МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ – РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ»
(ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ)

ИННОВАТИКА И ЭКСПЕРТИЗА

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
Выпуск 1(12)

МОСКВА 2014

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;
I.I. Kurochka, Scientific Secretary, Doctor of Physics and Mathematics;
A.A. Tugarinov, Executive Editor for the collection;
B.V. Ivanov, Director of Centre;
K.V. Lebedev, Director of Centre, Doctor of Economics;
N.A. Mironov, Director of Centre, Doctor of Engineering;
Y.L. Rybakov, Director of Centre, Ph.D. of Biology;
I.A. Tugarinov, Advisor, Doctor of Geology and Mineralogy;
T.I. Turko, Director of Centre, Doctor of Biology;
E.L. Khitsunov, Director of Centre;
A.V. Koltsov, Deputy Head of Centre, Doctor of Economics;
Y.N. Andreyev, Chief Researcher, Doctor of Economics

Innovatika 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). – M.: SRI FRCEC, 2014. – Vol. 1(12). – 238 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, 2014
EAN-13: 9771996227771
This collection was registered on 12 April 2007 in ROSOHRANKULTURA Agency PI № FS77-27730.

Editorial Address: 123995, GSP-5, 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;
И.И. Курочка, ученый секретарь, канд. физ.-мат. наук;
А.А. Тугаринов, отв. редактор сборника;
Б.В. Иванов, дир. центра;
К.В. Лебедев, дир. центра, канд. экон. наук.;
Н.А. Миронов, дир. центра, канд. техн. наук;
Ю.Л. Рыбаков, дир. центра, д-р биол. наук;
И.А. Тугаринов, советник, канд. геол.-минер. наук;
Т.И. Турко, дир. центра, канд. биол. наук;
Е.Л. Хицунов, дир. центра;
А.В. Кольцов, зам. дир. центра, канд. экон. наук;
Ю.Н. Андреев, гл. научн. сотр., канд. экон. наук

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, 2014. – Вып. 1(12). – 238 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, с изучением свойств новых, в том числе наноструктурных материалов; рассматриваются направления инновационного развития России, приводятся результаты анализа деятельности хозяйственных обществ и развития инновационных инфраструктур вузов, обсуждается правовое регулирование особо охраняемых природных территорий 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, 2014
EAN-13: 9771996227771

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

Адрес редакции: 123995, ГСП-5, 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

Mazurkin P.M., Ilyushchenko R.R. Innovation processes in major countries 8
Pliyeva Z.R., Turko T.I. Organization and monitoring innovation infrastructure subjects of Russian Federation 20
Myakinkova L.L., Makletskaya A.V. Forest Biotechnology at the stage of innovation development of economy 31
Verbenko I.A., Reznichenko L.A. Major trends to optimize the properties of multiferroics 40
Krivosheyev I.A., Rojkov K.E. Methods of design of marine and aircraft turbomachinery using new approaches 55
Yaminsky I.V., Sinitsina O.V., Meshkov G.B., Yerofeyev A.C., Gorelkin P.V. Biomedical applications and biosensor scanning probe microscopy 62
Galenko-Yaroshevski P.A., Gukasov V.M., Gatsura V.V. Problem of correction of oxidative homeostasis in modern therapy of diseases of heart and blood vessels 81

EXPERT EXAMINATION AND ANALYTICAL ACTIVITY

Mironov N.A. Information technology approach to the description of information and analytical decision making support in the sphere of R&D management 107
Bukharin S.N., Divuyeva N.A., Maryshev E.A. The choice of the resulting rankings 114
Gudkova A.A. Development of program-target method of research planning 121
Bukharin S.N., Malkov S.Y. Basics of the information field theory 131
Lymar A.M., Rodionova G.G. The analysis of a condition and prospects of development of cooperation of the Russian Federation in the APEC region in the field of metallurgy and mining industry 148

ECONOMY AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Koltsov A.V., Oktiabrskiy A.M. Socio-economic effectiveness of implementation of federal and departmental target programs 163
Andreyev Y.N., Lukasheva N.A. Issue of the monitoring effects of the university activities 176
Melnik P.B., Turko T.I., Fedorkov V.F., Boretskaya S.V., Morozova I.A. Creation of econiomic socities and economic partnerships by budgetary and autonomous institutions of science and educational organizations 187

СОДЕРЖАНИЕ

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Мазуркин П.М., Илющенко Р.Р. Инновационный процесс в крупных странах 8

Плиева З.Р., Турко Т.И. Организация и проведение мониторинга инновационной инфраструктуры субъектов Российской Федерации 20

Мякинькова Л.Л., Маклецкая А.В. Лесная биотