конкурсах Программы

Формула определения рейтинга ученого-исследователя

На рис. 2 представлены доли заявок победителей в зависимости от количества участия в заявках. На рисунке видно, что не всегда количество поданных исследовательскими коллективами заявок переходит в их качество. Это подтверждается и вышеприведенными частными случаями: Иванов И.И. подал 67 заявок, но победил только в 9; Семенов С.С. подал всего 28 заявки, а победил в 14; при этом Акакиев А.А. также подал 28 заявок, но не победил ни в одной.

С учетом вышеуказанных рассуждений, по мнению авторов, рейтинг исследователя, отражающий его опыт в Программе может быть выражен следующей формулой:

$$R_{(k,j)} = [P_{(k,j)} + V^2_{(k,j)}] / \{ [1 + P_{(k,j)}] [1 + F_{(k,j)}] \}, \quad (1)$$

где: $P_{(k,j)}$ – количество поданных с участием k -ого исследователя заявок на дату подачи j -ой заявки, текущая заявка учитывается; $V_{(k,j)}$ – количество поданных с участием k -ого исследователя

заявок-победителей на дату подачи j -ой заявки, текущая заявка не учитывается; $F_{(k,j)}$ – количество поданных с участием k -ого исследователя заявок отклоненных от участия в конкурсе на дату подачи j -ой заявки, текущая заявка не учитывается; $R_{(k,j)}$ – рейтинг k -ого исследователя в j -ой заявке.

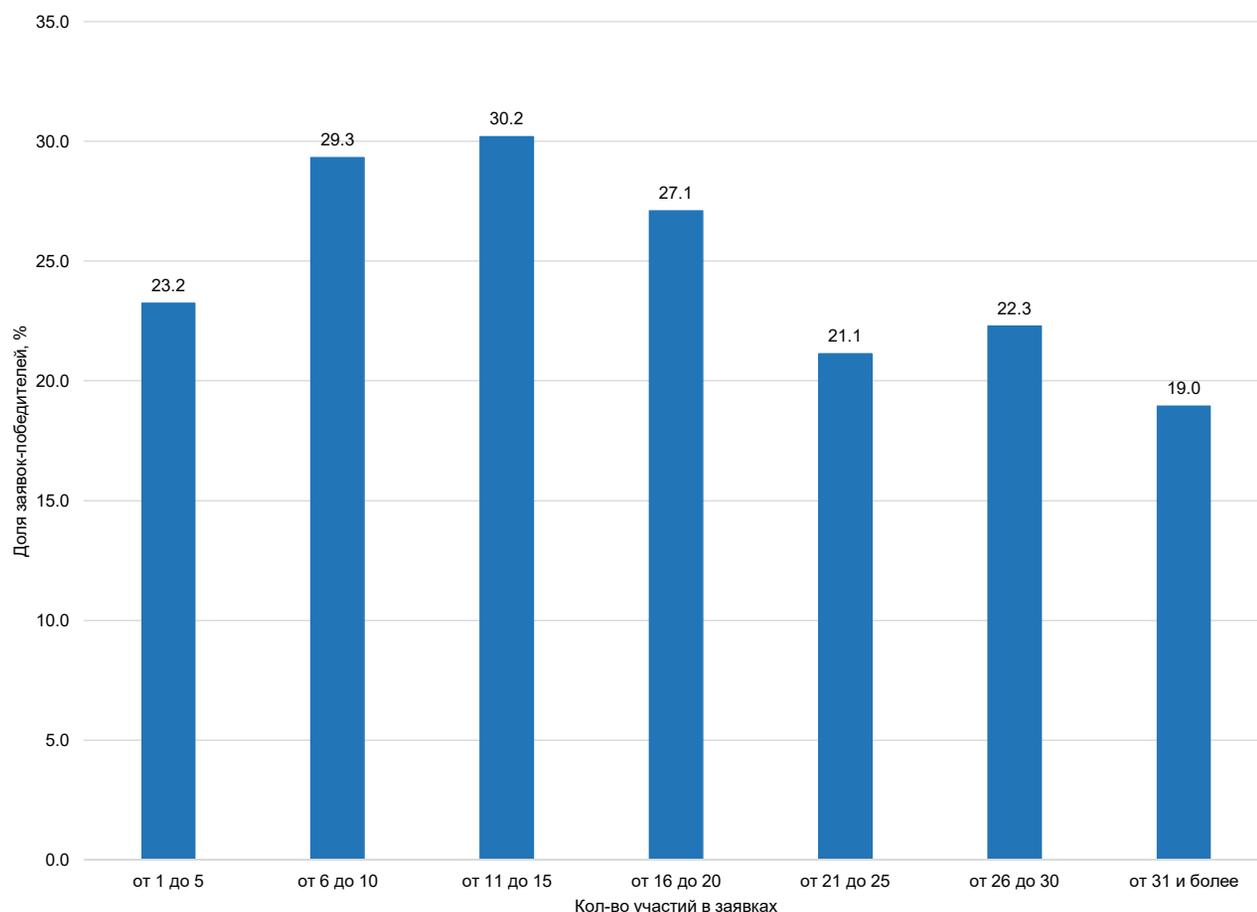


Рис. 2. Зависимость доли заявок-победителей от количества участия в заявках исследователей

Приведенная формула отражает и количество поданных заявок, и количество победивших заявок, и количество отклоненных заявок. Кроме того, данная формула обеспечивает изменение рейтинга при изменении числа поданных заявок. Это справедливо, поскольку опыт в любом случае увеличивается при подготовке и подачи очередной конкурсной заявки. Вычислим рейтинги для Иванова И.И., Семенова С.С. и Акакиева А.А по приведенной формуле, а также найдем исследователя с максимальным рейтингом на дату 6 декабря 2017 г. под условной фамилией Максимов Максим Максимович. Максимов М.М. принял участие в коллективах исследователей, которые подали 14 заявок на конкурсы в Программу, из которых 13 заявок победили, его рейтинг равен 12,2 и является максимальным. Минимальный рейтинг, в соответствии с приведенной выше формулой, равен 0,0852 и характеризует исследователя с условным именем Низов Аркадий Алексеевич, который принял участие в коллективах, подавших 15 конкурсных заявок, при этом победивших заявок нет, отклоненных заявок по формальным признакам 10. Указанные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Примеры рассчитанных рейтингов для отдельных исследователей

ФИО	Подано заявок	Количество победивших заявок	Количество отклоненных заявок	Рейтинг участия в Программе	Комментарий
Иванов А.А.	67	9	2	0,7255	Подано много заявок – опыт их подготовки огромный; есть победы, вместе с тем, много конкурсов проиграно
Семенов С.С.	28	14	1	3,8621	Количество выигранных конкурсов 50% от поданных заявок
Акакиев А.А.	28	0	3	0,2414	Есть опыт подачи заявок в Программу, но побед 0
Максимов М.М.	14	13	0	12,2	Максимальный рейтинг на 06.12.2017
Низов А.А.	15	0	10	0,0852	Минимальный рейтинг на 06.12.2017

По факту участия в Программе, каждому коллективу исполнителей можно сопоставить текущий рейтинг. Таким образом, можно вычислить рейтинг коллектива исполнителей в заявке, которая еще не оценена. Предлагается вычислять этот рейтинг по формуле:

$$Z_{(j)} = \sum_{k=1}^{N_{(j)}} R_{(k,j)} / N_{(j)}, \quad (2)$$

где $Z_{(j)}$ – средний рейтинг исследователей в j -ой заявке; $N_{(j)}$ – кол-во исследователей в j -ой заявке.

Вычисленный рейтинг коллектива исполнителей можно использовать для оценки репутации Участника конкурса. В заявках указываются физические лица – ключевые исполнители – не более 15 и рейтинг этого коллектива исполнителей может быть вычислен автоматически. Приведем пример: предположим, что заявку подает коллектив исследователей состоящий из Иванова А.А., Семенова С.С., Акакиева А.А., Максимова М.М. и Низова А.А. Репутация данного коллектива исходя из их опыта участия в Программе вычисляется следующим образом: $(0,7255+3,8621+0,2414+12,2+0,0852)/5 = 3,4228$.

Практическое использование рейтингов ученых-исследователей

Конечно, рейтинг коллективов, отражающий их опыт участия в Программе, не должен быть единственным ориентиром в процессе оценки репутации Участника конкурса. Репутация Участника конкурса включает также и репутацию организации, где работают отдельные коллективы исследователей, в целом. Можно возразить: а как же учитывать репутацию вновь сформированного перспективного и подающего надежды коллектива исследователей? А очень просто – по аналогии с кредитной банковской историей: подтвержденной репутации данного коллектива исследователей в настоящее время нет, а это значит, что его репутация участия в Программе нулевая и оценку данного коллектива исследователей следует проводить особенно тщательно – с участием экспертов, в ручном режиме. Рейтинг коллективов исследователей постоянно меняется. Он может и катастрофически упасть в случае прекращения выполнения проекта и возврата субсидии – опять же по аналогии с ухудшением кредитной банковской истории в случае просрочек или невозврата кредита.

Предложенный подход ускоряет оценку репутации Участника конкурса на основе постоянно накапливаемых данных в базах данных Дирекции НТП и является дополнением к Методике оценки репутации организации при проведении процедуры конкурсного отбора проектов в рамках реализации мероприятий 1.2, 1.3 и 1.4 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы». Развитие данного подхода возможно и в отношении формирования рейтинга Индустриальных партнеров [5].

В подтверждение выдвинутой гипотезы можно привести график на рис. 3.

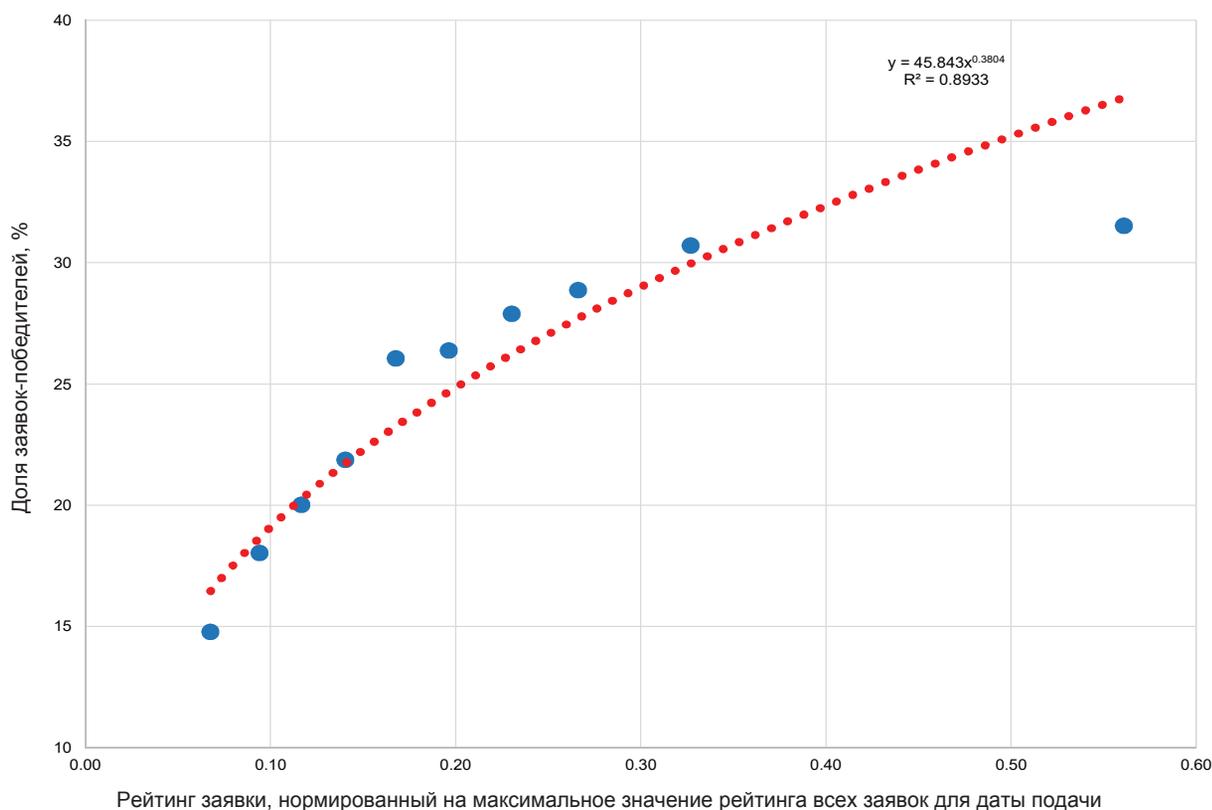


Рис. 3. Зависимость успешности заявок от рейтинга коллектива исполнителей, подавших заявку, нормированная на максимальное значение рейтинга коллективов исполнителей всех заявок на дату подачи

Массив данных, который имеется в базах данных Дирекции НТП обуславливает возможность дальнейшего анализа самых разных аспектов участия коллективов исследователей в Программе. Например, в перспективе возможен анализ данных, которые содержатся в табл. 2. Можно рассчитать рейтинг относительно, например, ученых званий.

Таблица 2

Участие в заявках исполнителей с разными учеными званиями

Ученое звание	Количество участия в заявках	% победивших заявок	% отклоненных заявок
Академик международной академии наук	5	20.0	40.0
Академик Российской академии архитектуры и строительных наук	22	13.6	27.3

Окончание таблицы 2

Ученое звание	Количество участий в заявках	% победивших заявок	% отклоненных заявок
Академик Российской академии медицинских наук	37	32.4	10.8
Академик Российской академии наук	803	30.6	13.6
Академик Российской академии сельскохозяйственных наук	30	26.7	16.7
Академик Российской академии художеств	11	63.6	0.0
Член зарубежной академии наук	54	16.7	50.0
Член-корреспондент международной академии наук	27	14.8	11.1
Член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук	28	7.1	14.3
Член-корреспондент Российской академии медицинских наук	53	34.0	11.3
Член-корреспондент Российской академии наук	884	28.6	14.6
Член-корреспондент Российской академии сельскохозяйственных наук	17	11.8	17.6
Профессор	7996	26.3	13.5
Профессор по кафедре	6215	20.1	14.3
Профессор по специальности	2619	23.5	15.4
Профессор Российской академии наук	101	25.7	10.9
Доцент	6763	24.4	13.7
Доцент по кафедре	8151	20.0	14.7
Доцент по специальности	1803	21.4	16.1
Старший научный сотрудник	4175	28.0	12.7
Без ученого звания	82138	26.3	13.6

Заметим, что индекс Хирша у Академика Российской академии художеств в Web of Science равен 31.

На основе анализа имеющихся в Дирекции НТП данных, можно, например, сформировать «супер коллективы» исследователей, как по абсолютному рейтингу участия в Программе, так и с учетом максимального рейтинга в конкретных областях и разделах науки, по критическим технологиям, в конкретном городе, регионе и т.д. Можно, также, подбирать успешных исследователей по запросам Индустриальных партнеров по конкретным перспективным направлениям, областям заделных исследований, приоритетам исследований и разработок и т.п. Например, составим потенциально успешный коллектив исследователей из региона Москва, которые работают в достаточно узкой области «Искусственные живые системы, в том числе искусственные клеточные элементы и химерные клетки». Всего таких исследователей обнаружено 32. Выберем тех исследователей, у которых нормированные рейтинги более 0,5. Таких исследователей оказалось 6 и представляют они: Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук и Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. ФИО и адреса найденных успешных исследователей имеются.

Заключение

Вы – представитель Индустриального партнера? Вам из какого региона подобрать успешную команду ученых-исследователей в Вашей области деятельности, имеющих максимально положительный опыт участия в ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.»?

Если статья Зубарева А.П. и Скуратова А.К. «Анализ успешности участия индустриальных партнеров в конкурсах научно-технической программы на основе исследования их характеристик» (ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ», г. Москва, Россия) адресована потенциальным Исполнителям ПНИЭР, ищущим достойных Индустриальных партнеров, то данная статья адресована руководителям Индустриальных партнеров, которые заинтересованы в достойных коллективах Исполнителей.

Планируется продолжить исследования по анализу Списка характеристик исследователей. И, конечно, можно сделать бесспорный вывод о необходимости усиления защиты персональной информации об исследователях – участниках Программы.

Источник финансирования данного исследования – Государственное задание Минобрнауки России № 26.12933.2018/12.1, выданное ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ».

Список литературы

1. Сайт Федеральной целевой программы. Available at: <http://fcpir.ru/upload/iblock/789/Prilojenie-6-k-Konkursnoy-dokumentatsii.pdf>.

2. Карапышев А.В., Мазнев А.А., Михайлец В.Б., Петров А.Н., Радин И.В., Соцкова И.С., Шуртаков К.В. Измерение вклада исполнителей в научные исследования и разработки, проводимые в рамках государственных программ // *Инновации*. 2013. № 7. С. 105–113.

3. Михайлец В.Б., Радин И.В., Соцкова И.С., Карапышев А.В. Автоматизированный поиск устойчивых научных (исследовательских) групп в составе организаций-участников государственных программ // *Инновации*. 2013. № 11. С. 110–116.

4. Скуратов А.К., Петров А.Н., Зубарев А.П., Кокорев О.А., Михайлец В.Б., Шуртаков К.В. Коллективы исполнителей проектов и успешность конкурсных заявок федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг. // Альманах «Наука. Инновации. Образование». 2015. № 18. С. 24–41.

5. Михайлец В.Б., Радин И.В., Соцкова И.С., Шуртаков К.В. Индустриальный партнер как новый субъект федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» // *Инновации*. 2014. № 10. С. 102–108.

References

1. Site of Federal target program. Available at: <http://fcpir.ru/upload/iblock/789/Prilojenie-6-k-Konkursnoy-dokumentatsii.pdf>.

2. Karapyshev A.V., Maznev A.A., Mikhailets V.B., Petrov A.N., Radin I.V., Sotskova I.S., Shurtakov K.V. (2013) *Izmerenie vklada ispolniteley v nauchnye issledovaniya i razrabotki, provodimye v ramkakh gosudarstvennykh programm* [Measuring the contribution of performers to research and development conducted within the framework of state programs] *Innovatsii* [Innovations]. No. 7, pp. 105–113.

3. Mikhailets V.B., Radin I.V., Sotskova I.S., Karapyshev A.V. (2013) *Avtomatizirovannyy poisk ustoychivyykh nauchnykh (issledovatel'skikh) grupp v sostave organizatsiy-uchastnikov gosudarstvennykh programm* [Automated search for sustainable scientific research teams in the organizations participating in government programs] *Innovatsii* [Innovations]. No. 11, pp. 110–116.

4. Skuratov A.K., Petrov A.N., Zubarev A.P., Kokorev O.A., Mikhailets V.B., Shurtakov K.V. (2015) *Kollektivy ispolniteley projektov i uspehnost' konkursnykh zayavok federal'noy tselevoy programmy «Issledovaniya i razrabotki po prioritetnym napravleniyam razvitiya nauchno-tekhnologicheskogo kompleksa Rossii na 2014–2020*

gody [The teams of project executors and the success of competitive applications of the federal target program «Research and development in priority areas of development of the scientific and technological complex of Russia for 2014–2020»] *Al'manakh «Nauka. Innovatsii. Obrazovanie»* [Almanac «Science. Innovation. Education»]. No. 18, pp. 24–41.

5. Mikhailets V.B., Radin I.V., Sotskova I.S., Shurtakov K.V. (2014) *Industrial'nyy partner kak novyy sub'ekt federal'noy tselevoy programmy «Issledovaniya i razrabotki po prioritetnym napravleniyam razvitiya nauchno-tekhnologicheskogo kompleksa Rossii na 2014–2020 gody»* [Industrial partner as a new subject of the federal target program «Research and development in the priority areas of development of the scientific and technological complex of Russia for 2014–2020»] *Innovatsii* [Innovation]. No. 10, pp. 102–108.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИС-КАРТИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

И.Н. Липовицкая, проректор НАНОО ВПО «Санкт-Петербургский институт гуманитарного образования», г. Санкт-Петербург, канд. геогр. наук, lipovitskaya@mail.ru

Е.С. Андреева, проф. каф. ФГБОВУ «Донской государственной технической университет», г. Ростов-на-Дону, д-р геогр. наук, espmeteo@yandex.ru

С.С. Андреев, проф. каф. ЧОУВО «Ростовский институт защиты предпринимателя», д-р геогр. наук, rggmurd@yandex.ru

Рассмотрено влияние метеорологических характеристик на формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха Ленинградской области. Сформирован массив данных приземных метеорологических характеристик за период с 2005 по 2015 гг. Произведены расчеты фонового потенциала загрязнения атмосферы с привлечением методики определения климатического потенциала загрязнения атмосферы и вероятности инверсии – из данных, полученных с помощью численной модели атмосферного пограничного слоя. В работе был проведен пространственно-временной анализ таких метеорологических величин как высота инверсии, повторяемость инверсий, необходимых для определения потенциала загрязнения атмосферы и впервые построены гис-карты этих параметров и потенциала загрязнения атмосферы.

Ключевые слова: гис-картирование, инверсия температуры, потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), атмосферный пограничный слой (АПС), пространственный анализ, Ленинградская область.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF GIS-MAPPING OF VALUES OF THE ATMOSPHERIC POLLUTION POTENTIAL THROUGH APPLICATION OF NUMERICAL MODEL OF THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER (ON THE EXAMPLE OF LENINGRAD REGION)

I.N. Lipovitskaya, Vice-Rector, Non-State Autonomous Non-Profit Educational Organization of Higher Professional Education «St. Petersburg Institute of Humanitarian Education», St. Petersburg, Doctor of Geography, lipovitskaya@mail.ru

E.S. Andreeva, Professor, Department of Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Don State Technical University», Rostov-on-Don, Ph. D. of Geography, espmeteo@yandex.ru

S.S. Andreev, Professor of Department, Private Higher Educational Institution «Rostov Institute of Entrepreneur Protection», Ph. D. of Geography, rggmurd@yandex.ru

The influence of meteorological characteristics on the level of air pollution in the Leningrad Region is hereby considered. An array of data of surface meteorological characteristics for the period from 2005 to 2015 was formed. Calculations of the background potential of atmospheric pollution with the use of the method for determining the climatic potential of atmospheric pollution and the probability of inversion are made from data obtained with the help of a numerical model of the atmospheric boundary layer. The space-time analysis of such meteorological quantities as the inversion height, the frequency of inversions necessary to determine the potential of atmospheric pollution, and the first GIS-maps of these parameters and the air pollution potential were constructed.

Keywords: GIS-mapping, temperature inversion, atmospheric pollution potential (APP), atmospheric boundary layer (ABL), spatial analysis, Leningrad Region.

Введение

Проблема защиты воздуха атмосферы от ряда опасных антропогенных примесей, содержащихся в нем, была актуальной в XX веке, не утратив своей важности и в наступившем XXI веке, несмотря на варианты решений, полученных ранее в России и за рубежом. Так, при решении проблемы защиты воздушного бассейна от загрязнения в ряде случаев решающая роль отводится анализу метеорологических аспектов, поскольку поведение попавших в атмосферу выбросов определяется в основном метеорологическими факторами. В частности, существенное влияние на механизмы переноса и рассеивания примесей оказывают такие метеорологические величины, как характеристики термической устойчивости атмосферы, скорость ветра и высоты нижней и верхней границы инверсионных слоев атмосферы [1]. В целях сохранения чистоты воздушного бассейна и предотвращения опасных ситуаций должен действовать управленческий механизм регулирования выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями и автотранспортом. Для создания этого механизма необходимо учитывать такой показатель как потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА). Под ПЗА следует понимать сочетание метеорологических факторов, обуславливающих уровень возможного загрязнения атмосферы. Научный анализ данных о ПЗА при заданных параметрах выбросов дает возможность составления климатического прогноза среднего уровня загрязнения воздуха. Различают метеорологический и климатический ПЗА. Метеорологический ПЗА используется в ежедневных метеорологических прогнозах загрязнения атмосферы, климатический ПЗА – при оценках климатических условий переноса и рассеивания примесей в определенном физико-географическом районе. Данные о ПЗА позволяют лучше понять причины формирования уровня загрязнения воздуха, объяснить суточные, годовые и более длительные изменения содержания примесей в атмосфере, особенности их распределения в районе городов. В результате научного анализа данных о ПЗА выявляется возможность составления при заданных параметрах выбросов климатического прогноза среднего уровня загрязнения воздуха [2]. Составление ГИС-карт для наглядного отображения полей метеовеличин, полученных с помощью численных методов, уже достаточно хорошо используется в науке. Для разработки механизма принятия управленческих решений регулирования выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями и автотранспортом авторами статьи впервые предложены инновационные технологии гис-картирование значений потенциала загрязнения атмосферы, полученных с помощью привлечения модели пограничного слоя атмосферы.

Основная часть. Следует напомнить, что современные города обычно охватывают территорию в десятки и даже сотни квадратных километров, поэтому очевидно, что изменение содержания вредных веществ в атмосфере происходит под воздействием мезо- и макромасштабных атмосферных процессов.

Еще в 80-е гг. XX века Безуглой Э.Ю. и другими авторами был проведен ряд исследований, посвященный определению потенциала загрязнения атмосферы для всей территории СССР [2, 3]. Однако основное внимание уделялось оценке соответствия построенной модели потенциала загрязнения реальному пространственному распределению загрязнения различных регионов СССР.

В настоящей работе для исследования ПЗА атмосферы была выбрана территория Ленинградской области, поскольку этот район характеризуется «нестабильным» климатом, связанным с географическим положением и наличием крупных водных объектов (Финский залив, Ладожское озеро, Онежское озеро), влияние на климат которых крайне неоднозначно.

Помимо общих характеристик атмосферного пограничного слоя (АПС), таких как скорость и направление ветра, температура и влажность воздуха, которые довольно успешно

прогнозируются в синоптической метеорологии, для многих практических приложений оказывается также важным знать особенности поведения элементов вертикальной структуры указанного выше слоя, таких как: вертикальные сдвиги скорости ветра, параметры устойчивости атмосферы, характеристики температурных инверсий и интенсивности турбулентности. Основными источниками экспериментальных данных в этих исследованиях до сих пор являются лишь градиентные измерения в приземном слое, охват высот которых, как правило, невелик (до двух метров), а накопленных рядов наблюдений оказывается крайне недостаточно для удовлетворения все возрастающих требований практики.

Поэтому возникает проблема разработки таких методов анализа, которые позволили бы использовать для расчета различных климатических характеристик АПС данные стандартных метеорологических наблюдений – единственной информации, которая имеется на настоящий момент в количестве, обеспечивающем получение достоверных статистических оценок.

В данной работе использовалась математическая модель атмосферного пограничного слоя, которая проводит оценку данных на репрезентативность, восстанавливает суточный ход исследуемых величин и рассчитывает параметры атмосферного пограничного слоя, в том числе и высоту инверсии [4].

Метод базируется на предположении, что именно суточные колебания температуры воздуха, обязанные своим происхождением колебаниям инсоляции, как раз и являются ответственными за формирование вертикальных градиентов температуры в приземном слое и, как следствие, определяют вертикальную структуру атмосферной турбулентности, скорости и направления ветра [5].

Следует отметить, однако, что в статистических исследованиях не всегда достаточно точно отражаются действительные связи уровня загрязнения воздуха с метеорологическими условиями. Хотя зависимость концентрации примеси от данного параметра обнаруживается, это происходит, главным образом, за счет того, что данная метеорологическая характеристика сопутствует определенной метеорологической ситуации, влияющей на уровень загрязнения воздуха. Более правильно рассматривать комплексные параметры, например скорость ветра и термическую стратификацию тропосферы или объем перемешивания.

Высокие концентрации загрязняющих веществ формируются в областях высокого давления. Причиной являются нисходящие вертикальные движения, возникающие из-за расхождености воздуха в антициклонах в приземном слое. Опускание воздуха сопровождается повышением температуры, вследствие чего возникают мощные инверсии, препятствующие развитию турбулентного перемешивания воздуха.

Для оценки климатических условий рассеивания примесей использован физико-статистический метод, разработанный в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова [2]. Этот метод позволяет выразить рассеивающую способность атмосферы (в условных единицах), создаваемую под влиянием метеорологических условий при фиксированных параметрах выбросов в заданном географическом районе. Показатель потенциала загрязнения атмосферы Π можно представить как отношение средних уровней концентраций примеси при заданных выбросах в конкретном (\bar{q}) и условном (\bar{q}_0) районах:

$$\Pi = \frac{\bar{q}}{\bar{q}_0}. \quad (1)$$

Показатель ПЗА показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения воздуха в конкретном районе, определяемый реальной повторяемостью метеорологических условий (неблагоприятных для рассеивания примесей), будет выше, чем в условном.

Исходная информация получена из общедоступного архива метеоданных для метеостанций, имеющих пятизначные номера Всемирной Метеорологической Организации (ВМО).

Несмотря на то, что ряд наблюдений за загрязнением воздуха невелик (около 10 лет), накопленная информация позволяет провести климатологическое обобщение результатов этих наблюдений.

Архивная информация метеонаблюдений считывалась нами с сервера <http://meteo.info-sparse.ru> за период с 1.01.2005 по 1.10.2015 в виде файлов фиксированной структуры в формате CSV (значения, разделенные запятыми). Последний содержит заголовочный и информационный разделы [6].

Заголовочный раздел состоит из 46 строк.

В заголовочном разделе приводятся:

- общее описание архива;
- сведения о метеостанции;
- данные о выборке данных (диапазон дат, формат даты, формат времени, формат файла);
- информация о полях данных и порядке их следования в записи.

В информационном разделе содержатся записи, состоящие из 31 поля, расположенные по порядку в соответствии с описанием заголовочного раздела.

По результатам проведенных расчетов были получены основные величины в виде суточного хода по осредненным данным для рассматриваемой территории (Ленинградской области) и поля.

Как отмечалось выше, одним из основных явлений, которое влияет на распространение примеси в атмосфере и на формирование уровня загрязнения атмосферы, является инверсия температуры. Карта распределения высоты инверсии (средней за год) на территории Ленинградской области и прилегающих районов представлена на рис. 1.

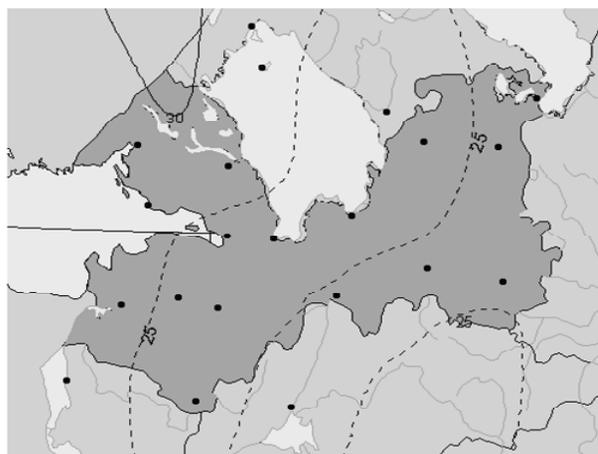


Рис. 1. Высота инверсии (среднегодовая)

В среднем высота инверсии над Ленинградской областью не превышает 25 м. Динамика верхней границы инверсии по рассматриваемой области связано с наличием крупных водных объектов.

Анализ полученных результатов показал, что динамика верхней границы инверсии по рассматриваемой области связана с наличием крупных водных объектов. В среднем высота инверсии над Ленинградской областью не превышает 25 м. Повторяемость высоты инверсии на территории Ленинградской области довольно высока. Среднегодовая повторяемость составляет порядка 60%.

Расчет фонового потенциала загрязнения атмосферы осуществлялся с привлечением методики определения климатического потенциала загрязнения атмосферы, а вероятности инверсии – из данных полученных с помощью модели АПС.

На рис. 2 приведен расчет среднегодового фонового ПЗА для территории Ленинградской области и прилегающих районов.

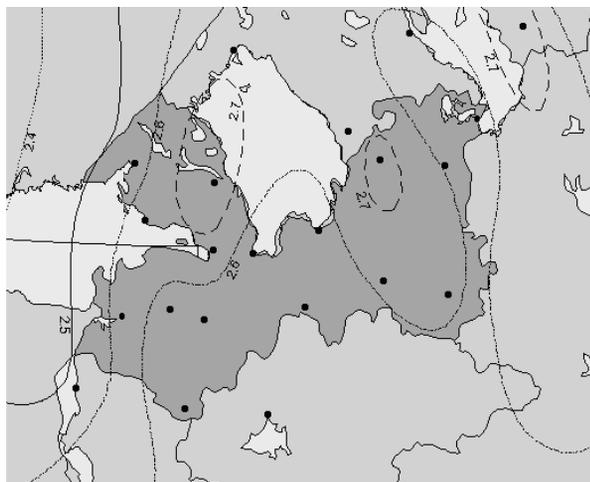


Рис. 2. ПЗА (среднегодовой)

Величина среднегодового климатического ПЗА для территории Ленинградской области составляет 2,6. Значение ПЗА уменьшается с 2,8 на севере до 2,6 на юге. Максимальные значения наблюдаются на западном и восточном побережьях Ладожского озера и территории Онежского озера, что связано как с высокой повторяемостью застоев, так и частыми туманами. Наиболее благоприятные условия рассеивания [7] наблюдаются на берегу Финского залива, что, вероятно, связано с более высокими скоростями ветра в этом районе, чем на остальной территории области.

В течение года области с максимальными значениями ПЗА изменяются мало. Зимой неблагоприятная ситуация складывается вокруг Ладожского и Онежского озер. Это опять-таки связано с высокой повторяемостью застоев на этой территории.

Весной опасная область смещается к западному побережью Ладожского озера (станция Сосново). Вероятно, это связано с мощными и длительными инверсиями. Усиление ветра с Балтийского моря увеличивает рассеивающую способность атмосферы [8] и, соответственно, снижает величину ПЗА на западе и юго-западе области.

Летом неблагоприятная ситуация сохраняется только на ряде метеостанций, однако в среднем ПЗА сохраняет значение около 2,6. Это связано с частыми штилями и высокой повторяемостью ночных инверсий.

В осенний период ситуация в районе озер похожа на зиму. Несмотря на сильный ветер, значение ПЗА остается около 2,7, что связано с туманами.

Как показали результаты проведенного исследования, территория Ленинградской области и прилегающих районов является умеренно неблагоприятной с точки зрения рассеивающей способности атмосферы. Однако преобладающие метеорологические явления, препятствующие рассеиванию загрязняющих веществ, меняются как в течение суток, так и в течение года.

В данной работе был проведен анализ загрязнения воздушного бассейна Ленинградской области, основанный на использовании методики расчета потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА), разработанной в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова в 80-х гг. XX века. Для этого был собран и проанализирован архив данных с метеостанций Ленинградской области, г. Санкт-Петербург и прилегающих регионов, входящих в сеть ВМО, (16 станций, с 2005 по 2015 гг., с 4- и 8-срочными наблюдениями).

Высота инверсии прямо не измеряется, поэтому для ее получения привлекалась математическая модель атмосферного пограничного слоя (АПС), которая проводит оценку данных на репрезентативность, восстанавливает суточный ход исследуемых величин и рассчитывает параметры АПС, в том числе и высоту инверсии [9].

Заключение

В работе был проведен пространственно-временной анализ метеорологических величин, необходимых для определения потенциала загрязнения атмосферы (высота инверсии, повторяемость инверсий) и построены гис-карты высоты инверсии и потенциала загрязнения атмосферы.

Результаты проведенных исследований позволяют назвать территорию Ленинградской области и прилегающих к ней районов умеренно неблагоприятной с точки зрения рассеивающей способности атмосферы.

При проектировании промышленных и жилых объектов, на всех стадиях освоения и экономического развития территории [10] важное значение приобретает климатическая информация о потенциале загрязнения атмосферы.

Внедрение гис-карт ПЗА в практику работ проектных и научных институтов будет способствовать не только более правильному размещению крупных промышленных предприятий, а также транспортных магистралей различного уровня с учетом рассеивающей способности атмосферы, но и в итоге позволит приблизиться к решению проблемы защиты воздушного бассейна крупных городов и урбанизированных зон.

Список литературы

1. Лазарева Е.О., Попова Е.С., Липовицкая И.Н. Влияние температурных инверсий на концентрацию примесей в приземном слое воздуха над Санкт-Петербургом в 2006–2014 гг. // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2015. № 41. С. 149–155.
2. Лазарева Е.О., Липовицкая И.Н., Андреева Е.С. Инновационные подходы к прогнозированию уровня загрязнения атмосферного воздуха крупных городов // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2017. № 2(20). С. 46–50.
3. Липовицкая И.Н., Василенко С.В., Гаврилов А.С., Мханна А. Метод климатологического анализа вертикальной структуры атмосферного пограничного слоя с использованием численной модели // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2006. № 2. С. 74–87.
4. Попова Е.С., Липовицкая И.Н., Лазарева Е.О. Анализ временной изменчивости основных антропогенных примесей атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга за период с 1980 г. по 2012 г. / В сборнике: Экологические проблемы постсоветского пространства Горбенко А.В., Ивановская Е.А. Международный сборник научных статей. Под общей редакцией А.В. Горбенко, Е.А. Ивановской. Липецк, 2014. С. 76–85.
5. Лазарева Е.О., Попова Е.С. Особенности пространственно-временной динамики антропогенных примесей воздуха г. Санкт-Петербурга за период времени с 1980 по 2012 г. (на примере оксида углерода, диоксида азота, взвешенных веществ) // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 37. С. 204–215.
6. Andreyev S.S., Popova E.S. Global warming and anthropogenic factor // European Journal of Natural History. 2012. № 4. С. 27–28.

7. Ecological and hydrometeorological problems of the large cities and industrial zones / Сборник трудов / Министерство образования и науки Российской Федерации, ГОУ ВПО Российский государственный гидrometeorологический университет. 2010.

8. Липовицкая И.Н. Метод восстановления структуры нижней тропосферы // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2006. № 48-1. С. 193–197.

9. Липовицкая И.Н. Климатологический анализ характеристик рассеяния примесей с использованием численных моделей применительно к Северо-Западному региону России. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / СПб, 2008.

10. Евстропов В.М. Системные аспекты взаимодействия объектов и среды в техносферном пространстве: монография. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2015, 89 с.

References

1. Lazareva E.O., Popova E.S., Lipovitskaya I.N. (2015) *Vliyanie temperaturnykh inversiy na kontsentratsiyu primesey v prizemnom sloe vozdukha nad Sankt-Peterburgom v 2006–2014 gg* [The effect of temperature inversions on the concentration of impurities in the surface air layer over St. Petersburg in 2006–2014] *Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* [Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University]. No. 41, pp. 149–155.

2. Lazareva E.O., Lipovitskaya I.N., Andreeva E.S. (2017) *Innovatsionnye podkhody k prognozirovaniyu urovnya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha krupnykh gorodov* [Innovative approaches to forecasting the level of atmospheric air pollution in large cities] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye Trudy* [Innovation and expert examination: scientific works]. No. 2 (20), pp. 46–50.

3. Lipovitskaya I.N., Vasilenko S.V., Gavrilov A.S., Mkhanna A. (2006) *Metod klimatologicheskogo analiza vertikal'noy struktury atmosfernogo pogranichnogo sloya s ispol'zovaniem chislennoy modeli* [Method of climatologic analysis of the vertical structure of the atmospheric boundary layer with the use of a numerical model] *Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* [Scientific notes of the Russian state hydrometeorological University]. No. 2, pp. 74–87.

4. Popova E.S., Lipovitskaya I.N., Lazareva E.O. (2014) *Analiz vremennoy izmenchivosti osnovnykh antropogennykh primesey atmosfernogo vozdukha g. Sankt-Peterburga za period s 1980 g. po 2012 g* [Analysis of temporal variability of the main anthropogenic impurities of atmospheric air in St. Petersburg for the period from 1980 to 2012] *Mezhdunarodnyy sbornik nauchnykh statey. Pod obshchey redaktsiyey A.V. Gorbenko, E.A. Ivanovskoy* [The collection comprises: Ecological problems of the post-Soviet space Gorbenko A.V., Ivanovskaya E.A. International collection of scientific articles. Under the general editorship of A.V. Gorbenko, E.A. Ivanovskaya]. Lipetsk, pp. 76–85.

5. Lazareva E.O., Popova E.S. (2014) *Osobennosti prostranstvenno-vremennoy dinamiki antropogennykh primesey vozdukha g. Sankt-Peterburga za period vremeni s 1980 po 2012 g. (na primere oksida ugleroda, dioksida azota, vzveshennykh veshchestv)* [Features of the space-time dynamics of anthropogenic air impurities in St. Petersburg for the period from 1980 to 2012 (for example, carbon monoxide, nitrogen dioxide, suspended solids)] *Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* [Scientific notes of the Russian state hydrometeorological University]. No. 37, pp. 204–215.

6. Andreyev S.S., Popova E.S. (2012) Global warming and anthropogenic factor. *European Journal of Natural History*. No. 4, pp. 27–28.

7. Ecological and hydrometeorological problems of the large cities and industrial zones. *Sbornik trudov Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, GOU VPO Rossiyskiy gosudarstvennyy gidrometeorologicheskiiy universitet* [Collection of Proceedings. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Russian State Hydrometeorological University]. 2010.

8. Lipovitskaya I.N. (2006) *Metod vosstanovleniya struktury nizhney troposfery* [The method of restoring the structure of the lower troposphere] *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki* [Scientific and technological statements of SPbPU. Natural and engineering sciences]. No. 48-1, pp. 193–197.

9. Lipovitskaya I.N. (2008) *Klimatologicheskiy analiz kharakteristik rasseyaniya primesey s ispol'zovaniem chislennykh modeley primenitel'no k Severo-Zapadnomu regionu Rossii* [Climatological analysis of impurity scattering characteristics using numerical models applied to the North-West region of Russia] *Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geograficheskikh nauk* [The author's abstract of thesis for Doctor of Geographical Sciences]. Petersburg.

10. Evstropov V.M. (2015) *Sistemnye aspekty vzaimodeystviya ob'ektov i sredy v tekhnosfernom prostranstve: monografiya* [System aspects of interaction of objects and environment in the technospheric space: monograph] RGSU [RSSU]. Rostov-on-Don, p. 89.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

КОНКУРСЫ 2018 ГОДА НА ПРАВО ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНТОВ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ МОЛОДЫХ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ – КАНДИДАТОВ НАУК И ДОКТОРОВ НАУК И ВЕДУЩИХ НАУЧНЫХ ШКОЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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*
Д.А. Добрынин, инж.-прогр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *martencat@gmail.ru*
О.В. Шеханова, вед. инж. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *olgash@extech.ru*

В статье представлены результаты конкурсов 2018 года: проанализировано распределение конкурсных заявок по федеральным округам, регионам, ведомствам и областям знаний; даны сводные данные по количеству участников по годам и в разрезе типов исследований; приведены обобщенные данные о количестве публикаций победителей конкурсов, индексированных в международных информационно-аналитических системах научного цитирования.

Ключевые слова: гранты Президента Российской Федерации, конкурс, молодые российские ученые, кандидаты наук, доктора наук, научные школы, организационно-техническое обеспечение, информационное сопровождение, международные информационно-аналитические системы научного цитирования.

COMPETITIONS IN 2018 FOR THE RIGHT TO RECEIVE GRANTS FROM THE PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR STATE SUPPORT OF YOUNG RUSSIAN SCIENTISTS – DOCTORS, PH.D-S AND LEADING SCIENTIFIC SCHOOLS OF THE RUSSIAN FEDERATION

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*
D.A. Dobrinin, Software Engineer, SRI FRCEC, *martencat@gmail.ru*
O.V. Shekhanova, Leading Engineer, SRI FRCEC, *ira@extech.ru*

The article presents the results of the 2018 competitions: the analysis of the distribution of competitive applications for federal districts, regions, departments and areas of knowledge; summarizes data on the number of participants by year and by type of research as well as data on the number of publications of winners of competitions indexed in international information and analytical systems of scientific citation.

Keywords: grants of the President of the Russian Federation, competition, young Russian scientists, doctors of sciences, Philosophy Doctors (Ph.D.), scientific schools, organizational and technical support, information support, international information and analytical systems of scientific citation.

Одной из приоритетных задач государства на современном этапе является содействие закреплению перспективной научной молодежи в ведущих российских научных организациях, и тем самым – восстановление кадровой структуры науки. Эта тенденция становится все более устойчивой, а наука становится той сферой, работать в которой не только интересно, но и престижно. Появляются новые подходы к созданию условий для реализации талантов молодых ученых. В течение последних лет в научно-технической сфере реализуются разнообразные программы поддержки молодых отечественных исследователей.

Выделяемые на конкурсной основе гранты Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ Российской Федерации учреждены Указом Президента Российской Федерации от 9 февраля 2009 г. № 146 «О мерах по усилению государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов и докторов наук» и выделяются в соответствии с положениями постановления Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2005 года № 260 «О мерах по государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук и ведущих научных школ Российской Федерации».

Гранты выделяются на двухлетний срок для финансирования расходов на проведение фундаментальных и прикладных научных исследований по основным областям знаний и оказывают поддержку наиболее талантливым и активным молодым ученым, благодаря которой они имеют возможность серьезно продвинуться в выбранных направлениях.

Конкурсы проводятся среди кандидатов наук (МК), возраст которых на момент окончания гранта не превышает 35 лет и среди докторов наук (МД), возраст которых на момент окончания гранта не превышает 40 лет.

Особенностью конкурса научных школ (НШ) в 2018 г. стало то, что конкурс проводился только среди тех НШ, возраст руководителей которых не превышает 50 лет и руководители которых на регулярной основе осуществляют подготовку кандидатов и докторов наук, тем самым формируя исследовательские группы, обеспечивающие развитие и рост результативности российской науки.

Во исполнение приказа Минобрнауки России от 21.08.2017 № 788 «О проведении в 2017 году конкурсов на право получения грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук» ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ осуществляло организационно-техническое и информационное обеспечение деятельности Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ Российской Федерации (далее – Совет по грантам) в части проведения заявочной кампании указанных конкурсов.

В заявочную кампанию МК-2018 зарегистрировалось 2637 молодых ученых, учитывая отклонение заявок по формальному признаку, всего к участию в МК-2018 допущено 1817 соискателей. По результатам работы экспертных комиссий конкурс выиграли 400 соискателей.

Распределение соискателей и победителей МК-2018 по областям знаний представлено на рис. 1.

Как видно из диаграммы, наибольшую активность в МК-2018 проявили молодые российские ученые таких областей знаний, как «Технические и инженерные науки» и «Общественные и гуманитарные науки» (далее – Технические и Общественные науки, соответственно), наименьшую – «Математика и механика» и «Сельскохозяйственные науки» (выделено в самостоятельное направление в 2016 году).

В конкурсе МК-2018 приняли участие представители всех федеральных округов страны. Распределение соискателей и победителей по федеральным округам представлено на рис. 2.

Из проведенного анализа МК-2018 в разрезе регионов следует, что безусловным лидером по количеству соискателей является Москва (362 заявки, 112 победителей). Второе место занимает Санкт-Петербург (151 заявка, 44 победителя), третье место – Томская область (91

заявка, 23 победителя). Далее, с практически равным количеством соискателей, следуют Новосибирская, Свердловская, Курская области и Республика Татарстан. Остальные участники конкурса представляют другие регионы Российской Федерации. Детальная информация о распределении участников МК-2018 по регионам представлена на рис. 3.



Рис. 1. Распределение участников МК-2018 по областям знаний



Рис. 2. Распределение участников МК-2018 по федеральным округам

Представляет интерес и степень участия ведомств и главных распорядителей бюджетных средств (ГРБС) в МК-2018: 80% от общего числа победителей конкурса (321 заявка из 400) – представители организаций, подведомственных Минобрнауки России и ФАНО России. Такое распределение является вполне устойчивой тенденцией, если рассматривать динамику конкурсов по годам.



Рис. 3. Распределение участников МК-2018 по регионам

Детальная информация о распределении победителей МК-2018 по ведомствам и ГРБС представлена на рис. 4.

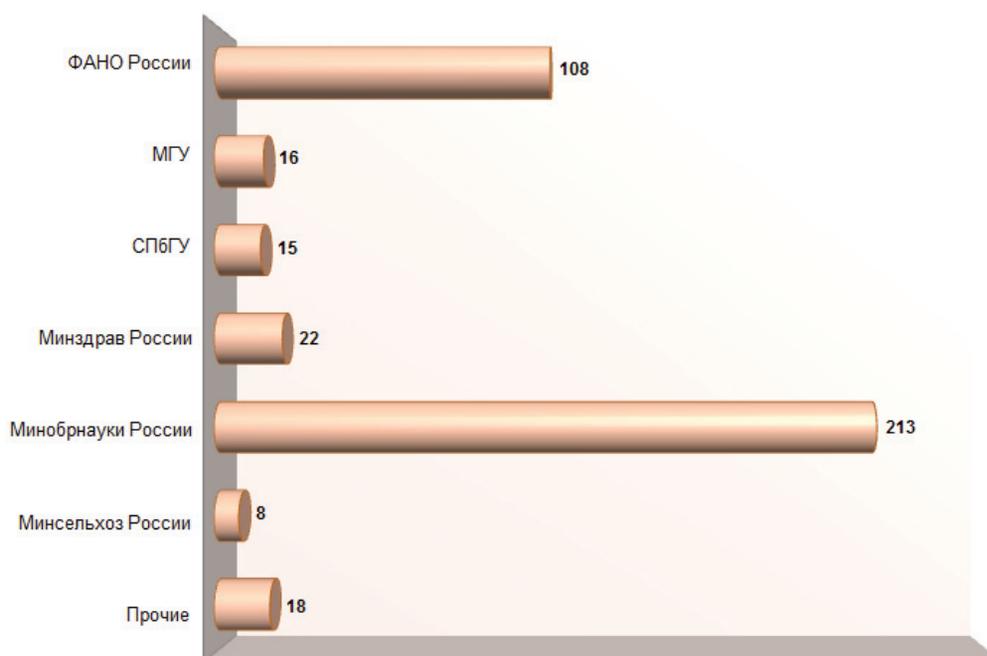


Рис. 4. Распределение победителей МК-2018 по ведомствам и ГРБС

По объективным причинам конкурс МД является немногочисленным по числу участников. При этом динамика количества конкурсантов по годам несколько отличается от таковой по конкурсу МК. Так, наметившаяся в 2015 г. тенденция роста не нашла своего продол-

жения в последующие два года, однако, в 2018 г. число допущенных к конкурсу соискателей незначительно увеличилось по сравнению с предыдущим конкурсом 2017 г. (на 5%). Тем не менее, по сравнению с «пиковым» 2011 годом общее снижение активности соискателей в 2018 г. составило 47%.

В заявочной кампании МД-2018 зарегистрировалось 298 молодых ученых, учитывая отклонение по формальному признаку, к участию в конкурсе допущено 227 соискателей. По результатам работы экспертных комиссий конкурс выиграли 60 соискателей.

Распределение соискателей и победителей МД-2018 по областям знаний представлено на рис. 5.



Рис. 5. Распределение участников МД-2018 по областям знаний

В части распределения по областям знаний ситуация аналогична конкурсу МК-2018: наибольшее количество соискателей в областях знаний «Общественные науки» (28%) и «Технические науки» (19%), а наименьшее — в областях знаний «Сельскохозяйственные науки», «Науки о Земле» и «Информатика» (по 5%, соответственно).

Детальная информация о распределении соискателей МД-2018 по федеральным округам представлена на рис. 6.

Как видно из диаграммы, участники МД-2018 из некоторых федеральных округов представили заявки, которые практически не смогли пройти отбор в конкурсных комиссиях (Северо-Кавказский и Южный федеральные округа), в то время как в остальных округах победила почти каждая четвертая заявка, а в Дальневосточном федеральном округе из трех заявок победило две.

В разрезе регионов лидируют Москва (47 заявок из 227, из них 14 победителей), Санкт-Петербург (20 заявок, из них 7 победителей) и Новосибирская область (12 заявок, из них 3 победителя). Остальные регионы представили менее 10 заявок.

Детальная информация о распределении участников по регионам представлена на рис. 7.



Рис. 6. Распределение участников МД-2018 по федеральным округам



Рис. 7. Распределение участников МД-2018 по регионам

Степень участия ведомств и ГРБС в МД-2018 представлена на рис. 8. Подавляющее большинство заявок-победителей, как и в конкурсе МК-2018 – от Минобрнауки России и ФАНО России (70% или 42 заявки из 60).

Конкурс ведущих научных школ – это конкурс среди сложившихся коллективов исследователей различных возрастных групп и научной квалификации, связанных проведением исследований по общему научному направлению и объединенных совместной научной деятельностью.

С целью стимулирования работы и поощрения руководителей новых лабораторий и научных подразделений в 2018 г. было принято решение о поддержке НШ, отвечающих следующим условиям: возраст руководителя на 1 января 2018 г. не должен превышать 50 лет и за период 2013–2017 гг. руководителем научной школы должно быть подготовлено (подтверждено дипломом ВАК) минимум три кандидата и (или) доктора наук.

В заявочную кампанию 2018 года зарегистрировалось 210 НШ, представили полный комплект конкурсных документов – 128. Учитывая отклонение заявок по формальному призна-

ку, всего допущено к участию в конкурсе 126 НШ. По результатам работы экспертных комиссий конкурс выиграли 50 ведущих научных школ.

Анализ детализации конкурса в разрезе областей знаний показал, что наибольшую активность показали научные школы таких областей знаний, как «Общественные и гуманитарные науки», «Технические и инженерные науки» и «Медицина», наименьшую – «Биология и науки о жизни».

Распределение соискателей и победителей НШ-2018 по областям знаний представлено на рис. 9.

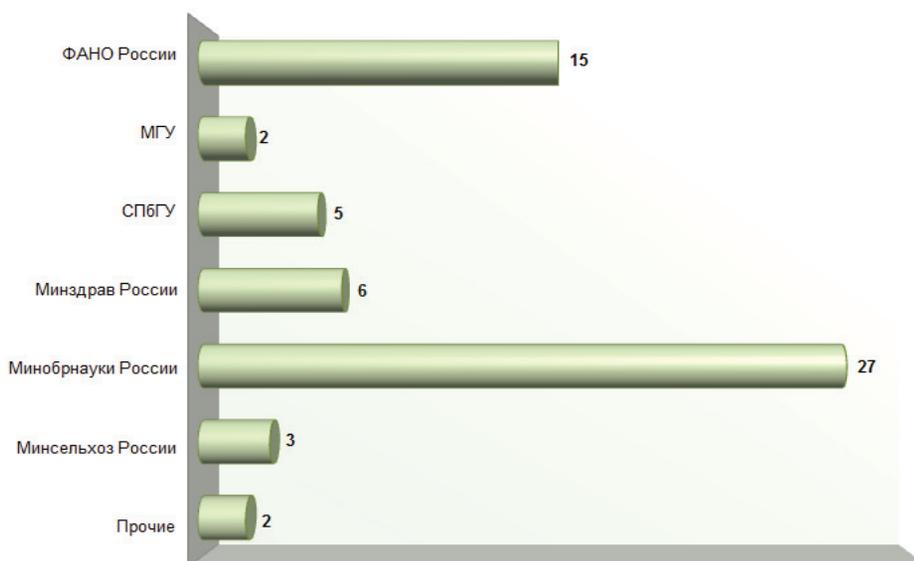


Рис. 8. Распределение победителей МД-2018 по ведомствам и ГРБС



Рис. 9. Распределение участников НШ-2018 по областям знаний

Также, как и в конкурсах МК-2018 и МД-2018 в конкурсе научных школ приняли участие представители всех федеральных округов страны. Распределение соискателей НШ-2018 по федеральным округам представлено на рис. 10.

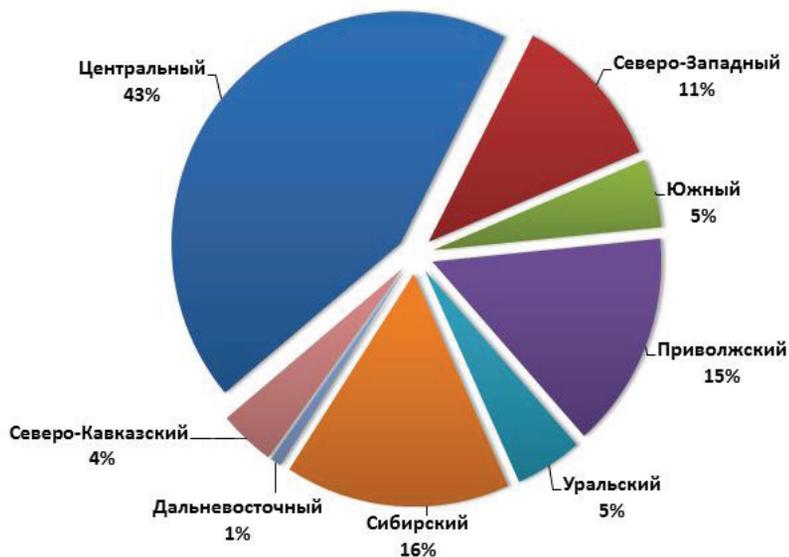


Рис. 10. Распределение участников НШ-2018 по федеральным округам

В разрезе регионов ситуация аналогична конкурсам МК-2018 и МД-2018, лидеры прежние – Москва и Санкт-Петербург. Детальная информация – на рис. 11.



Рис. 11. Распределение победителей НШ-2018 по регионам

Распределение заявок-победителей НШ-2018 относительно ведомственной принадлежности представлено на рис. 12. Как видно из диаграммы, 66% заявок-победителей (33 заявки из 50) подано представителями организаций, подведомственных Минобрнауки России и ФАНО России.

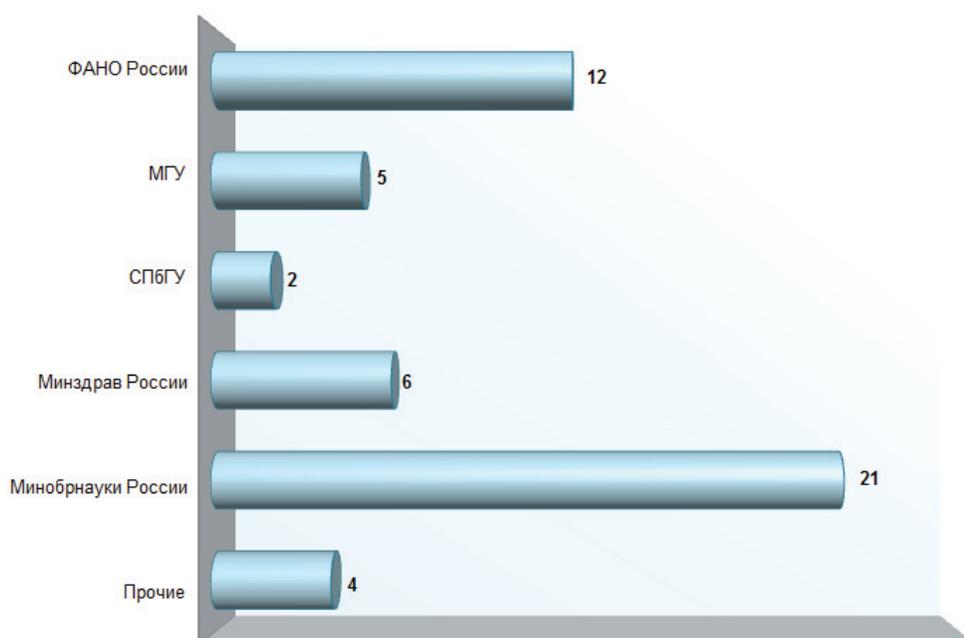


Рис. 12. Распределение победителей НИС-2018 по ведомствам и ГРБС

Одна из актуальных задач при проведении всех трех конкурсов 2018 г. – оценка показателей публикационной активности победителей. Сводные данные о количестве представленных публикаций, индексируемых в международных информационно-аналитических системах научного цитирования WoS и Scopus приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обобщенные сведения о количестве публикаций победителей конкурсов 2018 г., индексируемых в WoS и Scopus

Область знаний	МК-2018		МД-2018		НИС-2018	
	Количество публикаций					
	WoS	Scopus	WoS	Scopus	WoS	Scopus
Математика и механика	75	114	30	30	279	334
Физика и астрономия	396	481	119	135	183	193
Химия	460	497	74	77	353	367
Биология	229	231	69	78	161	172
Науки о Земле	127	138	32	38	136	150
Общественные науки	128	126	35	38	52	98
Медицина	43	47	25	23	127	180
Технические науки	389	597	111	132	372	419
Информатика	100	175	17	25	61	84
Сельскохозяйственные науки	23	41	10	10	44	78

Анализ представленных результатов конкурсов 2018 года свидетельствует о сохранении интереса молодых ученых к такой форме государственной поддержки отечественной науки, как конкурсы на право получения гранта Президента Российской Федерации, их ежегодное проведение способствует закреплению талантливой молодежи в российских научных организациях и обеспечивает ее привлечение к решению проблем страны.

Статья подготовлена по материалам работ в рамках Государственного задания ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ на 2018 год, проект 2.12601.2018 12.1.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ТОМТОРА: ЕСТЬ ЛИ КОМПРОМИСС МЕЖДУ ЭКОЛОГИЕЙ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ЭФФЕКТАМИ?

Н.Ю. Самсонов, ст. научн. сотр. Института экономики и организации промышленного производства, СО РАН, г. Новосибирск, канд. экон. наук, samsonov@ngs.ru

Я.В. Крюков, ст. научн. сотр. Института экономики и организации промышленного производства, СО РАН, г. Новосибирск, канд. экон. наук, zif_78@mail.ru

В.А. Яценко, мл. научн. сотр. Института экономики и организации промышленного производства, СО РАН, г. Новосибирск, yatsenko.viktor@gmail.com

А.В. Толстов, зам. дир. Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН г. Новосибирск, д-р геол.-мин. наук, tols61@mail.ru

Сформулированы основные аспекты, оказывающие влияние на экологическую систему Арктического региона Республики Саха (Якутия) при предстоящей разработке редкоземельного месторождения Томтор (участки Буранный, Северный и Южный). Предложены способы решения проблем, учитываемые при освоении уникального объекта, рассчитаны получаемые социально-экономические эффекты.

Ключевые слова: экология, экосистема, Томтор, Арктическая зона, редкоземельные металлы, наилучшие доступные технологии, социально—экономические эффекты.

RARE-EARTH RAW MATERIAL OF TOMTOR DEPOSIT: IS THERE A COMPROMISE BETWEEN ECOLOGY AND SOCIO-ECONOMIC EFFECTS?

N. Yu. Samsonov, Senior Researcher, Institute of Economics and Organization of Industrial Production of SB RAS, Novosibirsk, Doctor of Economics, samsonov@ngs.ru

Ya. V. Kryukov, Senior Researcher, Institute of Economics and Organization of Industrial Production of SB RAS, Novosibirsk, Doctor of Economics, zif_78@mail.ru

V. A. Yatsenko, Researcher, Institute of Economics and Organization of Industrial Production of SB RAS, Novosibirsk, yatsenko.viktor@gmail.com

A. V. Tolstov, Deputy Director, Institute of Geology and Mineralogy named after V.S. Sobolev of SB RAS, Novosibirsk, Ph. D. of Geology and Mineralogy, tols61@mail.ru

The main aspects influencing the ecological system of the Arctic region of the Republic of Sakha (Yakutia) with the forthcoming development of the rare earth Tomtor are formulated. Methods of solving problems taken into account when mastering a unique object are proposed, and the resulting socio-economic effects are calculated.

Keywords: ecology, ecosystem, Tomtor, Arctic region, rare earth metals, best available technologies, social and economic effects.

В России и за рубежом широко развиты научные направления, исследующие экологические аспекты экономики и экологические вопросы природопользования. Наиболее встречающиеся проблемы связаны с развитием законодательной и институциональной системы экологического мониторинга регионов и субъектов хозяйственной деятельности, организации экологического аудита, формирования экологических каркасов территорий, разработки систем управления экологическими рисками и еще множество достаточно узких тем. Экология и экономика освоения ресурсов – в основном, малоизученная сфера, что во многом объяс-

няется дефицитом необходимой для проведения исследования комплексной информации об экологических, геологических, геохимических параметрах природных объектов.

2017 год объявлен в России Годом экологии, что придает новый импульс работе по совершенствованию природоохранного законодательства, внедрению современных ресурсосберегающих технологий, переходу российских предприятий на их использование, в особенности в условиях Арктического региона. Эта проблематика напрямую касается рационального освоения его минерально-сырьевой базы российской горнодобывающей отрасли, поэтому основная задача стоит в паритете экологической составляющей и получении значимых социально-экономических эффектов.

Россия обладает уникальным набором месторождений полезных ископаемых, способных в долгосрочном периоде полностью обеспечить текущие и прогнозируемые внутренние потребности нашей экономики и существенно нарастить объем экспортных поставок [1]. Особое место в структуре полезных ископаемых, прежде всего из-за уникальных физико-химических свойств и востребованности высокотехнологичной продукции, занимают редкоземельные металлы (РЗМ).

В 2020 г. в промышленную эксплуатацию вводится участок Буранный Томторского ниобий-редкоземельного месторождения, пироклор-монацит-крандаллитовые руды которого характеризуются уникально высокими абсолютными концентрациями оксидов РЗЭ. На лицензированном Буранном участке Томторского рудного поля ООО «Востокинжиниринг» к настоящему времени выполнены разведочные работы, ведется подготовка к освоению месторождения. На Северном и Южном участках в 2016 г. завершены оценочные работы, и их запасы будут учтены Государственным балансом. В результате этого уникальные ниобий-редкоземельные ресурсы месторождений Томторского рудного поля существенно повысят совокупные разведанные запасы РЗМ, а также ниобия и скандия, что подтверждает ранг Томторского рудного поля как мирового эталона редкоземельных месторождений-гигантов [2].

Важнейшим отличием, влияющим на экосистему Томторского рудного поля, является исходный состав руд месторождения:

1. Железородная залежь нижнего структурного этажа с запасами, превышающими 500 млн тонн до глубины 500 метров (комплексные железо-фосфорные руды с сопутствующими компонентами, РЗЭ, РЗМ).

2. Пироклор-монацит-крандаллитовые руды переотложенных кор выветривания верхнего рудного горизонта, имеющие исключительно «пестрый» геохимический спектр сопутствующих компонентов, в том числе тяжелых металлов и элементов-токсикантов 1–4 классов экологической опасности.

Существующие принципы и методы оценки экологического состояния окружающей среды определяют необходимость последовательного изучения природного объекта на основе изменения природных сред и исходных параметров экосистемы (табл. 1) в результате техногенеза. Этот процесс основывается на экономических интересах компании-недропользователя, а также социально-экономических интересах региональных и местных властей, а также населения, проживающего в районе места ведения хозяйственной деятельности.

Разработка месторождения как открытым, так и подземным способом вызывает существенные изменения в окружающей среде, которые определяются двумя группами факторов:

- нарушением поверхности над отрабатываемым месторождением;
- формированием в районе горнодобычных работ отвалов вскрышных пород и забалансовых руд.

Все другие действующие факторы являются интегральной составляющей этих двух главных факторов. При этом изменения, происходящие в состоянии и свойствах мерзлых пород и руд, оказывают соответствующее воздействие на ландшафты, поверхностные воды, почвы, атмосферу, а через них – на экологические системы. При прогнозе техногенных изменений природной среды вследствие разработки месторождения определяется, что геологическая

среда, входящая в экологическую систему в естественном залегании, находится в условиях равновесия. Это равновесие нарушается при разработке месторождения.

Таблица 1

Главные характеристики естественного состояния экосистемы Томторского рудного поля

Параметры экосистемы	Основные характеристики
Природно-климатические условия	Рельеф структурно-денудационный, слабо расчлененный, носит равнинный, полого-увалистый характер. Климат – субарктический с чертами континентального
Растительность и почвы	Территория относится к Среднесибирскому ботанико-географическому региону, и входит в состав Оленекской ботанической провинции северо-таежных редкостойных лесов из лиственницы даурской. Распространены лиственнично-кустарниково-мохово-лишайниковые леса. Почвенный состав однороден и представлен подзолистыми, дерново-подзолистыми почвами с низким содержанием гумуса
Геологическая среда и ее геохимические особенности	Геологическое строение обусловлено приуроченностью к Уджинскому сводовому поднятию, в пределах которого выявлены массивы щелочно-ультрамафитовых пород Томтор, Богдо и Промежуточный, а также широко проявлен, особенно в пределах зоны глубинных разломов, полиформационный магматизм (базитовый, щелочно-ультраосновной, кимберлитовый)
Тектонические и ландшафтно-геохимические особенности района	Массив расположен на северо-восточной окраине Сибирской платформы, в области сочленения Анабарского и Оленекского поднятий с Лено-Анабарским краевым прогибом. В настоящее время рассматриваемый район представляет собой пенепленизированную поверхность с пологоволнистым рельефом
Геохимическая характеристика	Основное влияние на формирование геохимического облика современной экосистемы массива оказывают породы гипергенного комплекса, в составе которых участвуют образования каолинит-карналлитового, сидеритового, гетитового, франколитового горизонтов и плащевых кор выветривания
Биогеохимические параметры	Типичная растительная ассоциация района: лиственнично-кустарниково-мохово-лишайниковые редколесья.
Гидрогеохимические особенности	Поверхностные воды района работ приурочены к бассейнам трех основных водотоков: р.р. Чимара, Онгкучах, Уджа
Радиационный фон	Район массива Томтор сопровождается повышенной естественной радиоактивностью (источником является зона торий-редкоземельного и ниобиевого оруденения). Радиозоологическая обстановка экологически удовлетворительная, не представляющая собой опасности для живого мира

При нарушении равновесного состояния месторождения, представляющего собой определенный объем горных пород и руд, неизбежны явления, характеризующиеся деформациями, разрушением и перемещением десятков и сотен тысяч кубических метров руды и вскрышных пород (мерзлых грунтов). При освоении Томторского месторождения целесообразно учитывать следующие аспекты и факторы, влияющие на экосистему и решение соответствующих проблем (табл. 2).

1. *Повышенная естественная радиоактивность* руд составляет первую проблему освоения месторождения, поскольку требует принятия специальных мер, необходимых для предотвра-

щения ее распространения и возможного негативного воздействия радиации на людей. В целом невысокие радиологические характеристики кондиционных руд, по сравнению с объектами-аналогами, в целях безопасности персонала дают основание рекомендовать при разработке месторождения руководствоваться правилами и нормативами как при работе с радиоактивными рудами. Ограничений на перевозку кондиционных пироклор-монацит-крандаллитовых руд, естественная радиоактивность которых находится на уровне 50–300 мкР/час, в герметичных контейнерах, как автомобильным, так и водным (речным и морским) транспортом не существует. Главное требование, относящееся к отработке и транспортировке руды, соблюдать которое необходимо по всей цепочке «от карьера до комбината», – не допускать просыпания руды, что должно неукоснительно соблюдаться при любой схеме освоения месторождения.

Таблица 2

Факторы, влияющие на экосистему и решение соответствующих проблем

Особенности, влияющие на экосистему	Учет особенностей, влияющих на экосистему
Повышенная естественная радиоактивность руд	Контроль производственных процессов, учет действующих нормативов при добыче и транспортировке руды
Условия залегания переотложенных руд при выемке руд	Наиболее щадящий механический (безвзрывной) способ подготовки горной массы к выемке
Транспортировка руды	Соблюдение требований и режима к перевозке руд (тарирование в специальную сертифицированную тару производственно-технического назначения, исключая ее просыпание), контроль радиационного фона при добыче, транспортировке и перевалке
Технологические особенности переработки руд	Технология химического разложения исходной руды на удаленном химико-металлургическом заводе, контроль технологических процессов работы горнодобывающего комплекса
Экологические проблемы	Мониторинг с целью контроля состояния окружающей среды, природных ресурсов и источников антропогенного воздействия. Внедрение системы экологического менеджмента, технологий снижения загрязнений в производственной деятельности (обращение отходов, утилизация отработанных нефтепродуктов, резинометаллических изделий, шин, лома и пр.)

2. *Горно-геологические особенности* отработки месторождения обусловлены уникальными параметрами и условиями залегания руд, которые в целом являются весьма благоприятными для отработки открытым способом (карьером) максимальной производительностью 250 тыс. тонн руды в год. Опыт работ при добыче такого незначительного объема в подобных условиях отсутствует, поэтому принятый открытый способ отработки требует тщательного подхода к решению природоохранных мероприятий. При этом горнодобывающему предприятию необходимо уже на стадии проектирования учесть все возможные варианты выемки руды для минимизации ущерба, неизбежно наносимого окружающей природе. Исходя из условий экологической безопасности и учитывая невысокие прочностные характеристики руды, на Буранном участке возможно применение более щадящего механического (безвзрывного) способа подготовки горной массы к выемке.

3. *Транспортировка руды.* В соответствии с санитарными правилами томторские руды с повышенной естественной радиоактивностью нормируются по показателям радиоактивного излучения на поверхности упаковки и транспорта и не имеют ограничений по перевозке в специальной таре и упаковке производственно-технического назначения, не допускающей рассеивания и распыления рудной массы.

4. *Технологические особенности переработки руд.* В плане экологических последствий особое внимание должны привлекать технологические процессы работы горнодобывающего комплекса (образующиеся отвалы вскрышных пород, рудные склады и склады забалансовых и некондиционных руд, хранилища топлива, отработанных ГСМ, производственных материалов и веществ, захоронения отходов и др.).

5. *Экологические проблемы.* В результате специализированных эколого-радиометрических исследований, выполненных на территории объекта после завершения разведки, установлены основные оценочные геохимические параметры и определен естественный радиационный фон, которые в принципе не вызывают проблем для начала освоения месторождения. Однако при отработке возникают опасения попадания руды на почву, растительность и, в конечном итоге, в современные водотоки района, что обусловлено хранением некондиционных руд в отвалах, из которых неизбежен эоловый и водный разнос частиц руды. Поэтому с начала работы горнодобывающему предприятию необходимо организовать мониторинг, цель которого – контроль состояния окружающей среды, природных ресурсов и источников антропогенного воздействия. Учитывая нерастворимость основных минеральных компонентов руды в водной среде и ограниченную возможность переноса тяжелых рудных частиц ветром, непосредственное влияние отработки месторождения на окружающую природу будет незначительным [3, 4].

Предстоящая экономико-хозяйственная деятельность предопределяет внимание к оценке параметров природного фона экосистемы Томторского массива, направленное на минимизацию неизбежных экологических последствий от ведения горно-добычной деятельности на объекте. Таким образом, *речь идет о масштабном инновационном технологическом оснащении предприятия по разработке запасов, в результате чего негативное воздействие на окружающую среду в технологической цепочке горнодобывающего предприятия может быть минимизировано за счет внедрения лучших доступных технологий.*

При оценке социальной эффективности ведения хозяйственной деятельности необходимо учитывать рост доходов бюджетных средств и социально-экономического благополучия населения региона или района. Для этого выполнены стандартные экономические расчеты эффективности перспективного освоения двух участков (Северный и Южный) Томторского месторождения редкоземельных металлов, определяющие все ключевые показатели (NPV, internal rate of return, profitability index, discounted payback period). Однако в качестве главных параметров прямых социально-экономических эффектов для региона далее приведены данные расчетные данные бюджетной эффективности, а также условия и возможности привлечения персонала из числа местного населения Республики Саха (Якутия).

Трудоспособное население непосредственно в районе Томторского рудного поля отсутствует, а ближайший населенный пункт (нежилой поселок Эбелях) расположен в 110 км к западу от Томторского рудного поля на реке Анабар. В 320 км к западу находится поселок Оленек (административный центр Оленекского улуса), в 120 км к западу расположен наслег Жилинда, в 140 км к северо-западу расположен поселок Саскылах (административный центр Анабарского улуса). Трудовые ресурсы в указанных населенных пунктах незначительные, трудоспособная часть населения занята на работах в недавно созданном промышленном предприятии по добыче алмазов и практически не может быть задействована. Основная часть квалифицированных специалистов и рабочих может быть привлечена из других населенных пунктов Республики Саха (Якутия), а инженерно-технический персонал из других российских городов и регионов. Ввиду локального подхода к освоению общая численность занятых на горно-добычном переделе составит около 100 чел., для которых предполагается вахтовый метод работы, предусматривающий замену составов структурных подразделений через 45–60 дней.

Размер заработной платы принимается, исходя из необходимости обеспечения приемлемого уровня оплаты труда, позволяющего привлечь и удержать на предприятии мотивиро-

ванный и квалифицированный персонал. Он основывается на фактических данных о фонде оплаты труда работников добывающей промышленности в Якутии: средняя заработная плата в добывающей промышленности – одна из самых высоких, она составляла в 2016–2017 гг. около 135 тыс. руб. в месяц.

Бюджетная эффективность освоения месторождения Томторское (участков Северный и Южный, при варианте однопроцентного бортового содержания по Nb_2O_5) рассчитана как сумма всех поступлений и отчислений в бюджеты РФ разных уровней за весь период (жизненный цикл) эксплуатации. Расчеты показывают, что совокупные доходы от налогов, сборов и платежей, поступающих в республиканский и местный бюджеты, многократно превосходят потоки в федеральную казну, на которую приходится только 4,5% всех поступлений. Добыча редкоземельного сырья в Республике Саха (Якутия) позволяет республиканскому и местному бюджетам получать практически весь доход от образуемых налогов, сборов и платежей – 95,5%. Из них наиболее существенными являются налоги, доминирующая часть которых остается в регионе, – это НДС на твердые полезные ископаемые (100% в субъекте федерации; в отличие от передачи всего «топливно-энергетического» НДС в федеральный бюджет), а также 90% налога на прибыль, табл. 3.

Таблица 3

Распределение показателей бюджетной эффективности по уровням бюджета, млн руб.

Наименование налогов, сборов и платежей	Распределение по уровням бюджета					
	Федеральный		Региональный (республиканский)		Местный	
	За 1 год	За 20 лет*	За 1 год	За 20 лет*	За 1 год	За 20 лет*
Налог на прибыль	80,2	1362,7	721,9	12263,4	0	0
Налог на имущество	0	0	70,5	1282,0	0	0
НДС	0	0	511,3	8755,0	340,8	5836,7
НДФЛ	0	0	12,5	225,3	33,8	609,3
Транспортный налог	0	0	7,6	140,7	0	0
Регулярный платеж за пользование недрами	0	0,2	0	0,4	0	0
Плата за размещение отходов	0,1	1	0	0	0	0
Плата за выбросы загрязняющих веществ	0,3	5,2	0	0	0	0
Всего	80,6	1368,4	1323,8	22666,8	374,6	6446,0

* Период эксплуатации.

В заключение следует отметить, цель выполненных исследований, результаты которых изложены в статье, достигнута. Во-первых, показаны особенности геологических, геохимических и экологических условий, в которых находится объект природопользования и спрогнозированы техногенные изменения экосистемы при его разработке. Во-вторых, составлены рекомендации по проведению природоохранных мероприятий, направленных на минимизацию влияния хозяйственной деятельности на экологическую систему арктической террито-

рии. В-третьих, определены и рассчитаны объемы экономических выгод, которые распределяются, прежде всего, на социально-экономическое развитие региона и муниципального района, в котором находится природный объект. Таким образом, авторы делают вывод, что действующие требования природоохранного законодательства, ориентированные на минимизацию экологического вреда, не должны блокировать новые центры экономической и хозяйственной деятельности горнодобывающей промышленности, в том числе в арктических территориях. При этом важно находить компромисс между «закручиванием гаек» в отношении разумных экологических требований и реальными возможностями бизнеса создавать новые точки экономической активности, от которых зависят траектории развития целых регионов и их отдельных территорий.

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ 17-32-00048 «Исследование влияния на экосистему Арктической зоны Республики Саха (Якутия) при разработке месторождения редкоземельных руд с учетом оценки социально-экономических эффектов» (рук. Толстов А.В.).

Список литературы

1. Похиленко Н.П., Толстов А.В., Афанасьев В.П., Самсонов Н.Ю. Новые механизмы государственного управления минерально-сырьевой базой стратегических полезных ископаемых Арктической зоны Сибири и Дальнего Востока // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2016. № 5. С. 60–63.
2. Белов С.В., Лапин А.В., Толстов А.В., Фролов А.А. Минерагения платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 537 с.
3. Толстов А.В., Гунин А.П. Комплексная оценка Томторского месторождения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2001. № 11. С. 14–160.
4. Толстов А.В., Лапин А.В., Похиленко Н.П., Овчинников К.В. Скандий и иттрий Томторского рудного поля // Цветная металлургия. 2015. № 4. С. 37–43.

References

1. Pohilenko N.P., Tolstov A.V., Afanasyev V.P., Samsonov N.Yu. (2016) *Novye mekhanizmy gosudarstvennogo upravleniya mineral'no-syr'evoy bazoy strategicheskikh poleznykh iskopaemykh Arkticheskoy zony Sibiri i Dal'nego Vostoka* [New mechanisms of state management of the mineral and raw materials base of strategic minerals of the Arctic zone of Siberia and the Far East] *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* [Mineral resources of Russia. Economics and Management. No. 5, pp. 60–63.
2. Belov S.V., Lapin A.V., Tolstov A.V., Frolov A.A. (2008) *Minerageniya platformennogo magmatizma (trappy, karbonatity, kimberlity)* [Minerageny of platform magmatism (traps, carbonatites, kimberlites)] *Izd-vo SO RAN* [Publishing house of the SB RAS]. Novosibirsk, p. 537.
3. Tolstov A.V., Gunin A.P. (2001) *Kompleksnaya otsenka Tomtorskogo mestorozhdeniya* [Integrated assessment of the Tomtor deposit] *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya* [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geology]. Voronezh, No. 11, pp. 144–160.
4. Tolstov A.V., Lapin A.V., Pohilenko N.P., Ovchinnikov K.V. (2015) *Skandiy i itriy Tomtorskogo rudnogo polya* [Scandium and yttrium of the Tomtor ore field] *Tsvetnaya metallurgiya* [Non-ferrous metallurgy]. No. 4, pp. 37–43.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ РАЗВИТИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ОБЛАСТЕЙ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Д.В. Беликов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, belikovdi@extech.ru

В статье приведены результаты анализа современного состояния научных исследований в области материаловедения, представлены точки зрения экспертов Федерального реестра на перспективные направления развития научно-технической сферы по созданию новых материалов и технологий их получения. Предложены возможные области применения результатов.

Ключевые слова: новые материалы, нанотехнологии, конструкционные материалы, интенсивная пластическая деформация, направленная кристаллизация, криохимический синтез, жаропрочные сплавы, полимерные композиционные материалы, углеродные материалы, волокна, аэрогели, синтетический каучук, функциональные материалы, сенсоры, катализаторы, проводники, гибридные материалы, оптика, кристаллы, магнитные материалы, покрытия и пленки, алмазоподобные покрытия, мембраны, биомиметики, интеллектуальные материалы, диагностика.

PROPOSALS ON PRIORITY DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF NEW MATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES OF DUAL PURPOSE AND ANALYSIS OF POSSIBLE AREAS OF THEIR APPLICATION

D.V. Belikov, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, belikovdi@extech.ru

The article presents the results of the analysis of the current state of scientific research in the field of materials science, presents the points of view of the experts of the Federal Roster for promising areas of development of the scientific and technological sphere for the creation of new materials and technologies for their production. Possible fields of application of the results are proposed.

Keywords: new materials, nanotechnology, construction materials, severe plastic deformation, directional crystallization, cryochemical synthesis, heat resisting alloys, polymeric composite materials, carbon materials, aerogels, synthetic caoutchouc, functional materials, sensors, catalysts, conductors, hybrid materials, optics, crystals, magnetics, coatings and films, diamond like coatings (diamond like carbon), membranes, biomimetics, smart materials, diagnostics.

В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы» накоплен большой опыт проведения аналитических исследований в области приоритетных направлений развития научно-технологического комплекса с привлечением широкого круга отечественных и зарубежных экспертов [1].

Спектр подобных направлений, связанных с созданием и исследованиями новых материалов очень широк: от массовых конструкционных материалов или функциональной оптики, покрытий, пленок, мембран до структур гибридной сенсорики, с эффектом памяти

формы или систем на основе самоорганизации; от технологий и средств предсказательного моделирования до диагностики и кристаллографии неорганических и органических веществ, расшифровки и изучения физико-химических свойств.

Вполне естественно, материаловедение является важным инструментом качественного улучшения характеристик перспективных изделий и средств ВВСТ, выступает как направление возможной модернизации образцов с целью удовлетворения современным тактико-техническим требованиям. А нередко современные материалы служат предпосылками к разработке новых производственных технологий или, наоборот, с целью более широкого внедрения технологии (подобно аддитивным или лазерным) влекут за собой необходимость создания материалов с уникальными свойствами.

Конструкционные материалы

Исследования и разработки по созданию конструкционных материалов на основе металлов, таких как наноструктурированные стали, сплавы, керамики и др. относятся к числу приоритетных направлений науки и техники во всех ведущих странах мира – в США, в странах Европы, в Японии, Китае и других [2]. Особенно большое количество материалов создано в последние годы.

Развитие техники требует создания новых технологий упрочнения железоуглеродистых и модификации Al-сплавов с целью обеспечения комплекса высоких физико-механических свойств, оптимизации соотношения между прочностью, пластичностью и коррозионной стойкостью. В области *конструкционных материалов с повышенной прочностью* активно развиваются новые металлургические методы: недендритная кристаллизация (особенно Al и Mg сплавов), легирование малыми добавками редкоземельных и/или переходных металлов в сочетании с новыми подходами термической обработки, как возврат и повторное старение – RRA (Retrogression and Re-Aging). Так данный подход позволил фирме «Alcoa Inc.» организовать выпуск плит и профилей из сплавов 7000 серии для авиации – высокопрочных сплавов систем Al-Zn-Mg и Al-Zn-Mg-Cu [3].

Создание аморфной и смешанной аморфно-кристаллической структуры в металлических сплавах является сравнительно новым направлением современного материаловедения. Сплавы с подобными типами структуры обладают рядом ценных эксплуатационных свойств, например, таких как высокая твердость, прочность, износостойкость и стойкость к коррозии [2]. В исследованиях, проводимых в основном в Японии, методом быстрого затвердевания были получены образцы сплава $Al_{88}Ni_9Ce_2Fe_1$.

С целью обеспечения отечественного машиностроения, космического и авиастроения перспективными «базовыми» материалами для аддитивного производства или 3D-принтинга сложных деталей, компактирования и спекания актуальны технологии создания порошков. нанокристаллические порошки диоксида циркония в высокотемпературном состоянии и оксидная керамика с высокими механическими и термическими характеристиками. Основа рынка – порошки оксидов металлов (в Европе производится больше порошков оксидов – 90%, в Азии 25% – порошки металлов). Анализ патентов показывает, что основная доля научных исследований относится к использованию порошка алюминия и порошков драгметаллов [2].

Для рассмотрения возможности организации промышленного производства большой интерес представляют наноструктурные порошковые сплавы и новые методы порошковой металлургии. Например, шаровой размол порошков при криогенных температурах – криопомол, «cryomilling» или технологии скоростного термического разложения простых и сложных неустойчивых химических соединений в газовых средах для получения активных микронных порошков железа, алюминия, кобальта, никеля, их сплавов и интерметаллидов. Для получения оксидных порошков с размером кристаллитов 40–300 нм большое распространение получили методы криохимического синтеза (вплоть до температуры кипения жидкого азота) с использованием водных растворов [4].

Одним из современных направлений повышения свойств металлических материалов является целенаправленное формирование микро- и нанокристаллической структуры методами интенсивной пластической деформации (ИПД кручением, метод равноканального углового прессования) [3]. Технологиями формирования объемных наноструктур удается получать материалы с уникальными механическими свойствами: в сплаве 7075 удалось достигнуть прочности от 0,6 до 1 ГПа при относительном удлинении 5%, что близко к стали; ножевая «самурайская» сталь ZDP-189. За рубежом разработки по получению наноструктурированных материалов консолидацией ИПД микронных и нанопорошков ведутся в системе Калифорнийского университета – «The University of California» – «UC», в т.ч. – «University of California, Davis» – «UC Davis» (г. Дэвис, США), «Hitachi Metals, Ltd», Япония).

Большие перспективы применения объемно-наноструктурированных материалов выявлены для группы металлических сплавов с термоупругими мар-тенситными превращениями и эффектом памяти формы, среди которых особенно выделяются сплавы никелида титана TiNi (муфты, предназначенные для обеспечения повышенной герметичности при стыковке деталей и трубопроводов, работающих в условиях высоких давлений; устройства для клипирования кровеносных сосудов, трубчатых структур и мягкоэластичных тканей).

В целом низкотемпературные сверхпластичные свойства наноструктурированных Al и Ti сплавов открывают широкие перспективы получения легких изделий сложной формы в режиме высокоскоростного сверхпластичного формообразования, что снижает энергозатраты и трудоемкость.

Перспективны разработки новых металлических материалов и систем, армированных углеродными нанотрубками с использованием технологии искрового плазменного спекания. Основанные на развитии принципов металлизации и пропитки гибридные технологии синтеза спекаемых высокостойких алмазных композитов инструментального назначения, позволят создать алмазный инструмент нового поколения. Высокостойкий инструмент при обработке твердых материалов и при проходке особо абразивных, крепких пород и вечномерзлых грунтов необходим как для выполнения инженерных задач: буровзрывных работ, водообеспечения, при наиболее трудоемких задачах фортификационного оборудования местности, так и для производства современных материалов для нефтегазовой сферы на промышленных предприятиях.

Для долговременных сооружений: объектов командных пунктов и управления, спецобъектов, взлетно-посадочных полос аэродромов, да и в целом для строительной отрасли, актуальна разработка высокопрочных и сверхвысокопрочных многокомпонентных бетонных смесей (с прочностью 120–200 МПа), фибробетонов нового поколения и многокомпонентных модифицированных сухих смесей.

Конструкционные материалы с высокой термостабильностью

Повышение жаропрочности сплавов на основе тугоплавких металлов, полученное в последние годы, практически полностью связано с использованием упрочнения в результате введения дисперсных фаз внедрения (карбидов, нитридов и окислов металлов IVA и VA групп) в количестве, определяемом технологичностью и эффективностью получаемых гетерофазных структур. Отличительной особенностью таких сплавов является высокая термодинамическая устойчивость фаз внедрения, температуры плавления которых намного превышают температуры плавления металлического компонента.

Важной задачей является создание ультравысокотемпературных материалов на основе тугоплавких боридов металлов для наиболее термонагруженных деталей гиперзвуковых летательных аппаратов работоспособных при аэродинамическом нагреве высокоскоростными потоками воздуха до температур 2000–2500°C; создание новых тугоплавких жаропрочных сплавов на основе металлов ниобия и молибдена, упрочненных их силицидами (системы Nb-Si и Mo-Si) для газотурбинных двигателей и других деталей авиационной техники.

Особое значение имеют исследования в области аддитивных технологий (последовательного синтеза) получения сложнопрофильных изделий, в том числе элементы и узлы газотурбинных двигателей из высокотемпературных керамических материалов, например, на основе нитрида кремния.

Для различных применений актуальны фундаментально-прикладные исследования по созданию конструкционных изделий специального назначения из армированных полимерных композиционных материалов: однонаправленных углепластиков на основе эпоксидной матрицы, углепластиков на олигоимидных связующих, органопластиков; композитов с металлической матрицей, нанодобавками для авиации и космоса; с керамической матрицей для работы при высоких температурах. Углеродные конструкционные материалы со специальной архитектурой, с высокой термостабильностью до 2500 °С и прочностью 300–400 МПа могут быть получены до 2025 г.

В области *легких конструкционных материалов* выращивание монокристаллов с заданными уникальными свойствами позволяет получать новые высокопрочные, сверхлегкие, ультратвердые и жаропрочные материалы. Для авиационных и медицинских применений актуальны разработки наноструктурированного технически чистого титана (рис. 1); для электротехнических нужд – алюминиевой катанки повышенной прочности и термостойкости при сохранении низкой величины удельного электросопротивления.



Рис. 1. Брусок кристаллического титана, изготовлен иодидным методом
(чистота – 99,995 %, вес ~ 283 г, длина ~14 см, диаметр ~25 мм)

Полиамид 12 (нейлон 12) и композиции на его основе применяются как конструкционный, электроизоляционный и антифрикционный материал в электротехнической, радиотехнической, автомобильной, авиационной, нефтедобывающей, приборостроительной, медицинской и других отраслях промышленности. Для ВВСТ используется, к примеру, в производстве очень гибких трубок и шлангов для пневматических систем, в оружии для магазинов и прикладов современных автоматов. Полиамид 12 обладает [5] высокой ударопрочностью (в том числе при низких температурах), имеет самое низкое влагопоглощение среди амидов, высокую стабильность размеров и лучшие диэлектрические свойства, что позволяет применять его в северных широтах, стоек к действию масел, жиров, углеводов, нефтепродук-

тов, спиртов, кетонов, нетоксичен. Однако цена изделий может быть в 3–5 раз выше, чем на продукты из ПА66. В США и ЕС наиболее распространенные решения выполняются на основе ПА66 ввиду сочетания высоких физических, химических характеристик и приемлемой стоимости сырья.

Важным перспективным конструкционным материалом для технологии 3D-печати является теплостойкий диэлектрический функциональный аморфный полимер – полисульфон и сопутствующая задача малоотходной технологии его синтеза.

В последнее время большое внимание уделяется разработкам прочных, упругих, прозрачных и легких материалов посредством преобразования аэрогелей предназначенных, например, для производства облегченных бронежилетов, брони для техники, демпфирующих покрытий и прочных строительных материалов.

Так группа исследователей из лаборатории департамента технологий и наук полимеров Чжэцзянского университета (Zhejiang University, Китай) разработала самый легкий материал в мире – графеновый аэрогель (рис. 2), который можно использовать в качестве изоляционного материала, подложки катализатора или высокоэффективного композита. Плотность ультра-легкого материала ниже плотности гелия и вдвое меньше водорода. Вместо золь-гелевой технологии и других методов, используемых для создания аэрогелей, в Китае применили новый способ сублимационной сушки коллоидного раствора, состоящего из жидкого наполнителя и частиц графена, который помог создать углеродную губку настраиваемой формы.



Рис. 2. Графеновый аэрогель, плотность – $0,16 \text{ мг/см}^3$

Графеновый аэрогель может поглотить органические материалы, в том числе и нефть, по весу превышающие в 900 раз его собственный вес с высокой скоростью поглощения (один грамм аэрогеля поглощает 68,8 грамма нефти всего за одну секунду), что делает его привлекательным материалом для использования в качестве абсорбирующего разлитые нефтепродукты материала. Данный материал по своим физико-механическим характеристикам, к примеру, может решить извечную проблему с подошвой для обуви в костюме сапера.

Замечен стремительный рост разработок прочных износостойких тканей, текстильных волокон, а также новых методов трехмерного прядения; электропроводящих волокон на основе углеродных нанотрубок (рис. 3) для производства сверхлегких бронежилетов, «умной» одежды, интеллектуальных адаптивных маскирующих материалов и покрытий в види-

мом и ИК-диапазонах за счет управляемого в реальном масштабе времени изменения характеристик поглощения, рассеяния и излучения. Возможно использование в системах летного контроля, сенсорах, двигателях.

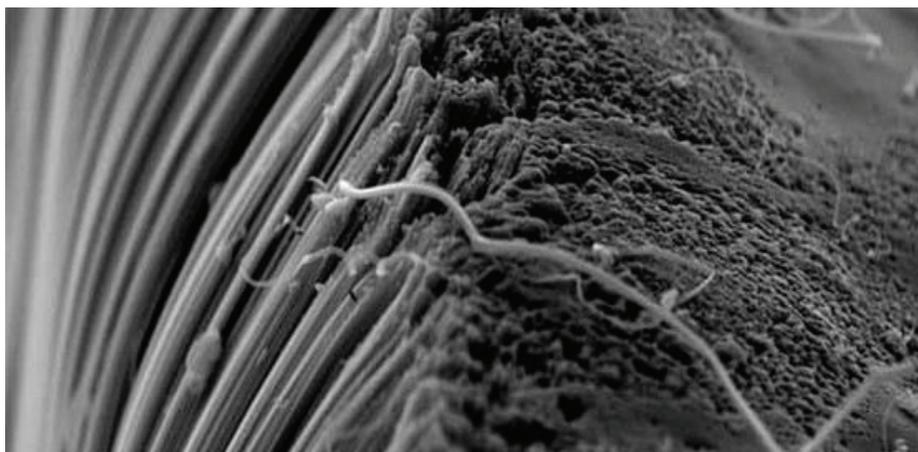


Рис. 3. Углеродные нанотрубки

Для оборонной техники актуально создание и производство улучшенных и перспективных марок фторсилоксановых каучуков нового поколения (покрытия по металлу, стали, алюминию, никелю, титану, оргстеклу; устойчивы при температурах от -60 до $+250$ в агрессивных средах масел, топлива, растворов кислот и щелочей), фоточувствительных полимерных смол с повышенным сроком хранения и энергоэффективных ультрафиолетовых светодиодных установок для отверждения изделий, эластифицированных эпоксидных смол для технических задач точного приборостроения, разработка новых высокоэффективных вяжущих – ненасыщенных поликетонов (покрытия, клеи, герметики).

Для получения современных конструкционных материалов для энергетики важное значение имеют разработки, связанные с теплоизоляционными материалами со сверхнизкой теплопроводностью (на уровне или ниже теплопроводности воздуха), исследования по формированию наноразмерных пор в структуре материала.

С целью защиты человека от вредного воздействия радиации, радиоизлучения, а также сохранения базовых физико-механических характеристик материалов и конструкций и недопущения их деградации не теряют актуальность работы по стойким к вредным электромагнитным, нейтронным и гамма-излучениям веществам.

Функциональные материалы

Технологии применения жидко-кристаллических (ЖК) материалов *в качестве механических сенсоров* позволяют регистрировать давление, а также служить сенсорами механических деформаций и напряжений, способны изменять оптические характеристики под воздействием света. Используются для детектирования примесей вредных или опасных веществ в окружающей среде, в том числе с использованием дистанционных оптических и автономных методов не требующих потребления энергии.

Современные сенсорные материалы позволяют детектировать воздействия механических и электромагнитных полей на устройства, инженерные и транспортные объекты, в том числе в автономном режиме, служат для отображения, преобразования и трансляции информации по оптическим каналам связи. Необходимость замены пленок из хрупкого оксида ин-

дия и олова стимулирует исследования и разработки новых сенсорных ЖК материалов для дисплеев из перспективных материалов на основе графена, серебряных нанопроволок, иных прозрачные токопроводящих оксидов и различных полимерных пленок. Актуальны разработки методов подавления шумов электромагнитной природы и специфических «шумов от кончиков пальцев» в сенсорных ЖК LED и OLED дисплеях стандартных размеров.

Широкое применение в различных отраслях имеют интегрированные сенсорно-диагностические системы для контроля окружающей среды и состояния человека, в том числе на основе графена: BOSH и Институт исследований твердого тела Макса-Планка создали на основе графена магнитный датчик в 100 раз чувствительнее, чем эквивалентное устройство на основе кремния [6].

С использованием сегнетоэлектриков (пьезоэлектриков) разрабатываются высокоточные позиционирующие устройства, например, для сканирующей зондовой микроскопии (исследования, диагностика структуры и качества), для медицинской техники. Ряд наноустройств на базе пьезоэлектриков уже создан (нановесы, одномерные наноструктуры из титаната бария или оксида цинка, использующиеся для генерации электроэнергии).

Создание одномолекулярных сенсорных структур, структур на основе фуллеренов имеет широкое применение [6] от диагностирования до персонифицированной медицины и «точечной» доставки лекарственных средств.

Перспективным направлением в области *функциональных материалов для энергетики и электротехники* является разработка новых полимерных электролитов для систем хранения и накопления энергии [7], электрохимических систем на основе ионных жидкостей. Применяются в системах питания на телекоммуникационных спутниках (в сочетании с солнечными батареями), в устройствах мобильной радиосвязи, ноутбуках и в системах автономного питания для обмундирования военнослужащих нового поколения. Основное место в зарубежных исследованиях занимают вопросы разработки лабораторной технологии, позволяющей контролировать свойства и состав жидкостных каналов и локальной прочности каркаса в процессе приготовления слоев. Ускорение работ в России может быть достигнуто за счет теоретического и экспериментального исследования транспорта сольватированных ионов в неоднородных средах и разработки стохастических моделей твердых полимерных электролитов.

Развиваются работы по созданию новых видов топлива (включая газомоторные виды топлива – ГМТ) и функциональных смазок, а также по способам транспортировки и хранения электроэнергии/энергии на основе технологии ультра-дисперсии газов в жидкостях.

Ожидается, что углеродные наноконкомпозиты как сверхемкие электроды в двух и трехмерных структурах с большой площадью поверхности смогут хранить огромные объемы энергии являясь суперконденсаторами.

Исследования и разработки низкоразмерных слоистых систем и наноструктур в области спинтроники можно будет применить для использования в средах записи информации, сенсорах магнитных полей и устройствах спиновой электроники, а также в системах «стелс-технологий» для ВВСТ.

Крупнейшие мировые производители электронных устройств активно занимаются развитием иных механизмов функционирования электроники, основанных на самоорганизации проводящих каналов («синапсов») внутри твердотельных или полимерных материалов – технологий адаптивной логики (например, мемристоры).

Интересны работы по модификации физических и химических свойств углеродных и органических наноматериалов под действием сверхкороткого лазерного импульсного воздействия с целью создания технологии мультифотонной трехмерной печати и функционализации для электроники.

Обладают уникальными свойствами высокоэффективные полупроводниковые двумерные нанокристаллы, на основе халькогенидных соединений, находящиеся в режиме размерного квантования: гигантской силой оптического осциллятора (материалы для солнечных

батарей, которые могут также использоваться в качестве люминесцентных покрытий, телевизионных матриц, светодиодов, фотоконвертеров). Дополнительно проявляют каталитическую активность, в частности, фотосенсибилизированные процессы искусственного фотосинтеза, обладают эффектом «квантовой ямы» и сверхрешетки, способны генерировать лазерное излучение. На их основе создаются гибридные полифункциональные материалы.

Оптические материалы используются во многих системах и устройствах. Важное значение имеет создание кристаллических материалов: малоразмерных тугоплавких монокристаллов, нелинейно-оптических, электрооптических, акустических, сцинтилляционных кристаллов, микро- и нанокристаллических слоев и композитов для высокоэффективных компактных лазерных и электромагнитных систем нового поколения.

Требуют развития технологии выращивания многофункциональных монокристаллов с уникальными свойствами, направленные на дальнейшее инновационное развитие внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке. На слуху проблемы с дефектами и чистотой более дешевых монокристаллов из Китая.

Глобальный лидер в производстве сапфира – компания «Монокристалл» занимает долю в 44% на мировом рынке материалов для индустрии светоизлучающих диодов и потребительской электроники, а также металлизационных паст для солнечной энергетики [8]. В самом конце 2016 г. на заводе был выращен рекордный кристалл по своему весу (рис. 4).



Рис. 4. Первые в мире кристаллы сапфира весом 300 и 350 кг

На сегодняшний день компания экспортирует более 98% продукции в более чем 25 стран мира, имеет 200 потребителей на трех континентах.

Появление нового класса искусственно модифицированных материалов с особой структурой, метаматериалов, стало причиной интенсивных исследований явлений, связанных с отрицательным коэффициентом преломления. Рефракция и сильная дисперсия являются особыми свойствами метаматериалов. Для создания суперлинзы используются чередующиеся нанесенные на подложку слои серебра и фторида магния, на которых нарезается нанорешетка. В результате создается трехмерная композиционная структура с отрицательным показателем преломления в ближней инфракрасной области [9]. Во втором случае, метаматериал был создан с помощью нанопроволок, которые электрохимически выращивались на пористой поверхности оксида алюминия [10]. Метаматериалы идеальны для маскировки объектов, так как их невозможно обнаружить средствами радиоразведки.

Решающую роль в создании современных изделий имеют новые *магнитные материалы*, применяемые в энергетике, электротехнике и теплотехнике. Технологии производства эффективных магнитотермических материалов.

На основе жидких магнитов и программируемых магнитов с переменной полярностью ведутся разработки сенсорных дисплеев нового поколения с воспроизведением рельефа.

Активно проводятся исследования электрореологических и магнитореологических жидкостей с применением высокодисперсных магнитных частиц для обеспечения больших передаваемых напряжений сдвига в различных устройствах (для контроля вибрации из-за их быстрого времени отклика на приложенное магнитное/электрическое поле и обратимое изменение их жесткости и демпфирующих свойств). При наложении магнитного поля, магнитореологическая жидкость может изменять предел текучести, в зависимости от ее физико-химического состава от 0 до 50–100 кПа.

Для создания ВВСТ, конструкций и продуктов гражданского назначения необходимы исследования и технологии создания супергидрофобных *многофункциональных защитных покрытий* для конструкционных материалов, работающих в неблагоприятных погодных условиях, обеспечивающих многофункциональную долговременную защиту от коррозии, обледенения, сезонных механических разрушений, в том числе пористых материалов. Покрытия для авиационных материалов позволят снизить энергетические и технологические затраты на функционирование противообледенительных систем авиатехники.

С целью устранения отставания в исследованиях и разработках в области магнито-диэлектрических систем особое значение приобретают проекты по магнитным СВЧ наноматериалам и широкополосным радиопоглощающим покрытиям на их основе [11] для ЛА и БПЛА, а также надводных кораблей с радиолокационной заметностью, лежащей ниже уровня обнаружения в условиях боевых действий. Ближайшая задача – разработка растворных и электрохимических технологий для контролируемого роста наноразмерных слоев специальных сплавов.

Ускорение работ может быть достигнуто за счет опережающего теоретического исследования строения и свойств наноразмерных композитов с применением методов вычислительной квантовой химии и прикладной электродинамики СВЧ.

Для новых типов литографии и коллоидных двумерных регулярных покрытий большой площади разрабатываются высокоразрешающие (в т.ч. трехмерные) резисты совместимые с широким спектром подложек: с гибкими, наноткаными, рулонными.

Широкий спектр применения с существенными преимуществами у функциональных покрытий на основе алмазоподобных наноструктур [7]: автомобильные двигатели, уплотнения клапанов, режущие и формовочные инструменты, в микроэлектронике – гидрофобные покрытия для планшетов и самосмазывающие поверхности для магнитных жестких дисков, в оптике – просветляющие покрытия в широком оптическом диапазоне.

Новые типы оружейных смазок и сопутствующие технологии могут найти применение в системах вооружения, производстве машинного оборудования и инструментов. Например, сухие смазки многократно повышают износостойкость оружия и защиту от воздействия коррозии.

Перспективными [11] являются разработки антикоррозионных покрытий на основе металлов ниобия и молибдена, антиокислительных покрытий на основе боридов металлов, создание многофункционального полимер-минерального композиционного материала и покрытий на его основе с повышенной адгезией к широкому классу конструкционных материалов.

Разработка принципов направленного конструирования *наноструктурированных мембранных материалов* для микро-, ультра- и наночистоты, первапорации и газоразделения позволит создать технологии фильтрации наночастиц, органических молекул и даже относительно крупных солей.

Гибридная технология многослойных планарных металлоксидных мембран необходима для изготовления высокоэффективных принципиально новых композитных фильтров различного целевого назначения. Например, композиционная мембранная фольга для мембранных элементов и устройств. Мембраны из оксида графена могут применяться для фильтрации воды в перспективных войсковых средствах полевого водообеспечения, станциях комплексной очистки, для систем опреснения и автономного снабжения чистой и пригодной для питья водой на кораблях.

Для *биомиметических материалов*, подражающих биологическим тканям, прообразом служат способности природных объектов, как из растительного, так и из животного мира. В качестве примера можно привести открытие-закрытие лепестков цветка в зависимости от освещенности, «эффект лотоса», листья которого не смачиваются водой, или заживление ран у людей и животных. Способности биологических систем развивались на протяжении тысячелетий и безусловно они достойны изучения и последующего копирования в инженерном контексте.

В медицине активно исследуются интеллектуальные капсулы для фармацевтики и новые способы доставки лекарств (например, дендримеры), восстановление утраченных или нарушенных функций.

Гибридные, интеллектуальные и настраиваемые материалы

Развитие нанотехнологий ведет к все более широкому распространению «умных» материалов, реагирующих на изменения окружающей среды и изменяющих свои свойства в зависимости от условий: разработки сплавов с памятью формы (например, никелид титана — нитинол способен выдерживать большие величины деформации и возвращаться к исходной форме после снятия нагрузки), в том числе ферромагнитных, интеллектуальных полимеров и управление их поведением. Технологии, основанные на свойствах материалов с памятью формы необходимы для применения в электронике и медицине, аэрокосмической отрасли, например, для активного гашения колебаний конструкций в определенной области частот.

Интересным направлением развития являются исследования в области самозалечивающихся (самовосстанавливающихся) материалов (конструкции и покрытия от авиатехники до режущих инструментов). Например, композиты на эпоксидной основе с микрокапсулами из дициклопентадиена, керамические самовосстанавливающиеся материалы, бетоны, нити из сплава с «эффектом памяти», самосмазывающиеся материалы (в нанокompозитах наполнитель, углеродные нанотрубки или фуллерены, играют роль «подшипников» и уменьшают трение).

Одежда из «умной» ткани способна реагировать на изменение температуры (пропускать воздух, когда жарко, и уплотняться, когда холодно), способна убивать бактерии, разлагать грязь и пот и легко пропускать влагу наружу, отталкивая внешнюю воду. Такая ткань используется для пошива спортивной и спецодежды, постельного белья в госпиталях и одежды для медиков. Существуют интеллектуальные материалы со встроенными нанодатчиками, отслеживающими нарушения в сердечном ритме.

Огромный спектр применения у электро-, термо- и фотохромных материалов, например ЖК-дисплеи, светочувствительная оптика, просветляющие покрытия в широком оптическом диапазоне, в строительстве — фотокаталитические покрытия.

Диагностика материалов и моделирование структуры и процессов

Важную роль в создании перспективных диагностических систем для детектирования, изучения и расшифровки структур и свойств неорганических и органических материалов от спектроскопии до атомно-размерной томографии является создание оптических и сенсорных сверхчувствительных материалов, развитие лазерных систем: разработка новых остросфокусированных источников ионов [11], например, на базе лазерных источников с магнито-оптическими ловушками (Laser Ion Source using Magneto-Optical Trap). Carl Zeiss созданы

и серийно выпускаются ионные микроскопы ORION с низкоэнергетическими (менее 10 кэВ) источниками ионов гелия, обеспечивающими минимальный диаметр ионного пучка около 0,25 нм.

Важным элементом в создании новых материалов является моделирование структуры, связей структура-свойства, прогнозирование на этой основе качественно новых физических и физико-химических свойств кристаллических и наноструктурированных веществ и материалов.

Статья выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по результатам работ в рамках Государственного задания по проекту № 2.12622.2018/12.1.

Список литературы

1. Сайт ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Available at: <http://www.extech.ru>.
2. Аналитический обзор. Объемно-наноструктурированные конструкционные материалы с повышенной прочностью на основе металлов: перспективы исследований, производства и применения. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2015. Available at: http://www.extech.ru/files/anr_2015/anr_4.pdf.
3. Valiev R.Z., Zhilyaev A.P., Langdon T.G. Bulk Nanostructured Materials: Fundamentals and Applications, 2014 by John Wiley & Sons, Inc., 456 p.
4. Tretyakov Yu.D., Shlyakhtin O.A. Recent progress in the cryochemical synthesis of oxide materials // J. Mater. Chem. 1999. Vol. 9. Pp. 19–24.
5. Сайт компании Анид. Available at: <http://www.anid.ru/poliamid>.
6. Беликов Д.В., Бобринецкий И.И. Развитие рынка новых углеродных наноматериалов / М.: Инноватика и экспертиза: науч. тр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Вып. 3(18), 2016.
7. 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.
8. Сайт компании «Монокристалл». Available at: <http://monocrystal.ru>.
9. Valentine J. et al. (2008). Three-dimensional optical metamaterial with a negative refractive index. Nature 455 (7211): 376–9. DOI:10.1038/nature07247. PMID 18690249.
10. Yao J. et al. (2008). Optical Negative Refraction in Bulk Metamaterials of Nanowires. Science 321 (5891). DOI:10.1126/science.1157566. PMID 18703734.
11. Аналитические материалы по управлению, финансированию и перспективам развития сферы науки и технологий за рубежом в приоритетном направлении научно-технологического 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 (www.rosrid.ru).

References

1. Site of SRI FRCEC. Available at: The website of the SRI FRCEC <http://www.extech.ru>.
2. *Analiticheskiy obzor (2015) Ob'umno-nanostrukturirovannyye konstruktivnyye materialy s povyshennoy prochnost'yu na osnove metallov: perspektivy issledovaniy, proizvodstva i primeneniya* [Analytical review. Volumetric-nanostructured structural materials with increased strength on the basis of metals: prospects for research, production and application] *FGBNU NII RINKTsE* [SRI FRCEC]. Available at: http://www.extech.ru/files/anr_2015/anr_4.pdf.
3. Valiev R.Z., Zhilyaev A.P., Langdon T.G. (2014) Bulk Nanostructured Materials: Fundamentals and Applications. By John Wiley & Sons, Inc., 456 p.
4. Tretyakov Yu.D., Shlyakhtin O.A. (1999) Recent progress in the cryochemical synthesis of oxide materials. J. Mater. Chem. Vol. 9, pp. 19–24.
5. Site of «Anid Polymers». Available at: <http://www.anid.ru/poliamid>.

6. Belikov D.V., Bobrynetsky I.I. (2016) *Razvitie rynka novykh uglerodnykh nanomaterialov* [Development of the market for new carbon nanomaterials] *Innovatika i ekspertiza: nauch. tr. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination: Scientific Papers of SRI FRCEC]. Moscow. Issue 3(18).

7. 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 creating and implementing promising materials for the weapons system – the view of Experts of the Federal Roster of Scientific and Technological Sphere] *Innovatika i ekspertiza: nauchnie trudi FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and Expert Examination: Scientific Papers of SRI FRCEC]. Moscow. Issue 2(17).

8. Site of Company «Monocrystal». Available at: <http://monocrystal.ru>.

9. Valentine J. et al. (2008) Three-dimensional optical metamaterial with a negative refractive index. *Nature* 455 (7211): 376-9. DOI: 10.1038/nature07247. PMID 18690249.

10. Yao J. et al. (2008). Optical Negative Refraction in Bulk Metamaterials of Nanowires. *Science* 321 (5891). DOI: 10.1126/science.1157566. PMID 18703734.

11. (2015) *Analiticheskie materialy po upravleniyu, finansirovaniyu i perspektivam razvitiya sfery nauki i tekhnologii za rubezhom v prioritennom napravlenii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya «Novye materialy i industriya nanosistem»* [Analytical materials on management, financing and prospects for the development of science and technology abroad in the priority area of scientific and technological development «New Materials and the Industry of Nanosystems» *Nauchno-tekhnicheskyy otchet, g. Moskva, 2015 g. Gosudarstvennaya registratsiya № 115062510025* [Scientific and technological report, Moscow 2015, State registration No. 1150625 10025] *Mesto khraneniya – FGBNU NII RINKTsE, inv. № 603. Zaregistrovan v Edinoy gosudarstvennoy informatsionnoy sisteme ucheta* [NIOKR Location – SRI FRCEC, inv. No. 603. It is registered in the Unified State Information System for Accounting for Research and Development (www.rosrid.ru)]. Moscow.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕМПЕРАТУРНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОБЫ

В.В. Сидоров, ген. директор ООО НПП «ЛАЗМА», *victor.v.sidorov@gmail.com*
Ю.Л. Рыбаков, дир. центра, ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, д-р биол. наук, *rybakov@extech.ru*
В.М. Гукасов, гл. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, д-р биол. наук,
v_m_gukasov@mail.ru

Разработан метод диагностики микроциркуляторно-тканевой системы, включающей микроциркуляцию кровотока, лимфотока и окислительный метаболизм, с применением функциональных температурных проб: охлаждением и нагревом. Метод направлен на изучение адаптации ткани при температурных тестах для оценки энергетического обеспечения метаболизма. Метод может быть применен для разных задач, так как основывается на общих физиологических процессах в ткани.

Ключевые слова: микроциркуляция, коферменты окислительного метаболизма, лазерная доплеровская флоуметрия, лазерная флуоресцентная спектроскопия, функциональная температурная проба.

DIAGNOSTIC APPROACH FOR ESTIMATION OF THE STATE OF MICROCIRCULATOR-TISSUE SYSTEM USING LASER TECHNOLOGIES AND TEMPERATURE FUNCTIONAL SAMPLE

V.V. Sidorov, General Director, SPE «LAZMA», Ltd, *victor.v.sidorov@gmail.com*
Y.L. Rybakov, Director of Centre, SRI FRCEC, Ph.D. of Biology, *rybakov@extech.ru*
V.M. Gukasov, Chief Scientific Officer, SRI FRCEC, Ph.D. of Biology, *v_m_gukasov@mail.ru*

A method has been developed for diagnosis the microcirculatory-tissue system: microcirculation of blood flow, lymph flow and oxidative metabolism with using functional temperature probes: cooling and heating. The method is reserved at studying the adaptation of tissue at temperature tests to assess the energy supply of metabolism. The method can be used for different tasks, since it is based on general physiological processes in the tissue.

Keywords: microcirculation, coenzymes of oxidative metabolism, laser Doppler flowmetry, laser fluorescence spectroscopy, functional temperature test, diabetes mellitus.

Введение

Разработана технология неинвазивной оценки компарментов микроциркуляторно-тканевой системы (МТС) (синоним – функциональный элемент органа [1]): микроциркуляции кровотока, лимфотока и окислительного метаболизма биоткани с использованием лазерной доплеровской флоуметрии, лазерной флуоресцентной спектроскопии и функциональной температурной пробы. Указанные методы диагностики являются неинвазивными и противопоказаний для использования не имеют. В качестве объекта исследования в данной работе используется кожа большого пальца ноги. Указанная область наиболее нагружена в физиологическом плане по сравнению с другими областями, поэтому для неинвазивных исследований палец ноги наилучшим образом может отражать общее состояние МТС человека.

При исследовании *in vivo* принципиальным является получение диагностической информации из одной и той же области биоткани в реальном масштабе времени в связи с изменением биофизических характеристик ткани в процессе жизнедеятельности.

Метаболические процессы клеточных структур ткани энергозависимы. Изменение энергетического обмена лежит в основе большинства функциональных и энергетических нарушений в тканях. Все энергетические нарушения реализуются на молекулярном уровне [2]. Развитие патологии связано с энергетическим дисбалансом, с нарушением тканевого адекватного энергообразования в результате дефицита аэробного окисления глюкозы.

Материал и методы

Диагностика основана на одновременной оценке активности тканевых коферментов: восстановленного никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) и окисленного флавинадениндинуклеотида (ФАД), участников окислительного метаболизма, способом лазерной флуоресцентной спектроскопии (ЛФС) [3, 4] и показателей микроциркуляции кровотока и лимфотока методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) [5] в трех состояниях ткани: покой, охлаждение при 10°C (снижение активности микроциркуляции и метаболизма) и нагрев при 35°C (повышение активности микроциркуляции и метаболизма) при проведении температурной функциональной пробы. Метод реализован в Аппарате «ЛАЗМА СТ», состоящем из анализатора «ЛАЗМА-Д» для контроля периферического кровотока и лимфотока и коферментов окислительного метаболизма и блока «ЛАЗМА-ТЕСТ» для проведения функциональных температурных проб (регистрационное удостоверение Росздравнадзора № РЗН 2017/5844 от 08.06.2017 г.).

Результаты

Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови и лимфы

Для диагностики применяется зондирование ткани лазерным излучением; обработка отраженного от ткани излучения основана на выделении из зарегистрированного сигнала доплеровского сдвига частоты отраженного сигнала, пропорционального скорости движения частиц в микроциркуляторном русле; в ходе проводимых исследований обеспечивается регистрация изменения потока крови или лимфы в микроциркуляторном русле – флоуметрия (рис. 1).

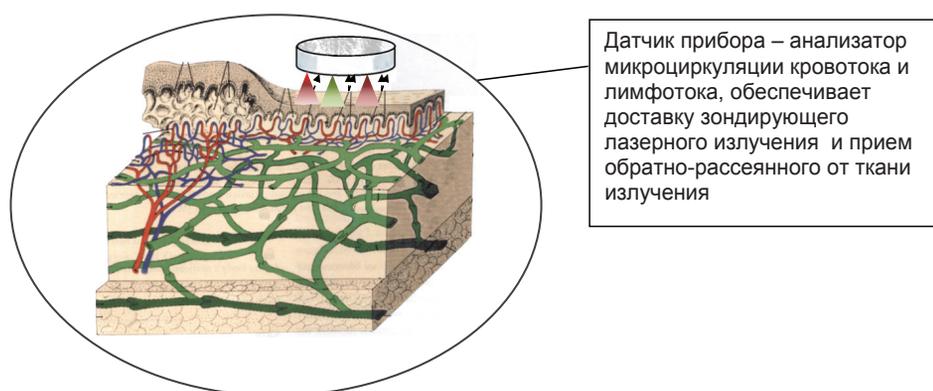


Рис. 1. Схема зондирования ткани в методе лазерной доплеровской флоуметрии

Результат флоуметрии может быть представлен выражением:

$$ПМ = K \cdot N_{эр} \cdot V_{ср}, \quad (1)$$

где: ПМ – показатель микроциркуляции (амплитуда сигнала в вольтах), K – коэффициент пропорциональности ($K = 1$), $N_{эр}$ – число рассеивателей в зондируемом объеме ткани, $V_{ср}$ – средняя

скорость рассеивателей в зондируемом объеме. Основные рассеивающие частицы в микрососудах крови – эритроциты, в микролимфососудах – рассеиватели из интерстиции, попадающие в лимфатические микрососуды в процессе лимфообразования.

Таким образом, в неинвазивном методе ЛДФ результирующий параметр определяет динамическую характеристику микроциркуляции потока частиц – изменение потока в единицу времени в зондируемом объеме.

ЛДФ-сигнал имеет постоянную и переменную от времени составляющие, поэтому показатель микроциркуляции можно представить следующим выражением:

$$ПМ(t) = M + \delta ПМ(t), \quad (2)$$

где: M – постоянная составляющая потока и $\delta ПМ(t)$ – переменная составляющая потока.

Постоянная составляющая M – это средний поток в микроциркуляторном русле за определенный промежуток времени исследований или за выбранный временной интервал анализа ЛДФ-граммы. Именно постоянная составляющая потока M является тем параметром, который сравнивают, когда диагностика основана только на анализе средней величины потока или в ходе исследований оцениваются реакции микроциркуляторного русла на функциональные пробы.

Переменная составляющая ЛДФ-сигнала $\delta ПМ(t)$ обусловлена факторами, влияющими на постоянство потока частиц в микроциркуляторном русле, то есть связана с обстоятельствами, изменяющие величину скорости V_{cp} и концентрацию N_{cp} частиц. Характер изменения величины $\delta ПМ(t)$ определяется вариациями во времени как просвета сосудов, их внутренних диаметров, так и скорости потока, которые контролируются регуляторными факторами в системе микроциркуляции.

В англоязычных публикациях встречаются разные названия измеряемого параметра при ЛДФ кровотока – это red (blood) cell flux, blood flux (flow), volume flux. В 1992 г. в Лондоне European Laser Doppler User Group (ELDUG) было рекомендовано применять при исследованиях единый термин «Laser Doppler Perfusion» (перфузия) для описания выходного сигнала, определяемый как произведение линейной скорости эритроцитов на их концентрацию.

Амплитуда сигнала, пропорциональная произведению (1), измеряется в относительных или перфузионных единицах (пф.ед. или п.е.).

Активные факторы контроля микроциркуляции (тонус-формирующие факторы, непосредственно воздействующие на микрососуды) – это эндотелиальный, миогенный и нейрогенный механизмы регуляции просвета сосудов. Эти факторы модулируют поток крови со стороны сосудистой стенки и реализуются через ее мышечно-тонический компонент. Исполнительным объектом или «мишенью» активных факторов контроля является мышечный компонент сосудистой стенки. В физиологических условиях мишенью нейрогенной регуляции являются артериолы и артериоло-венулярные анастомозы, собственно миогенный компонент регуляции в чистом виде локализован на прекапиллярах и сфинктерах, эндотелиальная регуляция диаметра сосудов затрагивает преимущественно более проксимальные сосуды (мелкие артерии, крупные артериолы).

Пассивные факторы (факторы, формирующиеся вне системы микроциркуляции) – это пульсовая волна со стороны артерий и присасывающее действие «дыхательного насоса» со стороны вен. Эти колебания проникают с кровотоком в зондируемую область, так как микроциркуляторное русло, являющееся составной частью общей системы кровообращения, топографически расположено между артериями и венами.

Влияние активных и пассивных факторов на поток крови приводит к изменению скорости и концентрации потока эритроцитов. Эти изменения вызывают модуляцию перфузии, регистрируются в виде сложного колебательного процесса.

Активные механизмы создают поперечные колебания кровотока в результате чередования сокращения и расслабления мышц сосудов (сменяющие друг друга эпизоды вазоконстрикции и вазодилатации). Пассивные факторы организуют продольные колебания кровотока, выражающие в периодическом изменении давления и объема крови в сосуде. В артериях характер этих изменений определяется пульсовой волной, в венах — колебаниями «дыхательного насоса».

В переменной составляющей $\delta\text{ПМк}(t)$ содержится ценная информация о модуляции кровотока. Ее расшифровка, анализ и интерпретация позволяет диагностировать состояние сосудистого тонуса и механизмов регуляции кровотоком в микроциркуляторном русле. Если постоянная составляющая ЛДФ-сигнала Мк характеризует величину перфузии, то $\delta\text{ПМк}(t)$ — механизмы контроля за перфузией. Таким образом, для диагностики функционального состояния микроциркуляторного русла крови анализируются обе составляющие.

Кровеносные капилляры служат главным источником поступления жидкости в ткань, а вены — протеинов. 5–10% капиллярно-венулярного фильтрата транспортируется из ткани в лимфу и примерно 2–4 литра лимфы в день возвращается в циркуляцию. Лимфатические капилляры (ЛК) являются слепыми сосудистыми трубками диаметром 20–200 мкм, чаще 10–60 мкм (для сравнения диаметр у кровеносных капилляров 4–8 мкм). В англоязычной литературе их называют первичными или терминальными лимфатическими сосудами (initial or terminal lymphatics). Если гидростатическое давление интерстиция выше, чем в ЛК, растягиваются межэндотелиальные соединения, формируются своеобразные поры (первичные клапаны) диаметром около 2 мкм и происходит резорбция. Когда давление уравнивается, клетки эндотелия смыкаются и поступление жидкости в ЛК прекращается. Из ЛК лимфа попадает в лимфатический посткапилляр (ЛП), который имеет базальную мембрану и в нем появляются клапаны для ориентации движения лимфы, а также единичные миоциты, в том числе в зоне клапанов. Следующий отрезок лимфатического русла составляют лимфатические сосуды (ЛС), обладающие 3-х слойной стенкой с гладкими мышцами (contractile or collecting lymphatics). В каждом лимфангионе имеется свой водитель ритма (пейсмейкер), располагающийся на участке ближе к клапану. Фактически генерируемая ими активность — основная движущая сила лимфы (внутренний механизм транспорта лимфы). Основным механизмом, запускающим работу пейсмейкера, считается повышение внутрисосудистого давления и растяжение сосудистых гладких мышц. Лимфатическая система функционирует как дренажный отдел сердечно-сосудистой системы, который не связан с сердцем и специализируется на всасывании из межклеточных пространств и транспорте белков и их комплексов с другими веществами.

Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции лимфы реализована для диапазона скоростей кожного лимфотока, полученных у человека [6] 5–30 мкм/с. Показатель лимфотока оценивается в относительных единицах.

С помощью спектрального анализа записи лимфотока выявлены следующие частотные диапазоны осцилляций лимфотока в коже человека — эндотелиальные (0,005–0,015 Гц), пейсмейкерные фазные осцилляции (0,016–0,042 Гц), миогенные осцилляции (0,05–0,145 Гц) и дыхательные осцилляции (0,2–0,4 Гц) [7]. Лимфатические микрососуды чередуются и переплетаются с кровеносными микрососудами. Происходит механическое давление на микролимфососуды со стороны приносящих (артериолы) и отводящих (вены) кровеносных сосудов. Осцилляции в дыхательном диапазоне 0,2–0,4 Гц выявлялись непостоянно, связаны с механическим давлением со стороны венул. Вследствие высокого гидродинамического сопротивления лимфатических узлов дыхательные ритмы вряд ли могут проникать в периферические лимфатические сосуды и микрососуды, в связи с чем генез дыхательных осцил-

лений – передача на тонкостенные лимфатические сосуды дыхательных ритмов рядом расположенных венул и вен.

Режимы колебаний потока лимфы в микрососудах кожи человека реализуются в двух вариантах – мультистабильном, когда представлены осцилляции разных диапазонов частот и резонансном, когда отчетливо доминируют пейсмекерные фазные осцилляции, передающиеся, вероятно, из более глубоких подкожных мышечно-содержащих лимфатических сосудов.

Лазерная флуоресцентная спектроскопия окислительных коферментов

В качестве индикаторов окислительного метаболизма используются данные о флуоресценции коферментов: восстановленный никотинамидадениндинуклеотид и окисленный флавинадениндинуклеотид, содержащиеся в ткани. НАДН и ФАД концентрируются, главным образом в митохондриях.

Для возбуждения флуоресценции НАДН применяется излучение на длине волны 365 нм, длина волны флуоресценции НАДН – около 460–470 нм. Для возбуждения ФАД применяется излучение на длине волны 450 нм, а длина волны флуоресценции ФАД – около 510–520 нм.

Исследование реакции ткани при охлаждении до 10°C и нагреве до 35°C позволяет оценить изменения как микроциркуляции, так и концентрации коферментов относительно исходного состояния. Метаболические процессы клеточных структур организма энергезависимы. При охлаждении снижается скорость химических реакций субстрата и коферментов, при нагревании активируется утилизация субстрата и коферментов. Чем более выражены изменения в концентрациях НАДН и ФАД при пробе с нагревом по сравнению с контролем, тем меньше утилизировано субстрата и коферментов в исходном состоянии ткани, значительнее снижение окислительного метаболизма у пациента. Нормализация окислительного метаболизма связана с восстановлением утилизации субстрата и коферментов. Концентрация коферментов должна быть в пределах контрольных значений.

Для снижения оптической помехи при регистрации амплитуд флуоресценции коферментов НАДН и ФАД, обусловленной вкладами флуоресценции флуорофоров на длинах волн флуоресценции указанных коферментов, целесообразно оценивать состояние окислительного метаболизма на основе регистрации изменений ответов флуоресценции при температурном функциональном тесте. В величины приращения (при охлаждении) или уменьшения (при нагреве) амплитуд флуоресценции коферментов не входит флуоресценция коллагена, как одного из доминирующих флуорофоров в коже [6]. Нагрев и охлаждение при указанных температурах не изменяет содержание коллагена в ткани. При расчете величин изменения амплитуд флуоресценции НАДН и ФАД добавка от коллагена как постоянная величина, константа, вычитается.

Выбор температуры нагрева 35°C обусловлено несколькими обстоятельствами. Первое – при 35°C не происходит денатурации белка, в том числе коллагена [1]. Второе – эта температура находится вблизи диапазона 38–40°C, при которой наибольшая скорость ферментативных реакций [1]. Также при 35°C возрастает активность местных регуляторных механизмов кожного кровотока [5], приводящая к увеличению функционирующих капилляров микроциркуляторного русла кровотока.

При охлаждении, как известно, в ткани происходит холодовая вазодилатация, которая не позволяет однозначно зарегистрировать реакции замедления метаболизма из-за увеличения кровотока, как источника нагрева ткани. Охлаждение при 10°C обусловлено методикой оценки реакции ткани, именно при такой температуре время до наступления холодовой вазодилатации около 1 минуты, в течение которой возможно корректно получить данные по ослаблению утилизации субстрата и коферментов.

Совмещение методов лазерной диагностики и температурного теста

Для обеспечения исследований *in vivo* одного объема биоткани рассмотренными методами в реальном масштабе времени создан аппарат «ЛАЗМА СТ», состоящий из анализатора «ЛАЗМА-Д» для контроля периферического кровотока и лимфотока и коферментов окислительного метаболизма и блока «ЛАЗМА-ТЕСТ» для проведения функциональных температурных проб (рис. 2).

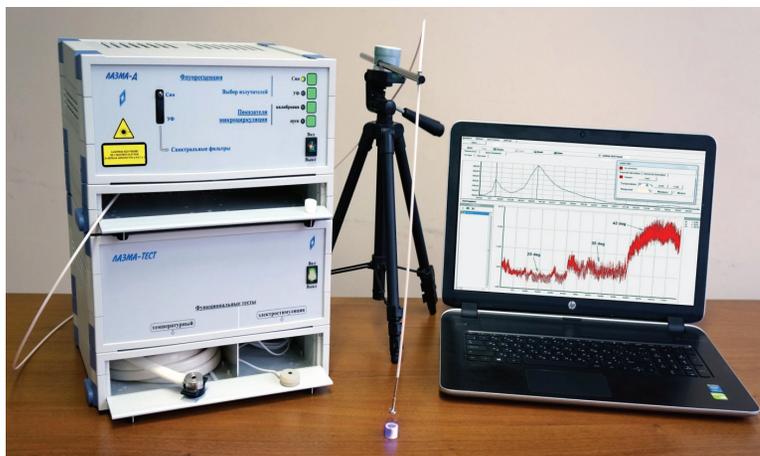


Рис. 2. Аппарат «ЛАЗМА СТ» совместно с ноутбуком, на котором установлено программное обеспечение для регистрации и обработки информации

Оптический волоконный зонд, обеспечивающий доставку излучения лазерных источников и прием отраженного от ткани излучения, анализатора «ЛАЗМА-Д», совмещенный с температурным пробником блока «ЛАЗМА-ТЕСТ» фиксируется на большом пальце ноги, как показано на рис. 3.



Рис. 3. Фиксация оптического волоконного зонда

В работах по оценки окислительного метаболизма методом флуоресцентной спектроскопии применяются разные соотношения между амплитудами флуоресценции НАДН и ФАД. В данной методике регистрируются изменения амплитуд флуоресценции Δ ФАД и Δ НАДН

при температурной пробе относительно амплитуд флуоресценции коферментов при исходной температуре кожи.

Для практического применения предлагается оценивать изменения при температурной пробе показателей микроциркуляции кровотока, лимфотока и амплитуд флуоресценции коферментов относительно исходного состояния, до проведения температурного теста. Полученные результаты сравниваются с контрольными значениями.

Обсуждение и выводы

Разработанный метод и диагностический Аппарат «ЛАЗМА СТ» позволяют дифференцировать состояние энергетического обеспечения метаболизма *in vivo* в зависимости от текущего физиологического состояния человека. Рассмотренный метод диагностики является неинвазивным и противопоказаний для использования не имеет. Метод может быть применен для разных задач, так как основывается на общих физиологических процессах в ткани. При исследованиях у здоровых людей, например, при тестировании спортсменов в ходе тренировочных нагрузок или при адаптационных испытаниях в ходе экстремальных нагрузок, а также при диагностике больных разной патологии. Подбор лекарственных средств для больных может осуществляться в зависимости от полученных результатов диагностики: при нарушениях только микроциркуляции и нормального состояния окислительного метаболизма (субкомпенсированные нарушения) или при стойких нарушениях как микроциркуляции, так и при замедлении химических процессов окислительного метаболизма (декомпенсированные нарушения). Указанный метод позволяет зарегистрировать улучшение энергетического обеспечения метаболизма при индивидуальном подборе терапии.

Статья выполнена в рамках Государственного задания № 26.12599.2018/12.1 Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В. Микроциркуляция. М., Медицина, 1975. 456 с.
2. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия: Учебник. 3-е изд. стереотипное. М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2008.
3. Mayevsky A., Rogatsky G.G. Mitochondrial function in vivo evaluated by NADH fluorescence: from animal models to human studies // *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 2007. Vol. 292, № 2, pp. C615–C640.
4. Mokry M., Gal P. and et al. Experimental study on predicting skin flap necrosis by fluorescence in the FAD and NADH bands during surgery// *Photochem. Photobiol.* 2007. Vol. 83, №. 5. pp. 1193–1196.
5. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информативность, нелинейность (Руководство для врачей) / Под ред. А.И. Крупаткина, В.В. Сидорова. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 496 с.
6. Оптическая биомедицинская диагностика. В 2 т. / Пер. с англ. под ред. В.В. Тучина. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
7. Krupatkin A.I. Oscillatory Processes in Lymph Microcirculation in Human Skin // *Human Physiology*, 2014, Vol. 40, No. 1, pp 52–57.

References

1. Chernukh A.M., Aleksandrov P.N., Alekseev O.V. (1975) *Mikrotsirkulyatsiya* [Microcirculation] *Meditcina* [Medicine]. Moscow, p. 456.
2. Berezov T.T., Korovkin B.F. (2008) *Biologicheskaya khimiya. Uchebnik. 3-e izd.. stereotipnoe* [Biological chemistry: Textbook. 3rd Ed. Stereotyped] *OAO «Izdatel'stvo «Meditcina»* [«Medicine» Publishers]. Moscow.
3. Mayevsky A., Rogatsky G.G. (2007) Mitochondrial function in vivo evaluated by NADH fluorescence: from animal models to human studies. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* Vol. 292, No. 2, pp. C615–C640.

4. Mokry M., Gal P., et al. (2007) Experimental study on predicting skin flap necrosis by fluorescence in the FAD and NADH bands during surgery. *Photochem. Photobiol.* Vol. 83, No. 5, pp. 1193–1196.

5. (2013) *Funktsional'naya diagnostika sostoyaniya mikrotsirkulyatorno-tkanevykh sistem: Kolebaniya, informatsiya, nelineynost' (Rukovodstvo dlya vrachey). Pod red. A.I. Krupatkina, V.V. Sidorova* [Functional diagnostics of the state of microcirculatory-tissue systems: Oscillations, information, nonlinearity (Manual for Physicians). Ed. A.I. Krupatkin, V.V. Sidorov] *Knizhnyy dom «Librokom»* [Book House «Librokom»]. Moscow, 496 p.

6. (2007) *Opticheskaya biomeditsinskaya diagnostika* [Optical biomedical diagnostics] *V 2 t. Per. s angl. pod red. V.V. Tuchina. FIZMATLIT* [In 2 volumes Translated from English under the editorship of V.V. Toochin. FIZMATLIT]. Moscow.

7. Krupatkin A.I. (2014) Oscillatory Processes in Lymph Microcirculation in Human Skin. *Human Physiology*, Vol. 40, No. 1, pp. 52–57.

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ТАРГЕТНОЙ ТЕРАПИИ В РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ – «СТРАТЕГИЯ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ СИГНАЛЬНОЙ ТРАНСДУКЦИИ В РЕГЕНЕРАТОРНО-КОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТКАХ»

Г.Н. Зюзьков, уч. секретарь, зав. лаб. НИИФиРМ им. Е.Д. Гольдберга Томского НИМЦ, д-р мед. наук, проф. РАН, zgn@pharmso.ru

Представлены материалы исследований авторов оригинального, имеющего отечественный приоритет, нового направления таргетной терапии в регенеративной медицине – «Стратегии фармакологической регуляции внутриклеточной сигнальной трансдукции в регенераторно-компетентных клетках». Указанный подход предполагает селективное воздействие перспективных лекарственных средств на ключевые, в той или иной мере специфичные, звенья сигнального каскада, определяющие реализацию функций различных клеток-предшественников, в том числе стволовых клеток (СК), а также элементов микроокружения тканей. Описаны результаты работ по выявлению роли отдельных сигнальных молекул (потенциальных мишеней) в регуляции клеточного цикла родоначальных элементов в различных условиях их жизнедеятельности. На моделях различных патологических состояний продемонстрирована принципиальная возможность и эффективность реализации предлагаемой концепции терапии. Созданная научно-теоретическая платформа послужит основой разработки принципиально новых лекарственных средств с регенеративной активностью.

Ключевые слова: регенеративная медицина, фармакология, внутриклеточная сигнальная трансдукция, стволовые клетки.

THE NEW DIRECTION OF TARGETED THERAPY IN REGENERATIVE MEDICINE IS «THE STRATEGY OF PHARMACOLOGICAL REGULATION OF INTRACELLULAR SIGNAL TRANSDUCTION IN REGENERATIVE-COMPETENT CELLS»

G.N. Zyuzkov, Scientific Secretary, Head of the Laborator, Goldberg Research Institute of Pharmacology and Regenerative Medicine of Tomsk, National Research Medical Center, Ph.D. of Medical Sciences, Professor of RAS, zgn@pharmso.ru

The authors present the materials of the authors' research of the new direction of targeted therapy in regenerative medicine – «Strategies of pharmacological regulation of intracellular signal transduction in regenerative-competent cells», which has a national priority. This approach presupposes a selective effect of perspective drugs on key, to some extent specific, links of the signal cascade that determine the function of various progenitor cells, including stem cells (SC), as well as tissue microenvironment elements. The results of work on revealing the role of individual signaling molecules (potential targets) in the regulation of the cell cycle of the ancestral elements in various conditions of their vital activity are described. On models of various pathological conditions, the possibility and effectiveness of the proposed conception of therapy was demonstrated in principle. The created scientific and theoretical platform will serve as a basis for developing fundamentally new medicines with regenerative activity.

Keywords: regenerative medicine, pharmacology, intracellular signal transduction, stem cells.

Фармакологическое действие существующих лекарственных средств в подавляющем большинстве основано на защите, либо модуляции функций сохранившихся в условиях патологии зрелых клеточных элементов [1, 2]. Однако данная концепция медикаментозного вмешательства в ряде случаев, в первую очередь, при лечении дегенеративных заболеваний, оказывается несостоятельной. Имеющиеся препараты зачастую оказываются не только не способными полностью восстанавливать морфофункциональное состояние органа, но и предупредить развитие прогрессивного характера течения патологического процесса [3, 4]. В связи с этим актуальным представляется разработка принципиально новых патогенетически обоснованных подходов к терапии дегенеративных заболеваний и создание оригинальных лекарственных средств с абсолютно новыми механизмами действия.

Бурное развитие науки в области биологии клетки в последние десятилетия позволило осуществить значительный «прорыв» в понимании значения и функций поли(мульти)потентных клеток-предшественников организма – стволовых клеток (СК), что открыло возможность развития нового направления в лечении многих заболеваний – с помощью клеточной терапии [3–8]. Однако использование при этом экзогенных клеток и тканей в клинических условиях требует решения многих не только морально-этических. Трансплантация недифференцированных элементов, в том числе и СК, чревата рядом осложнений и побочных эффектов. Согласно современным представлениям, организм животных обладает уникальным свойством лимитировать количество делений клеток с высоким пролиферативным потенциалом (способностью к размножению). В оптимальных условиях данное обстоятельство закономерно приводит к потере дочерними клетками возможности безграничной репопуляции и позволяет избежать их злокачественной трансформации [9, 10]. В то же время механизмы, ограничивающие число делений, зачастую оказываются несостоятельными в отношении даже аутологичных мезенхимальных стволовых клеток, что при введении низкодифференцированных популяций извне может обуславливать их неконтролируемую пролиферацию в организме реципиента и, как следствие – опухоленность. Кроме того, при такого рода пересадках хорошо известны осложнения иммунного характера, в том числе связанные с развитием реакции «трансплантат против хозяина». Более того, известно, что трансплантируемые СК зачастую не способны после трансплантации к реализации своего собственного пролиферативно-дифференцировочного потенциала. В частности, мезенхимальные СК сохраняют свою жизнеспособность в организме реципиента всего несколько суток, после чего элиминируются, в основном, путем фагоцитоза макрофагами [11–13], а свои терапевтические эффекты реализуют за счет выработки регуляторов физиологических функций – гуморальных факторов и элементов межклеточного матрикса [14–15].

В то же время существует более физиологичный подход к решению задач регенеративной медицины – фармакологическая стимуляция эндогенных прогениторных клеток, основанная на принципе подражания деятельности естественных регуляторных систем с помощью лекарственных средств [3, 4, 9, 10, 16]. Данное направление имеет отечественный приоритет, разработано в НИИФирм им. Е.Д. Гольдберга Томского НИМЦ и признано мировым научным сообществом (академик РАН А.М. Дыгай и профессор РАН Г.Н. Зюзьков удостоены международной премии Elsevier «SciVal / Scopus Award Russia 2012» (за создание нового мирового кластера науки с отличительными компетенциями – на основании данных аналитического сервиса «SciVal spotlight») [17, 18]). В рамках исследований по данному направлению была разработана научно-практическая основа создания такого рода препаратов, а методические рекомендации по изучению средств для регенеративной медицины изданы в составе «Руководства по проведению доклинических исследований новых лекарственных средств» (регламентирующего процесс разработки новых лекарственных препаратов в России на доклиническом этапе) [3].

В соответствии с современными требованиями фармакологии актуальной представляется разработка селективных средств для регенеративной медицины. Причем, под селективно-

стью следует подразумевать избирательное действие в отношении не только конкретной молекулярной мишени, но и конкретного органа или ткани за счет воздействия на, в той или иной мере, специфичные клеточные и/или субклеточные структуры. При этом на роль таковых, в первую очередь, безусловно, казалось бы претендуют рецепторы к раннедействующим либо линейно рестриктированным факторам роста прогениторных клеток [19, 20]. Однако генноинженерные ростовые факторы не соответствуют в полной мере современным требованиям фармакологии, в том числе – по селективности воздействия и лекарственной безопасности [16, 21]. Практически все ростовые факторы, в той или иной мере, плейотропные и полифункциональные регуляторы функций [20]. Кроме того, их белковая природа, изначально определяет высокую иммуногенность и токсичность [16]. Также далеко не всегда приемлемы их фармакокинетические характеристики, в том числе невозможность приема внутрь, в то время как в регенеративной медицине наиболее комплаентным представляется, именно, пероральное применение лекарственных средств, так как предполагается их длительное использование, многократно повторяющимися курсами. Важным «частным» недостатком является неспособность большинства ростовых факторов проникать в «забарьерные ткани», в первую очередь, через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), что делает невозможным эффективное использование для терапии нейродегенеративных заболеваний [21]. Модифицированные цитокины (конъюгированные с различными носителями), представляющие собой пролонгированные формы аналогов факторов роста имеют, помимо вышеуказанных, и специфические сложности применения. В частности, невозможность адекватного контроля за поддержанием требуемой степени и длительности их фармакологического воздействия. Данный аспект фармакокинетики определяет высокий риск их использования в случае необходимости экстренной элиминации вещества из организма при развитии тяжелых осложнений или побочных эффектов. Существуют также фармацевтические, производственные и экономические недостатки создания подобных средств, так как применение геномных технологий при производстве рекомбинантных форм цитокинов делает эти препараты весьма дорогостоящими [16]. В связи с этим аналоги ростовых факторов не могут рассматриваться в качестве оптимальных кандидатов средств для регенеративной медицины.

Вместе с тем в последние десятилетие в некоторых областях фармакологии активно разрабатывается возможность использования в качестве «мишеней» воздействия ключевых звеньев внутриклеточной сигнальной трандукции. Известно, что любая функция клеток (в том числе их пролиферация, дифференцировка, миграция, старение, трансформация, продукция гуморальных факторов и др.) реализуется посредством системы внутриклеточных сигнальных каскадов, представленных последовательно активируемых друг другом специальных белков – сигнальных молекул [4]. В последние годы активно ведутся исследования, направленные на разработку лекарственных средств на основе модификаторов активности внутриклеточных сигнальных молекул. При этом в онкофармакологии данное направление представляет собой один из основных трендов. Крупнейшими мировыми фармацевтическими производителями разрабатываются лекарственные средства на основе ингибиторов внутриклеточных сигнальных молекул, ответственных за рост и размножение трансформированных клеток. В настоящее время в клинике уже достаточно хорошо себя зарекомендовали такие из них как Руксолитиниб, Дабрафениб, Милтефосин, Сорафениб, Гефитиниб, Иматиниб и др. Наиболее значимым преимуществом данных средств является их селективность в отношении не только вида пораженной патологическим процессом ткани (органа), но и конкретных типов опухолей. Например, для миелопролиферативных заболеваний кроветворной ткани: руксолитиниб (ингибитор JAKs) эффективен в отношении миелофиброза, истинной полицитемии и эссенциальной тромбоцитемии, а иматиниб (ингибитор тирозинкиназы BCR-ABL) – в отношении хронического миелолейкоза [22, 23].

Однако исследований с целью разработки средств с «обратной по знаку» в отношении пролиферации, регенеративной активностью, в мировой литературе до сих пор практически

не описано. В 2013 г. в НИИФиРМ им. Е.Д. Гольдберга была предложена, а в 2016 г. его сотрудниками запатентована «Стратегия фармакологической регуляции внутриклеточной сигнальной трансдукции в регенераторно-компетентных клетках», предполагающая использование в качестве мишеней для таргетного воздействия сигнальных молекул регенераторно-компетентных клеток [4]. При этом указанные элементы включает в себя как прогениторные клетки, так и клетки микроокружения тканей, опосредовано определяющие течение репаративных процессов в тканях [3, 10].

Первостепенное значение в развитии данного направления имеет детальная расшифровка внутриклеточного сигналинга в различных типах регенераторно-компетентных клетках. На сегодняшний день завершен цикл исследований [24–29] по выявлению специфики участия отдельных звеньев внутриклеточной сигнальной трансдукции в реализации функций родоначальных элементов (в том числе мезенхимальных СК, содержащих в своем составе, как частично детерминированные в стромальном направлении клетки, так мультипотентные СК [4]) и зрелых клеток микроокружения. В условиях *in vitro* под влиянием широкого спектра специфических ингибиторов проведена оценка изменений функциональных характеристик клеток-предшественников. В том числе как в условиях их оптимальной жизнедеятельности, так и при воздействии эндогенных и синтетических стимуляторов прогрессии клеточного цикла СК, что было продиктовано необходимостью выявления резервных звеньев сигнальных каскадов.

Показано, что в интактных условиях в процессах реализации ростового потенциала прогениторных элементов важную роль закономерно играют JAKs/STAT-, PI3K-, NF-κB-, MAPK-зависимые сигнальные пути [24–28]. В то же время среди JAKs в стимуляции функций клеток-предшественников задействованы лишь JAK2 и JAK3, а передача сигнала посредством PI3K и NF-κB осуществляется через альтернативные вторичные мессенджеры без традиционного для других клеток участия PKB, PKC и IKK. При этом имеет место активация лишь «классического» ERK1/2 MAPK-сигналинга. Кроме того, для прогениторных клеток выявлена потенциальная бивалентность цАМФ-опосредованного пути [30]. Реализация указанного феномена проявляется их возможностью в различных ситуациях реагировать на возрастание внутриклеточной концентрации цАМФ не только торможением клеточного деления (что свойственно для большинства постнатальных клеток [29]), но и, напротив, стимуляцией прогрессии клеточного цикла, вероятно, за счет активации Ca²⁺/кальмодулин-зависимой протеинкиназы. Вместе с тем не менее важным результатом следует считать негативное влияние JNK на пролиферацию стволовых клеток, роль которой в ряде других клеток, в том числе и опухолевых элементах, сводится к обратному эффекту [24]. Данное отличие от трансформированных элементов, безусловно, делает дополнительно привлекательным использование JNK в качестве мишени средств для регенеративной медицины на основе ее ингибиторов.

Стимуляция функций прогениторных клеток посредством эндогенных регуляторов развивается за счет дополнительного вовлечения PKC и IKK в PI3K- и NF-κB-сигналинг, а также JAK1 – в Янус-киназ-опосредованный путь [24, 26, 28]. В то же время использование полусинтетических алкалоидов продемонстрировала возможность дополнительной активации р38-зависимого («альтернативного») MAPK-сигналинга и вовлечению в процесс передачи сигнала через PI3K протеинкиназы В [25, 27]. Таким образом, стимуляция функций СК с помощью различных регуляторов позволила выявить ряд важных внутриклеточных молекулярных механизмов, ответственных за их реализацию. При этом вовлекаемые в каскад сигнальной трансдукции молекулы, отражают потенциальные, в той или иной мере перспективные, мишени средств с регенеративной активностью. Одни из них для этого должны быть активированы (либо – увеличена их экспрессия), а другие наоборот, блокированы (либо – ингибирован их синтез).

Исходя из этого, в экспериментах на лабораторных животных были изучены некоторые модификаторы отдельных сигнальных молекул на предмет наличия у них регенеративной

активности. В частности, исследована нейропротективная активность ингибиторов JNK. на моделях постгипоксической энцефалопатии [31] и ишемии головного мозга [32] выявлена высокая эффективность данных агентов. При этом коррекция функциональных расстройств деятельности ЦНС и восстановление морфологии головного мозга сопряжено с увеличением содержания нейтральных стволовых клеток в субвентрикулярной зоне головного мозга (сохраняющей популяцию нейтральных СК на протяжении всей жизни млекопитающих [10]). Вместе с тем было выявлено и выраженное участие JNK-опосредованных сигнальных путей в реализации мнестической функции ЦНС, позволяющее говорить о наличии психостимулирующей и/или ноотропной активности у ингибиторов JNK [31]. Указанное обстоятельство делает целесообразным и перспективным исследование возможности их использования в качестве психотропных средств. На сегодняшний день подобного рода препаратов не существует и исследований в этом направлении не проводится.

Кроме того, обнаружена ранозаживляющая активность ингибитора РКА, связанная с повышением реализации регенераторного потенциала стромальных предшественников в раневой поверхности [29].

Наиболее значимый по объему фактический материал в данном направлении накоплен на сегодняшний день в области экспериментальной гематологии. Изучена возможность применения указанного подхода для создания гемостимуляторов. При этом в условиях *in vitro* вскрыта роль большого числа известных сигнальных молекул в реализации ростового потенциала различных кроветворных предшественников, стромальных прекурсоров и зрелых элементов гемопоэстимулирующего микроокружения (ГИМ). Причем, учитывая наибольшую актуальность коррекции миелосупрессивных состояний в клинической гематологии и онкологии после цитостатической терапии, исследования проводились при воздействии различных по механизму действия цитостатиков [33].

В ходе исследований выявлен как ряд общих закономерностей для разных типов клеток, так и ряд особенностей сигнальной трансдукции в них. При этом вскрыты особенности реагирования клеток-предшественников в зависимости от схемы внесения модификаторов активности сигнальных молекул (до или после цитостатика). Каждый конкретный случай представляет собой «отдельный разговор» с важными для будущего развития данного направления выводами. При этом сопоставление характера изменений функционирования различных типов регенераторно-компетентных клеток (клеток-предшественников и клеток-регуляторов) позволяет с высокой долей вероятности прогнозировать наличие гемопротекторной (профилактической использование препарата – до цитостатической терапии) и гемостимулирующей (терапевтическое применение – после развития цитостатической миелосупрессии) активностей у потенциальных лекарственных средств на основе используемых модификаторов активности сигнальных молекул [29, 30, 34].

Вместе с тем уже сегодня показана принципиальная возможность и эффективность использования ингибиторов JNK в качестве гемостимуляторов в условиях терапии антиметаболитами, а активаторов РКА – при назначении цитостатиков алкилирующего ряда [34]. При этом факт наличия у используемых в данном случае для коррекции нарушений кроветворения веществ противоопухолевых свойств [35, 36] делает их выявленные свойства особенно важными. В случае применения подобного рода средств в онкологической практике, по мимо, предупреждения развития побочных эффектов химиотерапии (миелосупрессии), оказывается одновременно достижимо повышение эффективности основного вида лечения – противоопухолевой терапии. Для гемостимуляторов на основе цитокинов – это в принципе невозможно. Более того, разработка многих препаратов (на основе фактора стволовой клетки, фактора роста фибробластов и др.) оказалась невозможной из-за потенцирования ими роста опухолей и/или канцерогенных эффектов [9].

Полученные результаты однозначно подтверждают справедливость и перспективность использования описанных методических приемов в условиях *in vitro* к исследованию влия-

ния модификаторов активности внутриклеточных сигнальных молекул на функциональное состояние регенераторно-компетентных клеток. При этом их совокупность представляет собой «Методологию разработки таргентных гемостимуляторов». Данные лекарственные средства нового поколения способны обладать максимально выраженной селективностью, проявляющейся в отношении: – вида цитостатического воздействия, – режима использования лекарственного средства (до или после цитостатического воздействия), – отдельного(ых) ростка(ов) кроветворения, – клеточных мишеней среди элементов системы крови. Кроме того, применение данных препаратов делает возможным рассчитывать на повышение эффективности непосредственно противоопухолевой терапии. Указанные обстоятельства могут иметь чрезвычайно важное значение в различных конкретных клинических случаях, а приведенные критерии селективности самым строгим образом соответствуют требованиям персонализированной медицины.

В целом, накопленный на сегодняшний день материал в данной области исследований позволяет считать «Стратегию фармакологической регуляции внутриклеточной сигнальной трансдукции в регенераторно-компетентных клетках» высокоперспективным новым направлением таргентной терапии в регенеративной медицине. Дальнейшая разработка в рамках данной, имеющей отечественный приоритет, «прорывной» концепции и ее практическая реализация способны привести к созданию принципиально новых лекарственных средств, в том числе для терапии заболеваний, не поддающихся лечению существующими препаратами.

Научные исследования выполнялись в рамках темы № 0550-2014-0207 государственного задания ФАНО России; НИР поддерживались: Советом по грантам Президента РФ, проекты № МД-893.2013.7, № МД-3096.2015.7; РФФИ, проект № 18-015-00013.

Аналитические работы и прогноз реализации описанного направления фармакологии и регенеративной медицины выполнены в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» (мероприятие 1.1, 2 очередь) по теме «Разработка прогноза реализации приоритета научно-технологического развития, определенного пунктом 20в «Переход к персонализированной медицине, к высокотехнологичному здравоохранению, к технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных)», соглашение на субсидию № 14.601.21.0015.

Список литературы

1. Машковский М.Д. Лекарственные средства: 15-е изд. М.: ОО «Изд-во Новая Волна», 2008. 1206 с.
2. Воронина Т.А., Середенин С.Б. Ноотропные и нейропротекторные средства // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2007. Т. 70. № 4. С. 44–58.
3. Дыгай А.М., Зюзьков Г.Н., Жданов В.В. и др. Методические рекомендации по изучению специфической активности средств для регенеративной медицины // Руководство по проведению доклинических исследований новых лекарственных средств / Под ред. А.Н. Миронова. М.: Гриф и К, 2013. С. 776–787 (944 с.).
4. Зюзьков Г.Н., Жданов В.В., Данилец М.Г., Мирошниченко Л.А., Удут Е.В., Дыгай А.М. Патент RU 2599289. Средства, стимулирующие регенерацию тканей, 2016.
5. Сухих Г.Т., Малайцев В.В., Богданова И.М., Дубровина И.В. Мезенхимальные стволовые клетки // Бюлл. эксперим. биол. и мед. 2002. Т. 133. № 2. С. 124–131.
6. Minguell J.J., Erices A., Conget P. Mesenchymal stem cells // *Experim. Biol. Med.* 2001. Vol. 226. Pp. 507–520.
7. Дыгай А.М., Семченко В.В., Лебедев И.Н., Ерениев С.И., Степанов С. С., Леонтьев В.К., Ярыгин К.Н., Жданов В.В., Петровский Ф.И., Байматов В.Н., Назаренко М.С., Николаев Н.А. Регенеративная биология и медицина. Книга III. Клеточные технологии в клинической медицине. Омск–Москва–Томск–Ханты-Мансийск, Омская областная типография, 2017, 344 с.

8. Бабаева А.Г. Регенерация: факты и перспективы. М. Изд-во РАМН, 2009. 336 с.
9. Дыгай А.М., Зюзьев Г.Н. Клеточная терапия: новые подходы // Наука в России. Москва: Изд-во «Наука», 2009. Том. 169. № 1. С. 4–8.
10. Гольдберг Е.Д., Дыгай А.М., Зюзьев Г.Н. Гипоксия и система крови. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. 142 с.
11. Spaggiari G.M., Capobianco A., Vecchetti S., Mingari M.C., Moretta L. Mesenchymal stem cell-natural killer cell interactions: Evidence that activated NK cells are capable of killing MSCs, whereas MSCs can inhibit IL-2-induced NK-cell proliferation // *Blood*. 2006. Vol. 107. Pp. 1484–1490.
12. Schu S., Nosov M., O'Flynn L. e.a. Immunogenicity of allogeneic mesenchymal stem cells // *J. Cell. Mol. Med.* 2012. Vol. 16. Pp. 2094–2103.
13. Baldari S., Di Rocco G., Piccoli M., et al. Challenges and Strategies for Improving the Regenerative Effects of Mesenchymal Stromal Cell-Based Therapies // *Int J Mol Sci*. 2017. Oct 2; 18(10).
14. Lai R.C., Chen T.S., Lim S.K. Mesenchymal stem cell exosome: a novel stem cell-based therapy for cardiovascular disease // *Regen Med*. 2011. Vol. 6, № 4. Pp. 481–492.
15. Koniusz S., Andrzejewska A., Muraca M., Srivastava A.K., Janowski M., Lukomska B. Extracellular vesicles in physiology, pathology, and therapy of the immune and central nervous system, with focus on extracellular vesicles derived from mesenchymal stem cells as therapeutic tools // *Front Cell Neurosci*. 2016. Vol. 10. Pp. 109.
16. Дыгай А.М., Артамонов А.В., Бекарев А.А., Жданов В.В., Зюзьев Г.Н., Мадонов П.Г., Удут В.В. Нанотехнологии в фармакологии. М.: Издательство РАМН, 2011. 136 с.
17. Куракова Н.Г., Цветкова Л.А., Арефьев П.Г. Новые инструменты анализа и прогнозирования исследовательских стратегий в глобальной науке // *Научоведческие исследования*. 2012: сб. науч. тр. / РАН. ИНИОН М., 2012. С. 81–83.
18. Стародубов В.И., Кузнецов С.Л., Куракова Н.Г. Исследовательские компетенции мирового уровня в области клинической медицины в российской академии медицинских наук // *Вестник российской академии медицинских наук*, 2012. № 6. С. 27–35.
19. Сергеев П.В., Шимановский Н.Л., Петров В.И. Рецепторы физиологически активных веществ. Волгоград: Изд-во «Семь ветров», 1999. 640 с.
20. Система цитокинов. Теоретические и клинические аспекты. Сборник трудов / Под редакцией В.А. Козлова, С.В. Сенникова. Новосибирск: «Наука» 2004. С. 324.
21. Faustino C., Rijo P., Reis C.P. Nanotechnological strategies for nerve growth factor delivery: Therapeutic implications in Alzheimer's disease // *Pharmacological Research*. 2017. Vol. 120. Pp. 68–87.
22. Lacroix M. Targeted Therapies in Cancer. Hauppauge, NY: Nova Sciences Publishers, 2014.
23. Wang Y., An R., Dong X. e.a. Protein kinase C is involved in arsenic trioxide-induced apoptosis and inhibition of proliferation in human bladder cancer cells // *Urol Int*. 2009. Vol. 82(2). Pp. 214–221.
24. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Udut E.V., et al. Role of JNK and Contribution of p53 to the Realization of the Growth Potential of Mesenchymal Precursor Cells under the Effect of Fibroblast Growth Factor // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2015. Vol. 159, № 4. Pp. 479–481.
25. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Miroshnichenko L.A., et al. Involvement of PI3K, MAPK ERK1/2 and p38 in Functional Stimulation of Mesenchymal Progenitor Cells by Alkaloid Songorine // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2015. Vol. 159, № 1. Pp. 58–61.
26. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Udut E.V., et al. Involvement of JAK1, JAK2, and JAK3 in Stimulation of Functional Activity of Mesenchymal Progenitor Cells by Fibroblast Growth Factor // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2016. Vol. 162, № 2. Pp. 240–243.
27. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Udut E.V. et al. Role of cAMP- and IKK-2-Dependent Signaling Pathways in Functional Stimulation of Mesenchymal Progenitor Cells with Alkaloid Songorine // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2015, Vol. 159, Issue 5, pp. 642–645.
28. Zyuz'kov G.N., Danilets M.G., Ligacheva A.A., et al. Role of NF-κB-Dependent Signaling in the Growth Capacity of Mesenchymal Progenitor Cells Under the Influence of Basic Fibroblast Growth Factor // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2014, Vol. 157, Issue 3, pp. 353–356.

29. Зюзьков Г.Н., Удут Е.В., Мирошниченко Л.А., Полякова Т.Ю., Жданов В.В., Удут В.В. Стратегия фармакологической регуляции внутриклеточной сигнальной трансдукции в регенераторно-компетентных клетках // *Гены & Клетки*. 2017. Том XII, № 3. С. 102–103.

30. Зюзьков Г.Н., Удут Е.В., Мирошниченко Л.А. и др. Потенциальная бивалентность цАМФ-опосредованного сигналинга стромальных клеток-предшественников гемопоэзиндуцирующего микроокружения // *Экспериментальная и клиническая фармакология*, 2017. Том 80. № 6. Приложение. С. 13.

31. Зюзьков Г.Н., Суслов Н.И., Поветьева Т.Н. и др. Психифармакологические эффекты ингибитора JNK в условиях постгипоксической энцефалопатии и механизмы их развития // *Бюл. эксперим. биол. и медицины*, 2017. № 1. С. 23–27.

32. Atochin D.N., Schepetkin I.A., Khlebnikov A.I., et al. A novel dual NO-donating oxime and c-Jun N-terminal kinase inhibitor protects against cerebral ischemia–reperfusion injury in mice // *Neuroscience Letters*. 2016. Vol. 618. Pp. 45–49.

33. Дыгай А.М., Жданов В.В., Гольдберга В.Е. и др. Методические рекомендации по изучению гемостимулирующей активности фармакологических веществ // *Руководство по проведению доклинических исследований новых лекарственных средств. Часть первая / Под ред. А.Н. Миронова. М.: Гриф и К, 2013. С. 759–766 (944 с.)*.

34. Зюзьков Г.Н., Удут Е.В., Мирошниченко Л.А., Полякова Т.Ю., Симанина Е.В., Ставрова Л.А., Жданов В.В., Чайковский А.В. Патент 2647833 RU, Гемостимулирующее средство, 2018.

35. Propper D.J., Saunders M.P., Salisbury A.J., et al. Phase I Study of the Novel Cyclic AMP (cAMP) Analogue 8-Chloro-cAMP in Patients with Cancer: Toxicity, Hormonal, and Immunological Effects // *Clin. Cancer Res*. 1999. Vol. 5. Pp. 1682–1689.

36. Hariri R., Stirling D., Zeldis J. Patent US20040028660. Methods of using JNK or MKK inhibitors to modulate cell differentiation and to treat myeloproliferative disorders and myelodysplastic syndromes, 2004.

37. Hariri R., Stirling D., Zeldis J. (2004) Patent US20040028660. Methods of using JNK or MKK inhibitors to modulate cell differentiation and to treat myeloproliferative disorders and myelodysplastic syndromes.

References

1. Mashkovskii M.D. (2008) *Lekarstvennyye sredstva: 15-e izd.* [Medicines: 15-th Edition] *ОО «Izd-vo Novaya Volna»* [Public Association «New Wave Publishing House»]. Moscow, p. 1206.

2. Voronina T.A., Seredenin S.B. (2007) *Nootropnye i neyroprotektornye sredstva* [Nootropic and neuroprotective agents] *Ekspperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya* [Experimental and clinical pharmacology]. P. 70, No. 4, pp. 44–58.

3. Dygai A.M., Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., et al. (2013) *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu spetsificheskoy aktivnosti sredstv dlya regenerativnoy meditsiny* [Methodical recommendations for studying the specific activity of agents for regenerative medicine] *Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy novykh lekarstvennykh sredstv. Pod red. A.N. Mironova. Grif i K* [A guide to conducting preclinical studies of new drugs. Ed. A.N. Mironov. Grif and K]. Moscow, pp. 776–787 (944 p.).

4. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Danilets M.G., Miroshnichenko L.A., Uдут E.V., Dygai A.M. (2016). *Patent RU 2599289. Sredstva, stimuliruyushchie regeneratsiyu tkaney* [Patent RU 2599289. Means stimulating the regeneration of tissues].

5. Sukhikh G.T., Malaitsev V.V., Bogdanova I.M., Dubrovina I.V. (2002) *Mezenkhimal'nye stvolovye kletki* [Mesenchymal stem cells] *Byull. eksperim. biol. i med* [Bulletin of experimental Biology and medicine]. T. 133. No. 2, pp. 124–131.

6. Minguell J.J., Erices A., Conget P. (2001) Mesenchymal stem cells. *Experim. Biol. Med.* Vol. 226, pp. 507–520.

7. Dygai A.M., Semchenko V.V., Lebedev I.N., Yereniev S.I., Stepanov S.S., Leontiev V.K., Yarygin K.N., Zhdanov V.V., Petrovsky F.I., Baimatov V.N., Nazarenko M.S., Nikolaev N.A. (2017) *Regenerativnaya biologiya i meditsina. Kniga III. Kletochnye tekhnologii v klinicheskoy meditsine* [Regenerative biology and medicine. Book III. Cellular technologies in clinical medicine. Omsk–Moskva–Tomsk–Khanty-

Mansiysk. Omskaya oblastnaya tipografiya [Omsk–Moscow–Tomsk–Khanty-Mansiysk. Omsk regional printing house], 344 p.

8. Babaeva A.G. (2009) *Regeneratsiya: fakty i perspektivy* [Regeneration: facts and perspectives] *Izd-vo RAMN* [Izd-vo RAMS]. Moscow, 336 p.

9. Dygay A.M., Zyuzkov G.N. (2009) *Kletochnaya terapiya: novye podkhody* [Cell therapy: new approaches] *Nauka v Rossii. Izd-vo «Nauka»* [Science in Russia. Publishing house «Science», Moscow. Vol. 169. No. 1, pp. 4–8.

10. Goldberg E.D., Dygay A.M., Zyuz'kov G.N. (2006) *Gipoksiya i sistema krovi* [Hypoxia and the blood system] *Izd-vo Tomskogo un-ta* [Publishing house of Tomsk University] Tomsk, p. 142.

11. Spaggiari G.M., Capobianco A., Becchetti S., Mingari M.C., Moretta L. (2006) Mesenchymal stem cell-natural killer cell interactions: Evidence that activated NK cells are capable of killing MSCs, whereas MSCs can inhibit IL-2-induced NK-cell proliferation. *Blood*. Vol. 107, pp. 1484–1490.

12. Schu S., Nosov M., O'Flynn L., et al. (2012) Immunogenicity of allogeneic mesenchymal stem cells. *J. Cell. Mol. Med.* Vol. 16, pp. 2094–2103.

13. Baldari S., Di Rocco G., Piccoli M., et al. (2017) Challenges and Strategies for Improving the Regenerative Effects of Mesenchymal Stromal Cell-Based Therapies. *Int J Mol Sci*. Oct 2;18(10).

14. Lai R.C., Chen T.S., Lim S.K. (2011) Mesenchymal stem cell exosome: a novel stem cell-based therapy for cardiovascular disease. *Regen Med*. Vol. 6, № 4, pp. 481–492.

15. Koniusz S., Andrzejewska A., Muraca M., Srivastava A.K., Janowski M., Lukomska B. (2016) Extracellular vesicles in physiology, pathology, and therapy of the immune and central nervous system, with focus on extracellular vesicles derived from mesenchymal stem cells as therapeutic tools. *Front Cell Neurosci*. Vol. 10, pp. 109.

16. Dygai A.M., Artamonov A.V., Bekarev A.A., Zhdanov V.V., Zyuzkov G.N., Madonov P.G., Udut V.V. (2011) *Nanotekhnologii v farmakologii* [Nanotechnology in pharmacology] *Izdatel'stvo RAMN* [Publishing house RAMS]. Moscow, 136 p.

17. Kurakova N.G., Tsvetkova L.A., Arefiev P.G. (2012) *Novye instrumenty analiza i prognozirovaniya issledovatel'skikh strategiy v global'noy nauke* [New tools for the analysis and forecasting of research strategies in global science] *Naukovedcheskie issledovaniya. Sb. nauch. tr. RAN INION* [Science Studies. Collection of Scientific Papers. RAS. INION]. Moscow, pp. 81–83.

18. Starodubov V.I., Kuznetsov S.L., Kurakova N.G. (2012) *Issledovatel'skie kompetentsii mirovogo urovnya v oblasti klinicheskoy meditsiny v rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* [Research competences of the world level in the field of clinical medicine in the Russian Academy of Medical Sciences] *Vestnik rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]. Moscow. No. 6, pp. 27–35.

19. Sergeev P.V., Shimanovsky N.L., Petrov V.I. *Retseptory fiziologicheskii aktivnykh veshchestv* [Receptors of physiologically active substances] *Izd-vo «Sem' vetrov»* [Publishing house «The Seven Winds»]. Volgograd, 1999, p. 640.

20. (2004) *Sistema tsitokinov. Teoreticheskie i klinicheskie aspekty* [System of cytokines. Theoretical and clinical aspects] *Sbornik trudov. Pod redaktsiyey V.A. Kozlova, S.V. Sennikova* [Collection of works. «Nauka» Edited by V.A. Kozlova, S.V. Sennikov]. Novosibirsk, p. 324.

21. Faustino C., Rijo P., Reis C.P. (2017) Nanotechnological strategies for nerve growth factor delivery: Therapeutic implications in Alzheimer's disease. *Pharmacological Research*. Vol. 120, pp. 68–87.

22. Lacroix M. (2014) *Targeted Therapies in Cancer*. Hauppauge, NY: Nova Sciences Publishers.

23. Wang Y., An R., Dong X., et al. (2009) Protein kinase C is involved in arsenic trioxide-induced apoptosis and inhibition of proliferation in human bladder cancer cells. *Urol Int*. Vol. 82(2), pp. 214–221.

24. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Udut E.V., et al. (2015) Role of JNK and Contribution of p53 to the Realization of the Growth Potential of Mesenchymal Precursor Cells under the Effect of Fibroblast Growth Factor. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. Vol. 159, No. 4, pp. 479–481.

25. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Miroshnichenko L.A., et al. (2015) Involvement of PI3K, MAPK ERK1/2 and p38 in Functional Stimulation of Mesenchymal Progenitor Cells by Alkaloid Songorine *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. Vol. 159, No. 1, pp. 58–61.

26. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Udut E.V., et al. (2016) Involvement of JAK1, JAK2, and JAK3 in Stimulation of Functional Activity of Mesenchymal Progenitor Cells by Fibroblast Growth Factor. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. Vol. 162, No. 2, pp. 240–243.
27. Zyuz'kov G.N., Zhdanov V.V., Udut E.V., et al. (2015) Role of cAMP- and IKK-2-Dependent Signaling Pathways in Functional Stimulation of Mesenchymal Progenitor Cells with Alkaloid Songorine. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. Vol. 159, Issue 5, pp. 642–645.
28. Zyuz'kov G.N., Danilets M.G., Ligacheva A.A., et al. (2014) Role of NF- κ B-Dependent Signaling in the Growth Capacity of Mesenchymal Progenitor Cells Under the Influence of Basic Fibroblast Growth Factor. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. Vol. 157, Issue 3, pp. 353–356.
29. Zyuz'kov G.N., Udut E.V., Miroshnichenko L.A., Polyakova T.Yu., Zhdanov V.V., Udut V.V. (2017) *Strategiya farmakologicheskoy regulatsii vnutrikletochnoy signal'noy transduksii v regeneratormo-kompetentnykh kletkakh* [The strategy of pharmacological regulation of intracellular signal transduction in regenerator-competent cells] *Geny & Kletki* [Genes & Cells]. Vol. XII, No. 3, pp. 102–103.
30. Zyuz'kov G.N., Udut E.V., Miroshnichenko L.A. (2017) *Potentsial'naya bivalentnost' tsAMF-oposredovannogo signalinga stromal'nykh kletok-predshestvennikov gemopoezindutsiruyushchego mikrookruzheniya* [Potential bivalence of cAMP-mediated signaling of stromal progenitor cells of the hemopoiesis-inducing microenvironment] *Ekspperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya. Tom 80. No. 6. Prilozhenie* [Experimental and Clinical Pharmacology. Vol. 80. No. 6. Application. P. 13].
31. Zyuz'kov G.N., Suslov N.I., Poveteva T.N., et al. *Psikhifarmakologicheskie efekty ingibitora JNK v usloviyakh postgipoksicheskoy entsefalopatii i mekhanizmy ikh razvitiya* [Psychopharmacological effects of the JNK inhibitor in conditions of posthypoxic encephalopathy and the mechanisms of their development] *Byul. eksperim. biol. i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine], pp. 23–27.
32. Atochin D.N., Schepetkin I.A., Khlebnikov A.I., et al. (2016) A novel dual NO-donating oxime and c-Jun N-terminal kinase inhibitor protects against cerebral ischemia–reperfusion injury in mice *Neuroscience Letters*. Vol. 618, pp. 45–49.
33. Dmitriy N. Atochin, Igor A. Schepetkin, Andrei I. Khlebnikov.
34. Dygai A.M., Zhdanov V.V., Goldberg V.E., et al. (2013) *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu gemostimuliruyushchey aktivnosti farmakologicheskikh veshchestv* [Methodical recommendations for the study of the gemostimulating activity of pharmacological substances] *Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy novykh lekarstvennykh sredstv. Chast' pervaya. Pod red. A.N. Mironova. Grif i K* [A guide to conducting preclinical studies of new drugs. Part One. Ed. A.N. Mironov. Grif and K, pp. 759–766 (944 p.)]. Moscow.
35. Zyuz'kov G.N., Udut E.V., Miroshnichenko L.A., Polyakova T.Yu., Simanina E.V., Stavrova L.A., Zhdanov V.V., Tchaikovsky A.V. (2018) Patent 2647833 RU, *Gemostimuliruyushchee sredstvo* [Patent 2647833 RU, Gemostimulating agent].
36. Propper D.J., Saunders M.P., Salisbury A.J., et al. (1999) Phase I Study of the Novel Cyclic AMP (cAMP) Analogue 8-Chloro-cAMP in Patients with Cancer: Toxicity, Hormonal, and Immunological Effects. *Clin. Cancer Res.* Vol. 5, pp. 1682–1689.
37. Hariri R., Stirling D., Zeldis J. (2004) Patent US20040028660. Methods of using JNK or MKK inhibitors to modulate cell differentiation and to treat myeloproliferative disorders and myelodysplastic syndromes.

НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ПРИ СОЗДАНИИ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

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

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

В статье рассмотрены основные понятия терагерцового излучения и терагерцового диапазона частот, область их военного применения при создании высокоточного оружия и перспективных образцов вооружений, военной и специальной техники. Проанализированы такие области использования терагерцового частотного диапазона за рубежом, как: радиолокационные системы различного назначения; робототехнические комплексы военного и двойного назначения; микроэлектронные устройства и системы, разрабатываемые Управлением перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA). Представлена структура и динамика мировой патентной активности в области использования терагерцового диапазона радиоволн. Сформулированы предложения по приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации в интересах обороны и обеспечения безопасности государства в области использования и развития терагерцового диапазона частот.

Ключевые слова: терагерцовое излучение, терагерцовый диапазон частот, высокоточное оружие, радиолокационная система, робототехнический комплекс, микроэлектроника, электронные технологии, оборонные исследования, ДАРПА, ведущие зарубежные страны, вооружение, военная и специальная техника.

FOREIGN EXPERIENCE IN THE USE OF THE TERAHERTZ FREQUENCY RANGE IN THE CREATION OF MODELS OF WEAPONS, MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT

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

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

The basic concepts of terahertz radiation and terahertz frequency range, the area of their military application in the development of precision weapons and advanced models of armaments, military and special equipment are considered in the article. Such areas of terahertz frequency range usage abroad as: radar systems for various purposes are analyzed; robotic complexes for military and dual use; microelectronic devices and systems developed by the Office of Advanced Research Projects of the US Department of Defense (DARPA). The structure and dynamics of the world patent activity in the field of using the terahertz range of radio waves are presented. Formed proposals on the priorities of scientific and technological development of the Russian Federation in the interests of defense and ensuring state security in the use and development of the terahertz frequency range.

Keywords: terahertz radiation, terahertz frequency range, high-precision weapon, radar system, robotic complex, microelectronics, electronic technologies, defense research, DARPA, leading foreign countries, armament, military and special equipment.

Опыт боевых действий в Сирийской арабской республике за последние три года показывает, что их основной особенностью стало масштабное применение высокоточного вооружения класса «воздух-поверхность» как российской военной авиацией, так и воздушными силами международной коалиции, возглавляемой США. Достаточно широко используются высокоточные артиллерийские боеприпасы и ракеты. При этом также становится очевидным, что отечественная авиация испытывает острую нехватку средств целеуказания и наведения для применения высокоточного оружия (ВТО). Результаты проведенных научных исследований показывают, что решение данных проблемных вопросов возможно (и уже частично решается) путем широкого использования миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов радиоволн [1, 2]. Особое место из указанных диапазонов электромагнитного излучения при создании высокоточных систем наведения в настоящее время стал занимать так называемый терагерцовый (ТГц) диапазон радиоволн.

Терагерцовое излучение ($1 \text{ ТГц} = 10^{12} \text{ Гц}$) – это вид электромагнитного излучения, спектр частот которого расположен между инфракрасным и сверхвысокочастотным диапазонами (рис. 1): от 100 ГГц до 30 ТГц .

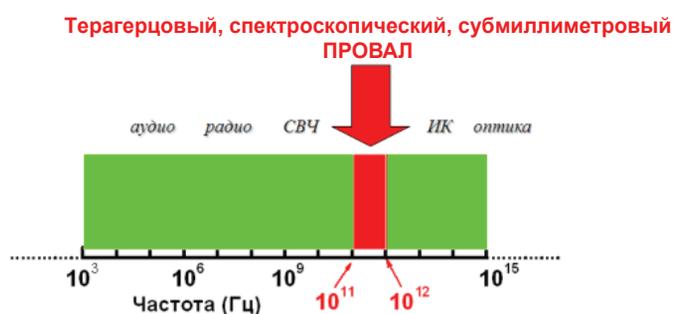


Рис. 1. Терагерцовый диапазон частот спектра электромагнитного излучения

Данный участок электромагнитного спектра долгое время оставался практически неосвоенным – в области проведения спектроскопических исследований и эффективного практического использования. Причин появления такого «терагерцового провала» было достаточно много. Важнейшая из них заключается в том, что терагерцовое излучение имеет очень «неудобную» длину волны: $3 \text{ мм} - 10 \text{ мкм}$. Сопоставимая с размерами деталей спектрометра или иного прибора, такая длина волны не позволяет применять ни обычные элементы оптических схем, ни привычные радиофизикам антенны или волноводы. Лишь за последние десятилетия удалось разработать достаточно эффективные методы терагерцовой спектроскопии – методы, к которым часто применяют приложение «квазиоптические». Так, например, в России современная «квазиоптическая» установка смонтирована в новой Лаборатории терагерцовой спектроскопии Московского физико-технического института [3].

Согласно имеющейся научно-технической информации [4] уже на протяжении последних 10–15 лет в ведущих зарубежных странах (США, Израиль, развитые страны-члены блока НАТО) при создании ВТО широкое применение находят коротковолновая часть миллиметровых и длинноволновая часть субмиллиметровых радиоволн (соответственно длины волн: $2,15 - 1,3 \text{ мм}$ и $0,96 - 0,88 \text{ мм}$). Анализ открытых источников информации показывает, что за рубежом основное внимание при создании перспективных образцов ВВСТ терагерцового диапазона сосредоточено на следующих системах [5, 6, 7]:

- высокоточных радиолокационных системах различного базирования для наблюдения, обнаружения и распознавания целей, способных функционировать в сложной электромагнитной обстановке;

- радиолокационных системах управления (наведения) высокоточным оружием;
- радиолокационно-оптических системах визуализации и получения изображений со сверхвысоким разрешением (например, создание приборов ночного видения, электронно-оптических преобразователей, инфракрасных камер, ультрафиолетовых камер и т. п.);
- системах космического сегмента информационно-управляющей глобальной сети;
- комплексах оружия направленной энергии (в целях разработки и создания перспективного электромагнитного оружия);
- сенсорных системах робототехнических комплексов (РТК) военного и двойного назначения;
- высокоинформативных, высокоскоростных и скрытных системах связи;
- системах навигации.

Например, создание систем космического сегмента терагерцового диапазона информационно-управляющей глобальной сети осуществляется в целях:

- обеспечения высокой надежности функционирования космической группировки спутников, объединенных в распределенную сеть, с широкой полосой пропускания;
- проведения радио и радиотехнической разведки объектов в космическом пространстве в ТГц диапазоне;
- обеспечения локации воздушно-космических объектов из космоса;
- дистанционного зондирования Земли;
- передачи значительных объемов полученных данных.

Использование терагерцовых сенсорных систем робототехнических комплексов (РТК) военного и двойного назначения необходимо для:

- формирования изображений в ТГц диапазоне для ведения круглосуточного наблюдения;
- беспроводного дистанционного группового управления и контроля РТК;
- оценки проходимости наземных РТК в водонасыщенных грунтах;
- обеспечения контроля состояния атмосферы при воздействии химического и бактериологического оружия;
- идентификации взрывчатых и других веществ.

Развитие научно-технического и технологического потенциала в области военного использования терагерцового частотного диапазона позволит повысить *точность* перспективных зарубежных систем обнаружения и целеуказания, *разрешение* радиолокационно-оптических систем визуализации и получения высококачественных изображений, *оперативность (своевременность)* передачи критически важной информации за счет применения высокоэффективных каналов передачи данных.

К основным областям использования терагерцового частотного диапазона за рубежом можно отнести: радиолокационные системы различного назначения; робототехнические комплексы военного и двойного назначения; микроэлектронные устройства и системы, разрабатываемые Управлением перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA).

Радиолокационные системы различного назначения

В настоящее время лишь в некоторых зарубежных странах и, в первую очередь, в США проводятся целенаправленные работы по изучению возможностей внедрения ТГц диапазона радиоволн для создания радиолокационных систем обнаружения и распознавания объектов, а также радиолокационных систем наведения и управления оружием [1–7].

К числу таких приоритетных работ по развитию систем и средств ТГц диапазона электромагнитного излучения можно отнести следующие.

1. РЛС обнаружения и распознавания (разрабатывается радиолокационная система радиовидения и обнаружения объектов в сложных метеоусловиях с дальностью действия 1–2 км, разрешающей способностью по дальности 0,5 м, диапазоном рабочих частот 300–400 ГГц, длинами волн в районе 0,96 мм и 0,88 мм).

2. Пассивно-активная РЛС (разрабатывается самолетная система обнаружения целей и картографирования, а также два радиометра с рабочими частотами 120 и 220 ГГц, длинами волн в районе 2,3 мм и 1,3 мм).

3. Всепогодная активно-пассивная РЛС наблюдения за полем боя с рабочей частотой 220 ГГц.

4. Измерительная РЛС для исследования отражательных характеристик наземных целей и условий распространения радиоволн (рабочие частоты 140 и 225 ГГц). Данные системы находились в последнее десятилетие на этапе исследований в различных компаниях и научно-исследовательских центрах США, но предполагается, что в настоящее время находятся в эксплуатации.

5. РЛС наведения и управления оружием субмиллиметрового диапазона радиоволн (разрабатываются в основном американскими компаниями Sperry и Rockwell). К данной группе РЛС относятся:

– моноимпульсная РЛС управления огнем противотанковых ракет (РЛС с повышенной скрытностью за счет управления мощностью излучения, оптимального подбора параметров сигнала и его поляризации; рабочая частота 140 ГГц; компания-разработчик Sperry, США);

– танковая РЛС обнаружения наземных целей и целеуказания Startle (РЛС со сжатием импульсов и линейно-частотной модуляцией; рабочая частота 230 ГГц; дальность действия по танку 3–5 км при мощности излучения передатчика 1–5 Вт и чувствительности приемника 10–12 Вт/Гц; сканирование лучом антенны с диаметром 35 см в пределах 3–45° по углу места и 20° по азимуту; диапазон измерения скорости цели 2–50 км/ч; количество одновременно обрабатываемых целей – 20; компания-разработчик Rockwell, США);

– РЛС типа Apache наведения противотанковых ракет третьего поколения (рабочая частота 240 ГГц; компания-разработчик Rockwell, США).

6. Радиолокационные датчики (РЛД) высокоточного оружия в космосе и воздухе (диапазон 0,88–0,73 мм; дальность действия по предварительным данным на высотах свыше 8 км может составить более 50 км).

7. Авиационные бомбы с радиолокационными головками самонаведения (ГСН) на конечном участке траектории (диапазон волн и соответствующие дальности действия ГСН выбираются в соответствии с боевой задачей).

8. Радиолокационные прицелы (РЛП) оружия ближнего боя (пулеметы, гранатометы). Диапазон рабочей волны – 1,25 мм. Такие радиолокационные системы могут входить в оборонительные системы форпостов, где обнаружение и целеуказание происходит с использованием других технических средств разведки, а точное прицеливание происходит с помощью РЛД терагерцового диапазона (дальность действия – до 1500 м).

9. Радиолокационные ГСН для противотанковых ракет, артиллерийских снарядов, реактивных снарядов, оперативно-тактических и тактических ракет на конечном участке траектории с дальностью действия до 2 км.

10. Новые фазированные антенные решетки (ФАР), использующие терагерцовый диапазон частот. Такие ФАР будут включать значительное количество компонентов. Ценовой вклад каждого компонента приведен на рис. 2. Существенный ценовой вклад обеспечивает фазовращатель, стоимость которого составляет 45% от стоимости ФАР. Весомые вклады вносят высокочастотная плата и приемный элемент.

Ряд элементов ФАР не могут быть выполнены с использованием традиционной кремниевой технологии, освоенной мировой промышленностью. В связи с чем, в настоящее время проводится ряд научно-исследовательских работ, направленных на изучение материалов, полупроводников, сегнетоэлектриков и электронных компонентов на базе терагерцовой микроэлектроники. Несмотря на значительные вложения в электронную компонентную базу терагерцового диапазона, принципы создания новых ФАР, скорее всего, останутся без изменений.

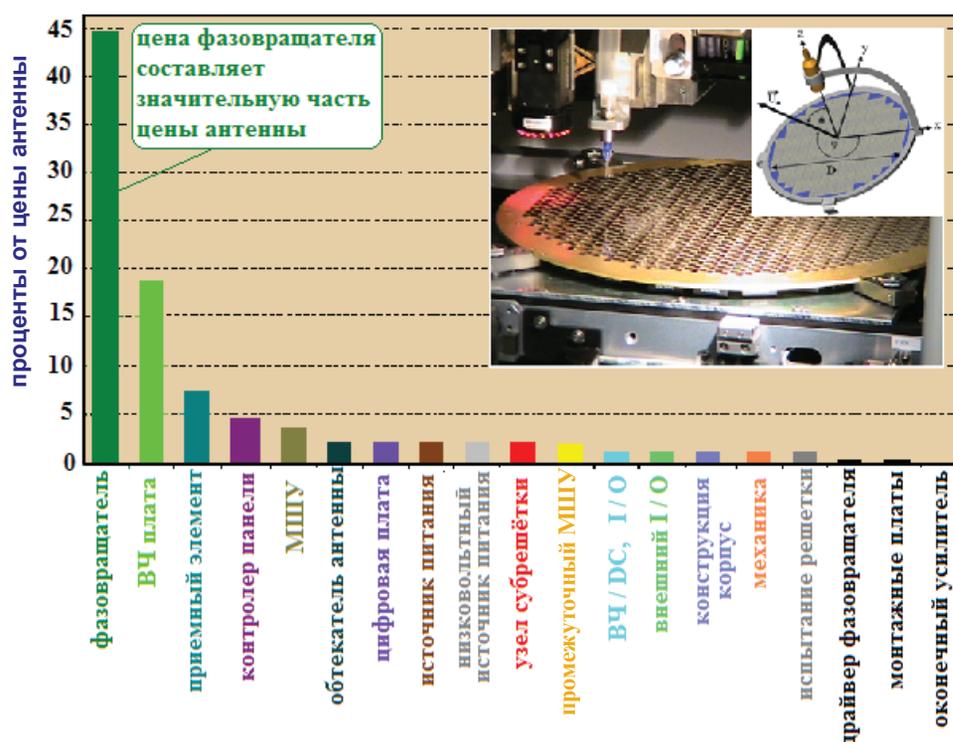


Рис. 2. Ценовой вклад компонентов в стоимость перспективной ФАР

Учитывая вышесказанное, зарубежные государства проводят долгосрочное активное финансирование указанного направления, считая его актуальным и перспективным. Так, основными компаниями, работающими на рынке сегнетоэлектрических структур, является большинство зарубежных мировых гигантов, приведенных на рис. 3.



Рис. 3. Основные фирмы, функционирующие на рынке сегнетоэлектрических структур

Анализ проводимых за рубежом научно-исследовательских работ, программных элементов и планов развития в области использования терагерцового диапазона частот показал,

что основными требованиями, предъявляемыми к перспективным терагерцовым радиолокационным устройствам (РЛУ), являются:

– высокое разрешение по дальности и угловым координатам при функционировании РЛУ на небольших дальностях действия в условиях плохой оптической видимости с целью обеспечения уверенного обнаружения и наведения управляемого оружия;

– использование различных диапазонов длин волн РЛУ в зависимости от дальности обнаружения:

а) коротковолновая часть миллиметрового диапазона волн (длина волны в окне прозрачности 1,3 мм) для обнаружения целей до 4000 м и наведения управляемого оружия до 1000–1500 м;

б) длинноволновая часть субмиллиметрового диапазона волн (длина волны в окнах прозрачности: 0,88 мм и 0,96 мм) для обнаружения целей до 1500–2000 м и наведения управляемого оружия до 1000–1500 м;

– обеспечение обнаружения неподвижных, малоподвижных и движущихся целей;

– угловое разрешение РЛС при обзоре на дальностях до 1000 м в пределах 3,5 д.у.¹ (около 15 угловых минут), что соответствует линейной разрешающей способности не более 3,5 м (на дальности 500 м – линейная разрешающая способность 1,5–2 м);

– вероятность обнаружения наземных целей на фоне подстилающей поверхности не ниже 0,9 при любых погодных условиях (включая дожди интенсивностью до 10 мм/ч) и вероятности ложной тревоги 10^{-6} ;

– небольшие масса и габариты.

При разработке перспективных РЛУ ТГц диапазона радиоволн необходимо учитывать также требования к вычислительной технике и программному обеспечению в целях эффективного функционирования системы, обладающей более высокой информативностью.

Робототехнические комплексы двойного назначения

Анализ открытых источников информации показывает, что в ведущих зарубежных странах основное внимание при создании перспективных робототехнических комплексов двойного назначения, использующих терагерцовый диапазон радиоволн, сосредоточено на следующих системах.

1. Создание мини-роботов, предназначенных для использования пехотными и подразделениями специальных операций, в системах обнаружения и управления которых могут использоваться средства терагерцового диапазона волн

Такие роботы будут предназначены для решения задач ближней разведки, наблюдения и рекогносцировки [8, 9, 10].

Многие из данных роботов характеризуются как «забрасываемые», поскольку могут быть заброшены (запущены) оператором на определенную дальность и высоту (например, внутрь здания, исключая необходимость проникновения туда человека). Зачастую забрасываемые роботы рассматриваются как средства разового применения. Они могут размещаться в под сумке или кармане бойца вместе с небольшими пультами управления (некоторыми роботами можно управлять со смартфонов).

Наряду с легкими забрасываемыми мини-роботами создаются и более тяжелые устройства, которые можно сбрасывать, например, с автомобиля (если они не оснащены дополнительными датчиками). Забрасываемые роботы остаются предпочтительными для основных подразделений сухопутных войск, поскольку очень незначительно увеличивают носимую нагрузку солдат.

Ниже представлены примеры зарубежных разработок забрасываемых мини-роботов.

Роботы двойного назначения *Throwbot XT* и *Reconscout XL* американской компании *Recon Robotics*

Робот *Throwbot XT* (рис. 4), производство которого началось с середины 2012 г., имеет массу всего 540 г и является самой легкой системой семейства роботов компании *Recon*

¹ Делений угломера.

Robotics. Имеет гантелевидную конструкцию, обеспечивающую удобный захват рукой. Способен забрасываться оператором на дальность до 36 м, а хорошие противоударные характеристики позволяют сбрасывать такой робот с высоты более 9 м.



Рис. 4. Забрасываемый робот Throwbot XT (США)

В настоящее время основным сенсором робота Throwbot XT является черно-белая камера, работающая в условиях низкой освещенности с частотой 30 кадров/с и обладающая оптикой, обеспечивающей поле зрения 60° . Когда освещенность падает ниже установленного порога, автоматически включается источник ИК подсветки, обеспечивающий видимость более 7,5 м. В условиях задымления и запыления могут использоваться датчики ТГц диапазона волн. Также данный диапазон может использоваться в линиях передачи данных, которые могут настраиваться на три частоты, позволяя оператору управлять тремя роботами. Дальность связи оператора с роботом Throwbot XT составляет от 30 до 100 м.

Наземные забрасываемые мини-роботы Nerva 4×4 французской компании Nexter

Опытный образец робота Nerva массой 4 кг (рис. 5) был создан в 2012 г. Это первое поколение легких роботов, выпускаемых вновь созданным подразделением компании Nexter Robotics. Основной режим является стандартным и обеспечивает точное управление передвижением робота и его ориентировку. Линия передачи данных на современном этапе производства с частотой 2,4 ГГц обеспечивает радиус действия связи до 1 км на открытой местности и до 300 м в городских условиях.

Забрасываемая модель робота PocketBot швейцарской компании Novatiq

Масса робота PocketBot составляет 0,85 кг, сам робот приводится в движение посредством трех электродвигателей, установленных в корпусе, один из которых вращает третье заднее колесо через ременную передачу (рис. 6). PocketBot может выдержать падение с высоты 8 м и бросание на дистанцию до 30 м.

По данным компании Novatiq, трехколесная конфигурация робота позволяет значительно уменьшить его кинетическую энергию при ударе по сравнению с четырехколесной конфигурацией.

В комплект PocketBot входят один робот, один блок управления, два зарядных устройства, четыре батарейки, одна головная гарнитура и некоторые запчасти (такие как колеса, антенны, заглушки и др.). В передней части корпуса PocketBot установлена цветная камера с высоким разрешением, которая поворачивается на $\pm 90^\circ$. При недостаточном освещении камера с восьмикратным цифровым увеличением автоматически переключается в моно-

хромный режим для низкой освещенности. Также доступна инфракрасная подсветка. Робот оснащен водонепроницаемым микрофоном и небольшим водонепроницаемым громкоговорителем, позволяющим обращаться к людям вблизи RocketBot, например, к заложнику. Наверху RocketBot имеются точки крепления для установки дополнительных устройств, например, тепловизионной камеры или химических детекторов (однако в данном случае робот теряет способность к забрасыванию из-за риска поломки дополнительного оборудования).



Рис. 5. Забрасываемый робот Nerva (Франция)



Рис. 6. Забрасываемый робот RocketBot (Швейцария)

Время непрерывной работы RocketBot составляет 4–5 часов. Система цифровой видеозаписи сохраняет изображения на карте SD для дальнейшего анализа. Робот оснащен стандартным каналом передачи данных, обеспечивающим радиус действия 250 м на открытой местности и 70 м в случае не прямой видимости.

Робот EyeDrive американской группы компаний Mistral Group

Масса робота EyeDrive (рис. 7) составляет 3,76 кг. На каждой стороне робота устанавливаются черно-белая (0,08 лк) или цветная (0,19 лк) камеры. Имеется возможность установки дополнительной камеры с лазерным указателем со способностью поворота камеры вправо-влево на 48°. В сенсорный комплект робота включен микрофон, способный уловить звук с

пяти метров. Канал связи с роботом EyeDrive обеспечивает модуль связи массой один килограмм, подсоединяющийся через USB-порт к упрочненному ноутбуку оператора. Литий-ионные аккумуляторы обеспечивают среднюю продолжительность работы EyeDrive два часа (время варьируется от используемых датчиков), максимальная полезная грузоподъемность составляет 3,5 кг.



Рис. 7. Забрасываемый робот EyeDrive (США)

Заявленный радиус действия робота составляет 400 м на открытой местности и 70 м внутри зданий. Сигналы управления роботом на данном этапе развития технологий передаются на частоте 915 МГц, а видеосигналы – на частоте 2,4 ГГц. Помимо ВС США, робот EyeDrive состоит на вооружении израильской армии.

2. Создание универсальных человекоподобных роботов двойного и военного назначения

Примером данного направления является разработка и создание усовершенствованного робота Atlas (рис. 8) компании Boston Dynamics (США). Компания-разработчик Boston Dynamics ранее получила широкую известность, благодаря таким робототехническим комплексам военного назначения, как AlphaDog и Petman (оба проекта реализовывались по заказу Управления перспективных исследовательских проектов МО США DARPA).

В 2015 г. разработка робота Atlas профинансирована DARPA в рамках конкурса под названием DARPA Robotics Challenge (DRC). Цель – создание человекоподобного автономного робота, способного стать эффективным универсальным помощником для различных служб и подразделений при чрезвычайных ситуациях.

Для автономного функционирования робот Atlas оснащен мощной батареей, способен самостоятельно огибать препятствия и сообщать оператору о своем решении по выполнению той ли иной задачи. Робот разработан на основе операционной системы Android компании Google и способен переносить длительные (до 1 мин) перебои со связью, при этом управление роботом организовано по защищенной линии (сети) передачи данных.

За автономное мышление и восприятие окружающего пространства робота Atlas отвечают три бортовых компьютера, которые также используются для выполнения задач и планирования целей. Беспроводной маршрутизатор, расположенный в голове робота, позволяет совершать разного рода коммуникации.

Таким образом, в ведущих странах мира преимущественно проводятся исследования и разработки мини-роботов, относящихся к классу «забрасываемых» робототехнических средств, обладающих малыми массогабаритными характеристиками.

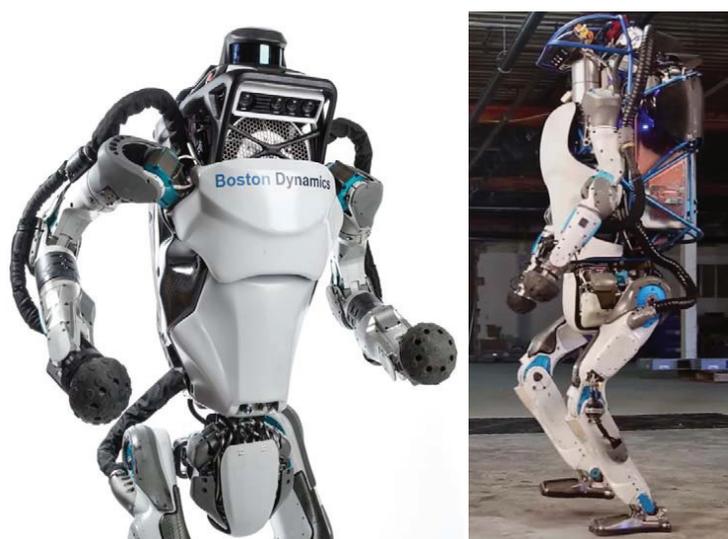


Рис. 8. Усовершенствованный человекоподобный робот Atlas (США)

Анализ зарубежных разработок робототехнических комплексов двойного назначения показывает, что большинство их средств обнаружения целей (объектов) функционируют как в терагерцовом, так и оптическом диапазонах. Линии передачи данных в основном используют частоту 2,4 ГГц (также доступны частоты 4,9 и 17 ГГц). Дальность действия таких систем составляет до 200 м по линии прямой видимости.

Рассматриваемые комплексы предназначены для решения задач ближней разведки, наблюдения и рекогносцировки, выполнения поисковых и специальных операций как на открытой местности, так и в городских условиях.

Микроэлектронные устройства и системы ТГц диапазона, разрабатываемые DARPA

Управление перспективных исследовательских проектов МО США DARPA имеет статус национального стратегического исследовательского центра (агентства) по разработке новых технологий в интересах национальной безопасности США. DARPA, являясь подотчетным агентством Министерства обороны США, ставит целью достижение и поддержание технологического превосходства и предотвращение внезапного появления в мире неожиданных для ВС США новейших ВВСТ.

Анализ программных элементов DARPA (за период с начала 2000-х годов и по настоящее время) и составляющих их исследовательских проектов позволил выявить три основных программных элемента (PE), относящихся к разработке систем терагерцового диапазона частот:

- PE 0601101E «Оборонные исследования» (Defense Research Sciences);
- PE 0602716E «Электронные технологии» (Electronics Technology);
- PE 0603767E «Технологии датчиков» (Sensor Technology).

PE «Оборонные исследования» относится к фундаментальному виду исследований, PE «Электронные технологии» и «Технологии датчиков» – к прикладным. Каждый из перечисленных программных элементов включает ряд исследовательских проектов и программ в области ТГц диапазона.

Наибольший интерес заслуживает программный элемент PE 0602716E «Электронные технологии», в рамках которого существует одноименный проект ELT-01, включавший с конца 1990-х годов по 2016 г. долгосрочную программу создания электронной компонентной базы в терагерцовом диапазоне длин волн – Terahertz Electronics.

Данная программа предусматривала два направления работ:

- разработку и демонстрацию материалов и технологий производства транзисторов и интегральных микросхем, предназначенных для создания приемников и задающих генераторов (резонаторов) терагерцового диапазона частот (Terahertz Transistor Electronics);
- разработку и демонстрацию устройств и технологий производства малогабаритных эффективных модулей мощных усилителей ТГц диапазона с масштабированными вакуумными приборами (Terahertz High Power Amplifier Modules).

В результате реализации программы Terahertz Electronics к 2016 г. отмечаются следующие достижения:

- завершена демонстрация усилителей высокой мощности и интегральных микросхем, функционирующих в диапазоне частот от 670 ГГц до 850 ГГц (0,67–0,85 ТГц);
- усовершенствована технология производства транзисторов, работающих на частоте 0,67 ТГц, и продемонстрированы возможности создания гетеродинных приемников и электронно-оптических преобразователей, также функционирующих на частоте 0,67 ТГц;
- завершена разработка и запущено производство вакуумных усилителей частоты 1,03 ТГц;
- продемонстрирован первый в мире терагерцовый усилитель монолитной интегральной СВЧ-микросхемы (Monolithic Microwave Integrated Circuit – ММІС), коэффициент усиления которого составил 10 дБ на частоте 1 ТГц.
- завершены исследования технологий задающего генератора и приемника, функционирующих на частотах, превышающих 0,67 ТГц;
- продемонстрирован генератор частоты 1,03 ТГц;
- продемонстрирован прототип терагерцовой двусторонней линии передачи данных с использованием технологии транзисторов с высокой подвижностью электронов (high electron mobility transistor (HEMT) technology);
- продемонстрирован полупроводниковый усилитель сигналов частоты 1,03 ТГц;
- достигнуты улучшенные тепловые характеристики созданного вакуумного усилителя, функционирующего с интенсивным рабочим циклом на терагерцовых частотах;
- продемонстрирован первый в мире терагерцовый электронный усилитель на лампе бегущей волны.

Анализ финансирования DARPA показал, что на программу Terahertz Electronics с начала 2000-х годов было выделено не менее 150 млн долл. При этом с 2010 г. выделялось от 14 до почти 16 млн долл. ежегодно (в 2010 г. – 14,0 млн долл., в 2011 г. – 17,7 млн долл., в 2012 и 2013 гг. – по 15,6 млн долл., в 2014 г. – 14,3 млн долл. и 2015 г. – 8,0 млн долл.). Ряд работ по программе Terahertz Electronics проводилось при участии компании Northrop Grumman.

Таким образом, в программе Terahertz Electronics отмечается преимущество военного применения терагерцового диапазона частот. Предполагается, что переход в терагерцовый диапазон позволит в перспективе создавать РЛС высокого разрешения, близкого к разрешению оптико-электронных систем, надежные системы связи с миниатюрными антеннами, а также высокоэффективные спектрометры для обнаружения взрывчатых веществ. В дальнейшем планируется освоение и более высоких частот на основе уже созданной технологической базы.

Также отмечается, что терагерцовый диапазон электромагнитного излучения перспективен для аэрокосмических систем. Прозрачность атмосферы в ТГц диапазоне позволяет использовать его для обмена данными с космическими аппаратами, для дистанционного зондирования Земли и ряда других задач. В частности, использование данного диапазона позволит повысить пропускную способность спутниковых каналов связи, а также расширить рабочий спектральный диапазон космических разведывательных аппаратов. Использование более высокой, нежели в существующих активных и пассивных орбитальных системах дистанционного зондирования, частоты позволит повысить угловое (а, следовательно, и про-

странственное) разрешение без увеличения апертуры, обеспечит возможность круглосуточной и всепогодной съемки.

В настоящее время программный элемент *PE 0601101E «Оборонные исследования»* включает совместную университетскую программу в области долгосрочных фундаментальных исследований микроэлектроники (Joint University Microelectronics Program – JUMP). Эта программа нацелена на изучение и развитие инновационных технологий военного, специального и двойного назначения в области вычислительной техники, информационно-телекоммуникационных технологий и различных датчиков за горизонтом 2030-х годов. Особое внимание будет уделено расширению возможностей использования электромагнитного спектра от радиочастотного до терагерцового (от 3 Гц до 1 ТГц), исследованию новых материалов для создания интегральных микросхем, а также цифровых и запоминающих устройств для перспективной микроэлектроники. Финансирование программы JUMP начинается с 2018 г.

Программный элемент *PE 0603767E «Технологии датчиков»* включает программу ASTIR (Advanced Scanning Technology for Imaging Radars program). Эта программа развития технологий сканирования для РЛС формирования радиолокационных изображений. Цель программы – демонстрация новой архитектуры РЛС визуализации и получения изображений с очень высоким разрешением, использующей вспомогательную антенну с электронным сканированием. При создании такой РЛС планируется использовать научно-технический задел, полученный при разработке интегрированных электронных компонентов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн.

Реализация программы позволит создавать рентабельные РЛС визуализации и получения изображений высокого разрешения, способных работать в сложной электромагнитной обстановке. Такие системы найдут свое применение в технике специализированных охранных и инспекционных систем, мониторинга периметров баз, системах интроскопии (включая сканирование персонала при прохождении контрольных точек доступа), устройствах дистанционной идентификации различных веществ и т. п.

Структура и динамика мировой патентной активности в области использования терагерцового диапазона радиоволн

Анализ мировой патентной активности в области использования систем терагерцового диапазона показал, что, начиная с 2000 г., патентная активность в странах-членах НАТО, Китае, Японии возрастает линейно, в то время как в России данная тенденция выражена слабо. Статистический анализ, проведенный по приоритетным странам, приведен на рис. 9.

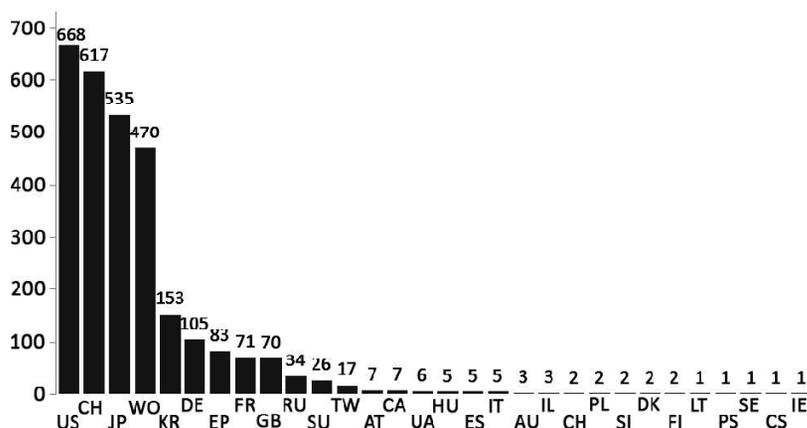


Рис. 9. Вариационный ряд патентной активности стран в области терагерцовых технологий по количеству полученных патентов

Нетрудно заметить, что Россия не входит в первую пятерку стран, занимая лишь десятую позицию мировой патентной активности в рассматриваемой области. Статистический анализ патентной активности по годам, сделанный по 2013 г. включительно, приведен на рис. 10.

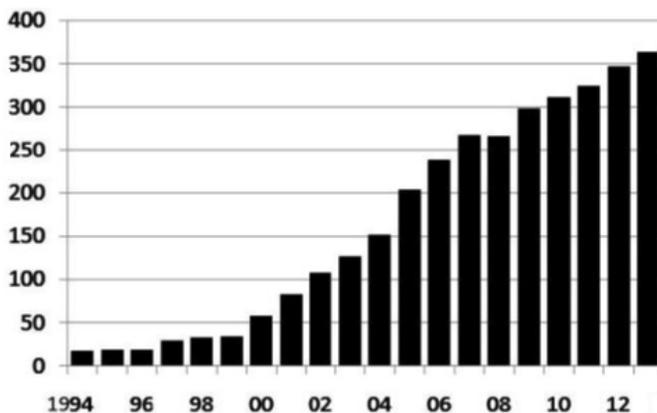


Рис. 10. Вариационный ряд патентной активности в области терагерцовых технологий по годам

Наибольшее количество опубликованных патентов (47%) относится к индексу (группам, подгруппам) H01S – устройствам со стимулированным излучением, в основном к лазерам, т.е. устройствам для генерирования, усиления, модуляции, демодуляции или преобразования частоты.

Следующий по количеству опубликованных патентов (26%) представляет индекс (группы, подгруппы) G02F – это устройства или приспособления для управления интенсивностью, цветом, фазой, поляризацией или направлением света, исходящего от независимого источника (например, для переключения, стробирования или модуляции). К данной группе относится и нелинейная оптика.

Таким образом, начиная с 2000 г. наблюдается мировой рост патентования новых технических устройств терагерцового диапазона. Странами-лидерами по количеству полученных патентов в рассматриваемой области являются США, Китай и Япония.

Предложения по приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации в интересах обороны и обеспечения безопасности государства в области использования и развития терагерцового диапазона частот

Общее технологическое отставание России от стран-членов НАТО в области терагерцовых технологий составляет около 10–15 лет. Можно выделить три фактора, сдерживающих развитие важного для обороны Российской Федерации направления:

- отсутствие скоординированной государственной программы развития терагерцовых технологий;
- отсутствие целенаправленного государственного финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рассматриваемой области;
- низкий кадровый потенциал специалистов и экспертов в области терагерцовых технологий.

Предложениями по приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации в интересах обороны и обеспечения безопасности государства в области развития терагерцовых технологий могут быть следующие:

1. Формирование и организация обеспечения следующих приоритетных научно-технологических направлений развития (представлен пример направлений развития, который не является далеко исчерпывающим):

- разработка математических методов и моделирующих программных сред проектирования 3-D электронных компонентов;
- поиск сегнетоэлектриков – кандидатов на применение в электронной компонентной базе терагерцового диапазона;
- отработка существующих технологических процессов под электронную компонентную базу терагерцового диапазона;
- разработка технологии прямого эпитаксиального роста сегнетоэлектрических перовскитов на кремнии и создания транзисторных структур с подзатворным сегнетоэлектриком;
- разработка технологии формирования тонкого слоя сегнетоэлектрика в существующую КМОП-технологию путем осаждения атомарных слоев (ALD – atomic layer deposition).

2. Разработка и принятие Федеральной целевой программы (ФЦП) освоения терагерцового диапазона частот в различных сферах деятельности государства. Например, не только в области обеспечения и повышения обороноспособности страны, но и в интересах развития здравоохранения, народного хозяйства и др. Ключевыми Заказчиками этого направления должны выступать РАН, Минобрнауки, Минпромторг и «Роскосмос».

РАН должна обеспечить научный задел в части материаловедения и существующих технологий, а так же научно обосновать группу материалов, которые обеспечат России технологический прорыв в терагерцовом диапазоне длин волн.

Минобрнауки должно скорректировать программы обучения и подготовки профильных специалистов, тем самым обеспечив развитие будущего кадрового потенциала.

Минпромторг должно обеспечить технологический задел и создать электронную компонентную базу терагерцового диапазона.

«Роскосмос» должен отвечать за разработку технических средств ТГц диапазона и развертывание космической группировки, объединенной в широкополосную сеть, в интересах локализации воздушно-космического пространства, дистанционного зондирования Земли, обеспечения широкополосной радиосвязи.

В качестве одного из целевых показателей эффективности рекомендуемой к разработке и принятию ФЦП должно быть определено конкурентное преимущество на мировом рынке разрабатываемой электронной компонентной базы терагерцового диапазона и изделий из них.

3. Формирование, разработка и финансирование следующих тематик НИР и ОКР в области освоения терагерцового диапазона частот и развития терагерцовых технологий:

- НИР «Разработка математических методов и моделирующих программных сред проектирования 3-D электронных компонентов»;
- НИР «Исследования свойств материалов в интересах поиска сегнетоэлектриков – кандидатов на применение в электронной компонентной базе терагерцового диапазона»;
- НИР «Исследования и разработка технологии формирования тонкого слоя сегнетоэлектрика в существующую КМОП-технологию путем осаждения атомарных слоев (ALD – atomic layer deposition)»;
- НИР «Разработка технологии прямого эпитаксиального роста сегнетоэлектрических перовскитов на кремнии и создания транзисторных структур с подзатворным сегнетоэлектриком»;
- ОКР «Разработка балометрического фотоприемного устройства терагерцового диапазона длин волн»;
- ОКР «Разработка фазированной антенной решетки субтерагерцового диапазона на основе наноразмерных сегнетоэлектрических пленок BST»;
- ОКР «Разработка электронно-перестраиваемых волноведущих компонентов на основе тонких пленок BST».

Выводы

В настоящее время ведущие зарубежные страны проводят исследования и разработки перспективных образцов ВВСТ, использующих терагерцовый диапазон радиоволн. К ним относятся, прежде всего, радиолокационные системы различного назначения, робототехнические комплексы двойного назначения и разработки в области микроэлектроники. Полученные к настоящему времени научно-технический и технологический заделы позволят в среднесрочной перспективе завершить не только разработку и создание опытных зарубежных образцов ВВСТ, но и перейти к серийному производству ряда высокоэффективных и высокоинформативных систем, а также наметить тенденции по их совершенствованию и будущей модернизации. В конечном итоге проводимые за рубежом исследования и разработки нацелены на создание высокоэффективных средств обнаружения, целеуказания и наведения высокоточного оружия.

Статья выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по результатам работ в рамках Государственного задания по проекту № 2.12622.2018/12.1.

Список литературы

1. Пухов Р., дир. Центра АСТ. Российская воздушная операция в Сирии // Журнал «Россия в глобальной политике». 2016. Available at: Yaplakal.com/forum7/topic1317844.html; Glav.su/threads/1063406/ и vpk.name.
2. Быстров Р.П., Гуляев Ю.В., Гвоздев А.Е., Немцов А.В., Шерemet И.Б. Тенденции развития радиоэлектронных систем военного назначения. Монография // М.: Типография 3 ЦНИИ Минобороны России, 2012. 312 с.
3. Лаборатория терагерцовой спектроскопии приступила к работе. Available at: <https://mipt.ru/newsblog/lenta/thzlabopen>.
4. Иностранная печать об экономическом, научно-техническом и военном потенциале государств-участников СНГ и технических средствах его выявления. Сер. Технические средства разведывательных служб капиталистических государств // ВИНТИ РАН, 2010, № 3–8.
5. Программные элементы 6-й Главной научно-технической программы Министерства обороны США.
6. Перечень критических военных технологий MCTL (Militarily Critical Technologies List) Министерства обороны США, 2014 год.
7. Программные элементы Управления перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) за период с 2000 по 2017 г. (например, Defense Advanced Research Projects Agency. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2018 President's Budget Submission. February 2017).
8. Иностранная печать об экономическом, научно-техническом и военном потенциале государств – участников СНГ и технических средствах его выявления. Сер. Технические средства разведывательных служб капиталистических государств // ВИНТИ РАН, № 4, 2017 г.
9. Иностранная печать об экономическом, научно-техническом и военном потенциале государств – участников СНГ и технических средствах его выявления. Сер. Технические средства разведывательных служб капиталистических государств // ВИНТИ РАН, № 4, 2015 г.
10. Armada International. 2014, 38, № 5, Ground Robots. Pp. 5–16.

References

1. Pukhov R., Director of the AST Center (2016) *Rossiyskaya vozdushnaya operatsiya v Sirii* [Russian air operation in Syria] *Zhurnal «Rossiya v global'noy politike»* [Magazine «Russia in Global Politics»]. Available at: Yaplakal.com/forum7/topic1317844.html; Glav.su/threads/1063406/ and vpk.name.
2. Bystrov R.P., Gulyaev Yu.V., Gvozdev A.E., Nemtsov A.V., Sheremet I.B. (2012) *Tendentsii razvitiya radioelektronnykh sistem voennogo naznacheniya* [Trends in the development of military-purpose radio electronic

systems] *Monografiya Tipografiya 3 TsNII Minoborony Rossii* [Monograph. Printing House 3 of the Central Research Institute of the Ministry of Defense of Russia]. Moscow. 312 p.

3. *Laboratoriya teragertsovoy spektroskopii pristupila k rabote* [Laboratory of terahertz spectroscopy has started to work]. Available at: <https://mipt.ru/newsblog/lenta/thzlabopen>.

4. *Inostrannaya pechat' ob ekonomicheskom, nauchno-tekhnicheskom i voennom potentsiale gosudarstv-uchastnikov SNG i tekhnicheskikh sredstvakh ego vyyavleniya* [Foreign press about the economic, scientific, technological and military potential of the CIS member states and technological means of its detection] *Ser. Tekhnichesknie sredstva razvedyvatel'nykh sluzhb kapitalisticheskikh gosudarstv. VINITI RAN* [Ser. Technical means of reconnaissance services of capitalist states. VINITI RAS]. 2010, No. 3–8.

5. *Programmnye elementy 6-y Glavnoy nauchno-tekhnicheskoy programmy Ministerstva oborony SShA* [Program elements of the 6th Main Scientific and Technological Program of the US Department of Defense].

6. (2014) *Perechen' kriticheskikh voennykh tekhnologiy MCTL (Militarily Critical Technologies List) Ministerstva oborony SShA* [The list of critical military technologies MCTL (Militarily Critical Technologies List) of the US Department of Defense].

7. (2017) *Programmnye elementy Upravleniya perspektivnykh issledovatel'skikh proektov Ministerstva oborony SShA (DARPA) za period s 2000 po 2017 gg. (naprimer, Defense Advanced Research Projects Agency* [Program elements of the Office of Advanced Research Projects of the US Department of Defense (DARPA) for the period from 2000 to 2017 (for example, Defense Advanced Research Projects Agency)]. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2018 President's Budget Submission, February 2017).

8. (2015) *Inostrannaya pechat' ob ekonomicheskom, nauchno-tekhnicheskom i voennom potentsiale gosudarstv – uchastnikov SNG i tekhnicheskikh sredstvakh ego vyyavleniya. Ser. Tekhnichesknie sredstva razvedyvatel'nykh sluzhb kapitalisticheskikh gosudarstv* [Foreign press about the economic, scientific, technological and military potential of the CIS member states and technological means of its detection. Ser. Technical means of reconnaissance services of capitalist states] *VINITI RAN* [VINITI RAS]. No. 4, 2017.

9. (2015) *Inostrannaya pechat' ob ekonomicheskom, nauchno-tekhnicheskom i voennom potentsiale gosudarstv – uchastnikov SNG i tekhnicheskikh sredstvakh ego vyyavleniya. Ser. Tekhnichesknie sredstva razvedyvatel'nykh sluzhb kapitalisticheskikh gosudarstv* [Foreign press about the economic, scientific, technological and military potential of the CIS member states and technological means of its detection. Ser. Technological means of reconnaissance services of capitalist states] *VINITI RAN* [VINITI RAS]. No. 4, 2015.

10. Armada International (2014), Ground Robots, 38, No. 5, pp. 5–16.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ США

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 представлены результаты анализа основных элементов и направлений развития системы противоракетной обороны США, оценки объемов запланированных инвестиций в ее усовершенствование и расширение. Рассмотрены основные научно-технические решения обеспечения глобальной противоракетной обороны США и стран – членов НАТО.

Ключевые слова: противоракетная оборона, Агентство противоракетной обороны США, баллистическая ракета, боевая головная часть, радиолокационная станция, вооружение, военная и специальная техника, основные направления развития, перспективные исследования.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF US MISSILE DEFENSE

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

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

The article presents the results of an analysis of the main elements and directions of the development of the US Ballistic Missile Defense System, an estimate of the amount of planned investments in its improvement and expansion. The main scientific and technological solutions for ensuring global missile defense of the United States and NATO member states are considered.

Keywords: missile defense, the US Ballistic Missile Defense Agency, ballistic missile, combat head, radar, armament, military and special equipment, main directions of development, prospective studies.

В 2017 г. Агентство противоракетной обороны США (Missile Defense Agency – MDA) сформировало бюджетный запрос на 2018 г. в размере 7,9 млрд долл. (на 380 млн долл. больше по сравнению с 2017 г.) на обслуживание состоящих на вооружении систем и дальнейшее развитие противоракетной обороны (ПРО) США. В данные ассигнования включены также расходы на поддержку систем ПРО союзников и международных партнеров в ответ на все более возрастающую угрозу удара баллистических ракет [1].

Программа противоракетной обороны с 2018 г. будет и далее обеспечивать потребности ВС США и боевого командования (Combatant Commanders – СОСОМ) в разработках, проведении испытаний, развертывании новых систем вооружения, интеграции в глобальную систему ПРО новых средств перехвата, датчиков и систем оперативного управления и связи (Command and control, battle management and communications – С2ВМС), в которую входит система ПРО США (Ballistic Missile Defense System – BMDS) (рис. 1).

Перечень предполагаемых в 2018 году статей расходов демонстрирует приверженность приоритетам в области национальной и региональной противоракетной обороны и предполагает дальнейшее инвестирование в развитие передовых технологий и наращивание возможностей по противодействию комплексным угрозам.

Далее более детально рассмотрена структура, составные элементы ПРО США и их описание, на основании данных, представленных в Программных элементах (Program Elements – PE) 6-ой Главной научно-технической программы Министерства обороны (МО) США в 2017 г.



Рис. 1. Структура системы ПРО США

Национальная противоракетная оборона США

Бюджетный запрос на 2018 год демонстрирует приверженность Агентства ПРО США к поддержке и дальнейшему расширению национальной системы противоракетной обороны. В рамках данных мероприятий будет продолжена разработка новых и модернизация устаревших систем, проведение испытаний, техническое обслуживание и ремонт элементов «Комплекса противоракетной обороны на маршевом участке полета наземного базирования» (Ground-based Midcourse Defense – GMD)¹.

Согласно данным ПЭ 0603882С, МО США намерено израсходовать в 2018 году 828,1 млн долл. на GMD. MDA продолжает активно финансировать НИОКР и производство данных систем перехвата. Так, уже к настоящему моменту развернуто 32 противоракеты GBI² (Ground Based Interceptor) на Аляске и еще четыре на базе ВВС Ванденберг в Калифорнии (рис. 2).

Дополнительно Агентство планировало завершить развертывание еще восьми противоракет GBI на Аляске до конца 2017 г. Так, суммарно их численность достигнет 44 единиц, что,

¹ Ground-based Midcourse Defense – комплекс противоракетной обороны США, введенный в эксплуатацию в 2005 году. Предназначен для перехвата межконтинентальных баллистических ракет и их боевых частей в космическом пространстве.

² Противоракета Ground Based Interceptor (GBI) представляет собой трехступенчатый твердотопливный носитель, рассчитанный на вывод в околоземное пространство кинетического перехватчика – основного поражающего элемента системы. Длина ракеты составляет 16,8 метров, масса в снаряженном состоянии – 12,7 тонн.

по мнению военно-политического руководства США, повысит эффективность обороны от потенциальных угроз со стороны Северной Кореи и Ирана. Также Агентство ПРО планирует полностью заменить устаревшие функциональные элементы системы GMD, включая программное обеспечение (ПО) систем обнаружения и поражения боевых головных частей.



Рис. 2. Размещение противоракеты GBI (Форт-Грили, Аляска)

На реализацию исследований по ПЭ 0604874С в 2018 г. запрошено 465,5 млн долл. Данный ПЭ предусматривает разработку модернизированной боевой головной части (БЧ) системы GMD (Redesigned Kill Vehicle – RKV)³. Согласно заявлениям Пентагона, модернизированная БЧ будет соизмеримым ответом на рост количества угроз США. Модернизированная БЧ будет обладать повышенной надежностью и большей скоростью полета, также планируется улучшить качество информационного обмена в полете. В настоящее время разработчики завершают технический проект и проектную документацию системы, что не исключает проведение первого летного испытания RKV в ближайшем будущем. В ходе испытаний планируется оценить уровень интеграции с системой ПРО США и соответствие реальных ТТХ RKV заявленным. Кроме того, Агентство MDA продолжит финансирование разработки системы проведения испытаний All-Up-Round (AUR) БЧ RKV и других перехватчиков, таких как C1, C2 и C3. В то же время Агентство продолжит поддержку разработок альтернативного варианта системы модернизированной БЧ до тех пор, пока не будет осуществлена защита технического проекта RKV. Развертывание RKV запланировано к 2022 г.

³ В некоторых источниках RKV именуется модернизированным перехватчиком EKV мод. CE-III.

Согласно данным другого ПЭ 0604887С на проведение экспериментальных работ по системам ПРО наземного базирования, осуществляющих перехват на маршевом участке траектории планируется израсходовать дополнительно 76,8 млн долл. В мае 2017 г. успешно проведены первые испытания (шифр FTG-15) по перехвату мишени-имитатора МБР, а в 2018 году предполагается проведение эксплуатационных испытаний (шифр FTG-11) системы наземного базирования с использованием ПР GBI, размещенных на базе ВВС США в Ванденберг (рис. 3).



Рис. 3. Установка в шахту ПР GBI на базе ВВС США Ванденберга в Калифорнии

Агентство ПРО США запланировало проведение оценки диапазона применения и анализа телеметрии, полученной в ходе испытаний по программе «Контрольные испытания ПР наземного базирования» (GM-Controlled Test Vehicle-03 – GM CTV-03). Также планируется запуск RKV без перехвата для сбора полетных данных с использованием GBI, запущенной с базы ВВС Ванденберг. Благодаря внедрению новых технологических решений, RKV будет менее дорогостоящей по сравнению с БЧ EKV⁴ (Exoatmospheric Kill Vehicle). Планируется повысить управляемость и собственные вычислительные мощности. Самое главное изменение – это появление обратной связи между центром управления и перехватчиком. Опытный образец RKV должен быть готов в 2018 г., а в 2020 г. планируется начать его установку на ракетах-носителях.

⁴ Заатмосферный перехватчик EKV, устанавливаемый на ПР GBI, способен осуществлять перехват баллистической ракеты с неразделяемой боевой частью.

Таким образом, на эксплуатацию и техническое обслуживание систем ПРО наземного базирования в 2018 году планируется израсходовать 1,379 млрд долл. Данные расходы направлены, в том числе, на эксплуатацию и техническое обслуживание (ТО) наземного оборудования базы ВВС в Ванденберге и Форт-Грили на Аляске, а также на обучение обслуживающего персонала, тренажеры и учебные программы.

На реализацию мероприятий ПЭ 0603907С Агентство ПРО США запросило на 2018 год 130,7 млн долл. Данный ПЭ предусматривает финансирование работ, связанных с РЛС морского базирования X-диапазона SBX (рис. 4). РЛС SBX⁵ позволит обеспечить точное слежение за ракетами на маршевом (среднем) участке траектории, а также позволит обнаруживать и отслеживать траекторию отделившихся ступеней. В настоящее время продолжаются эксплуатационные испытания SBX. В размер запрошенных средств включены расходы, необходимые для увеличения времени нахождения станции в открытом море со 120 до 330 дней для обеспечения вооруженных операций на случай непредвиденных обстоятельств по просьбе Тихоокеанского командования США (USPACOM) и Северного командования США (USNORTHCOM). MDA продолжает эксплуатацию SBX на восточном побережье США в соответствии с Законом о национальной обороне (National Defense Authorization Act – NDAA) от 2016 года, предусматривающем проведение эксплуатационных исследований с упором на существующие объекты МО США в целях минимизации оборонных расходов. Исследования будут проходить до 31 декабря 2018 г.



Рис. 4. РЛС морского базирования X-диапазона SBX

В рамках ПЭ 0604873С сформирован бюджетный запрос в размере 357,7 млн долл. на проведение работ, связанных с РЛС дальнего обнаружения (Long Range Discrimination Radar – LRDR). LRDR является средством обнаружения на маршевом участке траектории, которое позволит улучшить способность распознавания БР, повышая эффективность примене-

⁵ Sea-Based X-band radar – буксируемая надводная радиолокационная установка, предназначенная для размещения в открытом океане. Создана и эксплуатируется в рамках программы ПРО Агентства противоракетной обороны США, входит в состав системы GMD.

ния противоракет наземного базирования. В 2018 году MDA планирует завершить разработку и приобретение основных элементов РЛС. Агентство также планирует начать испытания отдельных значимых подсистем LRDR.

Строительство базы LRDR (рис. 5) по Программе военного строительства (Military construction – MILCON) предполагает два этапа. Первый этап (стоимость 155 млн долл.), работы по которому начались в 2017 г., включает монтаж систем управления, средств защиты и платформы под установку элементов РЛС. Второй этап (150 млн долл.) предусматривает строительство защищенной электростанции и топливного хранилища. Во второй этап также включены расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт системы, начиная с 2019 г.

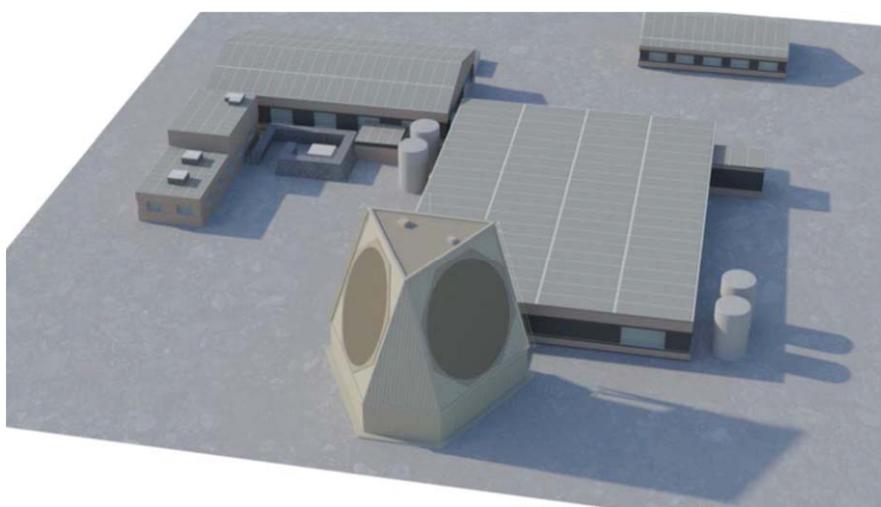


Рис. 5. Концепция РЛС дальнего обнаружения LRDR

Согласно данным о проекте MD41 в составе ПЭ 0603884С Агентство MDA намерено израсходовать 21 млн долл. в 2018 году на модернизацию РЛС национальной обороны на Гавайях (Homeland Defense Radar – Hawaii – HDR-H). В настоящее время осуществляется поиск подрядчиков для проведения мероприятий по усовершенствованию оборудования РЛС. Данная РЛС обеспечит стабильность обнаружения возможных угроз, а в сочетании с дополнительными датчиками позволит идентифицировать пуски БР на разгонной траектории, что существенно снизит вероятность ударов БР со стороны Тихого океана и повысит возможности ПР GBV для усиления защиты Гавайев. Агентство планирует провести конкурс и заключить контракт с подрядчиками в 2018 г. Первоначальная готовность данного проекта ожидается к 2023 г.

Региональная противоракетная оборона США

Бюджет на 2018 г. отражает приверженность МО США к созданию региональных сил ПРО, которые будут действовать совместно с элементами системы ПРО, развернутыми стратегическими партнерами. США продолжают реализовывать Европейский поэтапный адаптивный подход (ЕПАП) (European Phased Adaptive Approach – ЕРАА), целью которого является обеспечение защиты разворачиваемых сил США и их союзников по НАТО в Европе от ударов БР со стороны Ближнего Востока. На Варшавском саммите в июле 2016 г. главы государств и правительств стран — членов НАТО объявили о достижении начальной оперативной готовности по ПРО (BMD Initial Operational Capability – IOC) [2].

МДА успешно выполнило Фазу 2 ЕПАП, которая предполагала развертывание системы ПРО Aegis Ashore в Девеселу (Румыния) в декабре 2015 года (рис. 6). Данная система, принятая к эксплуатации ВМС США, обеспечивает возможность запуска ракет SM-3⁶ Block IA и IB для защиты европейских союзников по блоку НАТО и дислокации американских войск в Европе. В настоящее время Aegis Ashore в Румынии является неотъемлемой частью системы ПРО НАТО, которая включает в себя передовые системы вооружений такие, как мобильная РЛС разведки и наблюдения AN/SPY-2⁷ (Army Navy/Transportable Radar Surveillance System and Control. Model 2) в Турции, управляемые ПР Aegis Destroyers размещенные в Рота (Испания), ПР SM-3 и узел управления ПРО на авиабазе Рамштайн (Германия).



Рис. 6. Система ПРО Aegis Ashore в Девеселу (Румыния)

Начало реализации Третьей фазы ЕПАП запланировано на конец 2018 г.. Она предполагает размещение системы ПРО Aegis Ashore в Польше и обновление системы ПРО Aegis новой модификацией ракет SM-3 Block IIА. Строительство Aegis Ashore в Польше было начато в 2016 г., а ее завершение намечено на конец 2018 г. (рис. 7). После завершения работ Третьей фазы, системы Aegis Ashore и другие модернизированные системы Aegis будут способны осуществлять пуск ракет модификаций SM-3 Block IA, IB и IIА. Это повысит вариативность противоракетной обороны в целом и обеспечит более полную защиту от ракет малой и средней дальности, а также промежуточного радиуса действия.

⁶ Standard Missile 3 – зенитная управляемая ракета семейства «Стандарт». Находится на вооружении ВМС США, устанавливается на крейсера, эсминцы или в виде наземных установок. Кинетическая БЧ имеет собственный двигатель. Наведение производится автоматически с помощью матричной инфракрасной головки самонаведения, имеющей высокое разрешение. Предназначена для уничтожения воздушных целей, в том числе баллистических ракет и боеголовок на заатмосферных высотах.

⁷ AN/SPY-1 – американская многофункциональная трехкоординатная РЛС с фазированной антенной решеткой (ФАР). Является основой боевой информационно-управляющей системы Aegis. Выполняет поиск по азимуту и углу места, захват, классификацию и сопровождение целей, командное управление зенитными ракетами на стартовом и маршевом участках траектории. Централизация всех этих функций в одной системе позволило сократить число радаров, уменьшить взаимные помехи, увеличить количество сопровождаемых и обстреливаемых целей (250 и 20 соответственно). Устанавливается на американские корабли типа «Тикондерога» и «Арли Берк», а также корабли других стран.



Рис. 7. Строительство системы ПРО Aegis Ashore в Польше

Суммарно MDA планирует израсходовать 59,7 млн долл. в 2018 г. на Aegis Ashore в Польше. Финансирование будет направлено на целый спектр мероприятий, необходимых для полноценного функционирования системы. Предполагается осуществлять постоянное обновление отдельных компонентов в соответствии с ростом боевых возможностей противника и с Планом ВМС США по модернизации средств поражения (Navy's destroyer modernization plan) [3], а также обеспечивать доработку систем в целях улучшения информативности на европейском театре военных действий за счет внедрения беспроводной широкополосной информационной сети.

Руководством США планируются следующие объемы финансирования в области дальнейшей разработки, проведения испытаний, эксплуатации и технического обслуживания элементов системы ПРО.

1. В рамках ПЭ 0603892С 852,1 млн долл. будет направлено на ПРО Aegis BMD. Данный ПЭ предполагает интеграцию БР SM-3 Block IIA в систему ПРО, переход на общую систему аппаратных средств Kinetic Warhead, тестирование их аппаратного взаимодействия и выпуск опытного образца боеготового выстрела (All-Up-Rounds) для поддержки первоначального развертывания в рамках Третьей фазы ЕПАП. Агентство ПРО США намерено увеличить количество систем Aegis в соответствии с требованиями ВМС США для повышения эффективности противодействия баллистическим ракетам малой, средней и промежуточной дальностей. Внедрение новых РЛС с улучшенной разрешающей способностью позволят системе Aegis повысить возможности противодействия большому спектру БР дальнего действия. В 2018 г. MDA продолжит разработку нового ПО для системы объединенной противовоздушной и противоракетной обороны (Integrated Air and Missile Defense – IAMD) Baseline 9.C2 (BMD 5.1) в поддержку Третьей фазы ЕПАП и поддержки IAMD 10 (BMD 6.0). Модернизация ПО и аппаратных средств ПРО до уровня 6.0 позволит интегрировать состоящие на вооружении системы ПРО с передовой РЛС ПВО/ПРО (Advanced Air and Missile Defense Radar – AMDR), именуемой AN/SPY-6⁸, для увеличения дальности взаимодействия элементов европейской

⁸ AN/SPY-6 или AMDR – радиолокационная система, разрабатываемая для размещения на кораблях ВМС США. Система обеспечивает объединенную противовоздушную и противоракетную оборону, а также некоторые дополнительные функции (например, обнаружение перископов подводных лодок). Система AMDR состоит из двух основных РЛС и контроллера RSC (Radar Suite Controller), предназначенного для координации и работы. РЛС S-диапазона осуществляет трехкоординатный обзор, сопровождение целей, распознавание баллистических ракет и связь с противоракетами. РЛС X-диапазона осуществляет слежение и сопровождение низколетящих и надводных целей, управление ракетами, подсветку цели на конечном участке траектории ракеты.

ПРО. Начиная с 2018 г., Агентство начнет модернизацию аппаратного и программного обеспечения системы пусковых установок SM-3 Block IB и противоракет ПР SM-3 Block IA.

2. В рамках ПЭ 0604878С планируется израсходовать 134,5 млн долл. на проведение испытаний систем Aegis.

Программа летных испытаний ПРО Aegis предполагает проведение всестороннего анализа и оценки возможностей всех компонентов Aegis, в том числе оценку их совместимости с системой глобальной ПРО.

Программа наземных испытаний ПРО Aegis включает проведение качественного имитационного моделирования с целью получения дополнительных данных, необходимых MDA и Командующим войсками для перехода к базовому уровню оперативной готовности (Operational Capacity Baseline). Так, Агентство планирует провести испытания ракет SM (шифр FTM-29) с использованием ПРО Aegis уровня 5.1 и ПР SM-3 Block IA. Разработки и эксплуатационные испытания поддерживаются непосредственно командованием ВМС США в рамках обязательств по программе ЕПАП.

MDA также планирует провести летные испытания с использованием результатов внедренных передовых технологий (Flight Test Experimental Advanced Technology – FEV-01). FEV-01 представляет собой экспериментальную демонстрацию с участием корабля ПРО Aegis, мишени – баллистической ракеты средней дальности – ПР SM-3 Block IB, использованием дистанционных пусковых установок LoR (Launch on Remote), систем распознавания DST (Discrimination Sensor Technology) и беспилотного летательного аппарата MQ-9 Reaper, оснащенного мультиспектральной системой наведения MTS-C (Multi-Spectral Targeting System – C).

3. Агентство MDA в 2018 г. планирует направить 425,0 млн долл. на закупку 34 ракет Aegis SM-3 Block IB, включая расходы, связанные с эксплуатацией и проведением ТО пускового оборудования. Также будет закуплено 287 ракет SM-3 Block IB, 182 из которых будут поставлены к концу 2018 г.

4. В период 2018–2022 гг. MDA планирует дополнительно израсходовать 38,7 млн долл. на приобретение долговечных защитных материалов для ракеты SM-3 Block IB. Также за этот период предполагается направить 160,3 млн долл. на корабельное оборудование систем оружия ПРО Aegis, включая программное обеспечение и монтажные материалы. MDA продолжит поставки блоков SM-3 Block IB в Румынию и для многоцелевых кораблей Aegis ВМС США. Продолжится взаимодействие MDA с ВМС США по вопросам усовершенствования антенны РЛС AN/SPY-1, включая внедрение нового ПО Aegis Weapon System.

В целом, в 2018 г. на закупку и сопровождение элементов системы ПРО Aegis будет потрачено около 624 млн долл.

Далее рассмотрим еще один важный компонент противоракетной обороны США – комплексы ТНААД⁹ (Terminal High Altitude Area Defense). ТНААД представляет собой мобильную сухопутную систему, которая обеспечивает защиту от ударов БР на конечной стадии полета (рис. 8). ТНААД, являясь быстро разворачиваемой системой, расширяет и дополняет возможности национальной и региональной систем ПРО США и стран-членов НАТО.

В настоящее время Агентство ПРО США осуществляет развертывание одной батареи передового базирования ТНААД на о. Гуам. Испытательные пуски северокорейских БР обеспокоили военно-политическое руководство США, показав наличие серьезной угрозы с их стороны американской группировке передового развертывания в Р. Корея в частности и Азиатско-Тихоокеанском регионе в целом. В результате 6 марта 2017 г. тихоокеанское командование ВС

⁹ ТНААД – мобильный противоракетный комплекс наземного базирования, предназначенный для заатмосферного перехвата ракет средней дальности. Противоракета ТНААД – одноступенчатая твердотопливная. В состав ракеты входит: твердотопливный двигатель, неохлаждаемая ИК ГСН, работающая в среднем (3,3–3,8 мкм) и дальнем (7–10 мкм) участках ИК-диапазона и командно-инерциальная система управления.

США перенаправило первые системы ПРО ТНААД в Р. Корея, реализовав в июле 2016 г. решение Альянса США-РК о приведении в боевую готовность сил на корейском полуострове. Развертывание ТНААД способствует созданию многоуровневой системы противоракетной обороны и расширяет защиту Альянса США-РК от угрозы ракетного удара со стороны Северной Кореи.



Рис. 8. Развертывание систем ТНААД (Республика Корея)

В целях недопущения ослабления позиций на корейском полуострове бюджетный запрос Агентства ПРО США на 2018 г. содержит следующие расходы [4]:

– 230,2 млн долл. для систем ПРО ТНААД по ПЭ 0603881С, включая проведение НИОКР, связанных с модернизацией и обновлением парка мобильных комплексов. МДА продолжит разработку обновлений ПО для ТНААД и обеспечит интеграцию батарей ТНААД в систему управления войсками ПВО/ПРО (Integrated Air and Missile Defense Battle Command System – IBCS);

– 36,2 млн долл. на проведение испытаний в рамках ПЭ 0604876С. Данный программный элемент предусматривает проведение в 2018 г. летных испытаний ТНААД (шифр Flight Test Other-35 – FTX-35). В ходе этих испытаний будет осуществляться слежение за полетом баллистической ракеты, проведена оценка работоспособности программного обеспечения ТНААД 3.0 и проанализирована возможность взаимодействия РЛС AN/TPY-2 мод. X 86 с батареями ТНААД. Также запланированы летные испытания в интересах отработки совместности функционирования комплекса ТНААД и ПР Patriot;

– 451,6 млн долл. на продолжение закупок противоракет для комплексов ТНААД. В настоящее время в СВ США поставлено 210 противоракет ТНААД, к концу 2018 г. будут поставлены дополнительно 52 противоракеты, а к 2020 г. количество состоящих на вооружении противоракет суммарно составит 375 единиц;

– дополнительно 78,8 млн долл. на ремонт и техническое обслуживание, а также тренажеры комплекса ТНААД.

Развитие новых возможностей

В интересах расширения возможностей ПРО США Агентство МДА осуществляет поддержку следующих основных направлений исследований:

- повышение разрешающей способности перспективных средств системы ПРО;
- создание высокомошных твердотельных лазеров;
- реализацию технологии «Многообъектные боевые головные части» (Multi-Object Kill Vehicle – МОКВ).

Согласно данным ПЭ 0604115С Агентство запрашивает 128,4 млн долл. на реализацию проектов, достигших технологической готовности (Technology Maturation Initiatives). В частности, MDA планирует внедрять усовершенствованные датчики в системы, уже прошедшие испытания и подтвердившие свою эффективность. Примером таких систем является мультиспектральная система наведения (Multispectral Targeting System) разведывательно-ударного БЛА MQ-9 «Reaper», устанавливаемая с целью решения задач точного слежения и распознавания целей (рис. 9). В перспективе мультиспектральные системы наведения планируется устанавливать на космические аппараты.



Рис. 9. Разведывательно-ударный БЛА MQ-9 Reaper с системой мультиспектрального наведения

Кроме того, Агентство MDA продолжит разработку твердотельного лазера, предполагаемого к дальнейшей установке на БЛА для обеспечения возможности поражения БР на разгонном участке траектории.

Согласно данным ПЭ 0603294С и ПЭ 0604894С на Программу технологий создания боеголовок общего назначения (Common Kill Vehicle Technology Program), MDA планирует израсходовать в 2018 г. 252,9 млн долл.

Предполагается создать технологический задел в области разработки системы уничтожения нескольких воздушных целей при запуске одной противоракеты (рис. 10). В настоящее время Агентство заключает трехлетние контракты с тремя головными конкурирующими подрядчиками с целью снижения технического риска в случае не реализации разработки МОКВ. Начало НИОКР запланировано на 2020 г.

Согласно данным ПЭ 0603176С «Передовые концепции и оценка эксплуатационных показателей» (Advanced Concepts & Performance Assessment), Агентство запрашивает 13,0 млн долл. на организацию НИР по оценке вероятного технического уровня перспективной ПРО, проведению ее всестороннего анализа и изучению новых моделей и концепций. Также в рамках данного ПЭ запланировано финансирование по программно-аппаратному моделированию технических возможностей перспективных проектов, проведению испытаний датчиков воздушного базирования, опытных образцов боеголовок с модульной открытой архитектурой и т. п.



Рис. 10. Концепция многообъектной головной части ПР

Космическая противоракетная оборона

На программу космической противоракетной обороны (ПЭ 1206895С) Агентство MDA на 2018 г. запрашивает 17,0 млн долл., в ходе которой предполагается проведение испытаний спутника ПРО космического базирования (Spacebased Kill Assessment – SKA) (рис. 11). SKA будет аккумулировать и собирать данные сети инфракрасных датчиков, размещенных на коммерческих спутниках и с помощью широкополосной сети быстрой передачи данных отправлять информацию в центр управления ПРО США.

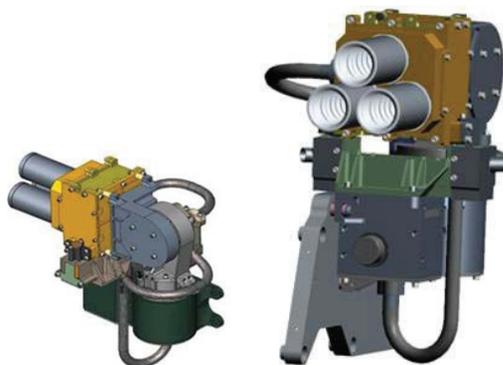


Рис. 11. Элемент системы ПРО космического базирования SKA

Сеть спутников SKA планируется вывести на орбиту уже в 2017 г. Бюджетный запрос направлен, в том числе, и на разработку алгоритмов оценки вероятности удара БР после введения SKA в оперативную систему глобальной ПРО.

Агентство ПРО США также запрашивает 34,9 млн долл. на техническое обслуживание действующей космической системы наблюдения и разведки STSS (Space Tracking and Surveillance System) (ПЭ 1206893С). Данная система состоит из двух спутников, работающих на низкой околоземной орбите, и предоставляет данные оперативного слежения за угрозами, осуществляет распознавание целей, выдачу целеуказания и замыкает систему управления огнем системы ПРО. В целом система STSS будет продолжать обеспечивать космическую ситуационную осведомленность ВС США.

В перечень работ по ПЭ 1206893С также включено финансирование Центра космической противоракетной обороны (Missile Defense Space Center – MDSC), координирующего совместное функционирование, использование и интеграцию системы STSS с другими космическими средствами и системами морского и наземного базирования. Кроме того, Агентство MDA продолжит финансирование, направленное на реализацию системы перехвата, хранения и анализа данных PIA (Post Intercept Assessment).

Другие программы противоракетной обороны США

Финансирование исследований и разработок датчиков ПРО в рамках ПЭ 0603884С направлены на поддержание национальной и региональной систем ПРО США. Так, на поддержку РЛС раннего предупреждения «Cobra Dane», модернизированных РЛС раннего предупреждения (модернизация по программе Upgraded Early Warning Radar – UEWR)¹⁰ (рис. 12) и РЛС AN/TPY-2, размещенных за пределами континентальной части США, Агентство ПРО США запросило 191,1 млн долл.

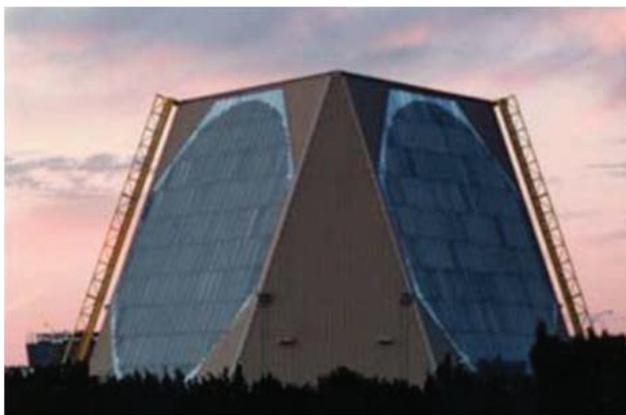


Рис. 12. РЛС раннего предупреждения (модернизация по программе Upgraded Early Warning Radar – UEWR)

Службы оперативного командования при материально-техническом обеспечении Агентства ПРО к настоящему моменту уже разместили РЛС передового базирования AN/TPY-2 в Японии (две РЛС), Израиле, Турции и в Тихом океане. Таким образом, MDA продолжает осуществлять техническую поддержку всех РЛС AN/TPY-2 в качестве составной части батареи THAAD, развернутой на Гуаме.

MDA запрашивает 213,5 млн долл. на разработку передовых алгоритмов системы распознавания РЛС AN/TPY-2, Cobra Dane, Sea Based X-Band и UEWR в интересах их модернизации. Дальнейшее развитие средств распознавания предусматривает, в том числе, и их интеграцию в систему глобальной ПРО. Они позволят обеспечить информацией всех участников глобальной ПРО о выявленных и опознанных объектах и определить степень угрозы, исходящей от них.

¹⁰ В 2003 г. компания Boeing получила восьмилетний контракт стоимостью 449 млн фунтов стерлингов по модернизации трех РЛС ПРО США в рамках программы UEWR (Upgraded Early Warning Radar). Субподрядчиком выступила компания Raytheon. На РЛС «Файлингдейлс» были заменены многие внутренние системы для повышения разрешающей способности и точности определения траектории. Внешний вид станции, а также излучаемая мощность остались неизменными. В 2014 г. модернизированная РЛС типа AN/FPS-132 принята в эксплуатацию.

В 2018 финансовом году Агентство приступит к производству интегрированных многоканальных приемо-передающих модулей TRIMM (Transmit/Receive Integrated Multichannel Modules) следующего поколения на основе нитрида галлия (GaN) в целях улучшения ГТХ РЛС AN/TPY-2. Согласно данным ПЭ 0603884С, только на синтез нитрида галлия будет направлено 10 млн долл. Кроме того, MDA планирует израсходовать 5 млн долл. на работы, связанные с оценкой возможностей Атлантической РЛС дальнего действия для ее использования в интересах защиты от удара БР со стороны Ирана.

В рамках ПЭ 0604879С Агентство ПРО США планирует направить 84,2 млн долл. на мероприятия по испытанию новых датчиков с помощью программно-аппаратного моделирования (Digital and Hardware-in-the-Loop – HWIL) предполетных испытаний (Pre-Mission Tests – PMTs) и послеполетного моделирования (Post-Flight Reconstruction – PFR).

Система оперативного управления боевыми действиями и связи (Command and control, battle management, and communications system – C2BMC) осуществляет полный спектр информационного обеспечения, координации и управления всеми звеньями системы ПРО США. Она обеспечивает постоянное слежение, выявление и распознавание угроз, управление огнем и обеспечивает поддержание качества данных конечным потребителям – ПРО Aegis, GMD, THAAD и Patriot, а также информационное обеспечение партнеров по коалиции в интересах национальной и региональной ПРО.

Система C2BMC также обеспечивает управление датчиками и РЛС AN/TPY-2 передового базирования во всем мире, предоставляет оперативные данные для ситуационной осведомленности и принятия решений системы глобальной ПРО. На поддержание ее потенциала на современном уровне, включая разработку нового ПО «Спираль 6.4» и «Спираль 8.2-1», MDA на 2018 г. запрашивает 430,1 млн долл. Агентство ПРО продолжит разработку пакетов обновлений, позволяющих улучшить управление датчиками и системами слежения. Также планируется разработать ПО «Спираль 8.2-3» с целью обеспечения возможности дистанционного управления элементами ПРО Aegis, ПО «Спираль 8.2-5» – для РЛС LRDR с целью их оптимальной интеграции в систему глобальной ПРО.

Реализация работ 2018 г. позволит интегрировать новые космические датчики и поддерживать глобальные возможности системы C2BMC.

MDA планирует направить 200,2 млн долл. для выполнения системного проектирования, необходимого для разработки, строительства, проведения испытаний, оценки и размещения элементов интегрированной системы глобальной ПРО (проекты MD24 и MD31 ПЭ 0603890С).

С 2018 г. MDA планирует увеличить расходы на НИОКР в области разработки и создания гиперзвуковых оборонных систем (рис. 13). В рамках ПЭ 0604181С только в 2018 г. запланированы 75,3 млн долл. на проведение данных исследований, включая мероприятия по обеспечению защиты от ударов гиперзвуковыми средствами поражения, а также формирование дорожной карты в области развития гиперзвуковых технологий.

Еще одной приоритетной задачей в области развития ПРО США Агентством MDA заявлена кибербезопасность. MDA планирует исследовать, развивать и наращивать потенциал в этом направлении в соответствии со Стратегией кибербезопасности МО США, Плана реализации мер по кибербезопасности МО США (Cybersecurity Discipline Implementation Plan) и Программой MDA по Кибероперациям (Cyber Operations Program) [5, 6, 4].

Таким образом, Агентство ПРО США планирует в 2018 г. суммарно направить 7,9 млрд долл. на укрепление и расширение развертывания национальных и коалиционных (региональных) средств ПРО.

В области международного сотрудничества MDA продолжает осуществлять финансовую поддержку партнеров по ПРО в целях:

- проведения совместных исследований и разработок в рассматриваемой области;

- развертывания на территориях союзников своих комплексов противоракет и элементов системы ПРО (прежде всего, РЛС);
- дополнительных закупок средств противоракетной обороны;
- обеспечения совместного производства элементов ПРО.



Рис. 13. Гиперзвуковой планирующий ЛА

Также сохраняется многолетняя тенденция сотрудничества Агентства с израильской Организацией противоракетной обороны (Israel Missile Defense Organization), включая совместное развитие системы ПРО «Праца Давида», перехватчика в верхней части траектории полета БР (Upper-Tier Interceptor) и модернизации комплекса ПРО Arrow (Arrow Weapon System Improvements) [7]. Международное сотрудничество MDA по всем программам осуществляется в соответствии с ранее достигнутыми международными соглашениями.

Статья выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по результатам работ в рамках Государственного задания по проекту № 2.12622.2018/12.1.

Список литературы

1. США хотят потратить в 2018 году почти 10 млрд долл. на противоракетную оборону. РИА-Новости, 24 мая 2017. Available at: <https://ria.ru/world/20170524/1494938532.html>.
2. Ballistic missile defence. NATO, 25 July 2016. Available at: https://www.nato.int/cps/ic/natohq/topics_49635.htm.
3. Available at: <http://missiledefenseadvocacy.org/intl-cooperation/poland>.
4. Fiscal Year (FY) 2017 President's Budget Submission, Missile Defense Agency, Defense-Wide Justification Book, Vol. 2a of 2 (Research, Development, Test & Evaluation, Defense-Wide), Feb 2016.
5. Cyber Strategy, DoD, Apr 2015. Available at: https://www.defense.gov/Portals/1/features/2015/0415_cyber-strategy/Final_2015_DoD_CYBER_STRATEGY_for_web.pdf.
6. Cybersecurity Discipline Implementation Plan, DoD, Feb 2016. Available at: <http://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/Cyber/CyberDis-ImpPlan.pdf>.
7. Бовдунов А. Самый Ближний Восток: что последует за открытием первой военной базы США в Израиле. RT, 19 сентября 2017. Available at: <https://russian.rt.com/world/article/431790-ssha-voennaya-baza-izrail>.

References

1. *SShA khotyat potratit' v 2018 godu pochni 10 mlrd doll. na protivoraketnyuyu oboronu. RIA-Novosti, 24 maya 2017* [The US wants to spend almost \$10 billion in 2018 on missile defense. RIA-Novosti, May 24, 2017]. Available at: <https://ria.ru/world/20170524/1494938532.html>.
2. Ballistic missile defence. NATO, 25 July 2016. Available at: https://www.nato.int/cps/ic/natohq/topics_49635.htm.
3. Available at: <http://missiledefenseadvocacy.org/intl-cooperation/poland>.
4. Fiscal Year (FY) 2017 President's Budget Submission. Missile Defense Agency, Defense-Wide Justification Book. Vol. 2a of 2 (Research, Development, Test & Evaluation, Defense-Wide), Feb 2016.
5. Cyber Strategy, DoD, Apr 2015. Available at: https://www.defense.gov/Portals/1/features/2015/0415_cyber-strategy/Final_2015_DoD_CYBER_STRATEGY_for_web.pdf.
6. Cybersecurity Discipline Implementation Plan, DoD, Feb 2016. Available at: <http://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/Cyber/CyberDis-ImpPlan.pdf>.
7. Bovdunov A. (2017) *Samyy Blizhniy Vostok: chto posleduet za otkrytiem pervoy voennoy bazy SShA v Izraile. RT, 19 sentyabrya 2017* [The Middle East: what will follow the opening of the first US military base in Israel. RT, September 19]. Available at: <https://russian.rt.com/world/article/431790-ssha-voennaya-baza-izrail>.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE

FEDERAL INSTITUTION «RESEARCH INSTITUTE – FEDERAL RESEARCH CENTRE
FOR PROJECT EVALUATION AND CONSULTING SERVICES»
(SRI FRCEC)

INNOVATICS AND EXPERT EXAMINATION

ISSUE 1(22)

MOSCOW 2018

ИННОВАТИКА И ЭКСПЕРТИЗА

1(22)

Москва 2018

Ответственный редактор *А.А. Тугаринов*
Компьютерная верстка *А.А. Тугаринов*

Сдано в набор 02.04.18. Подписано в печать 30.05.18.
Формат 205×287. Бумага 80 г/м².
Тираж 100. Заказ № 17.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт –
Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы»
Москва, ул. Антонова-Овсеенко, д. 13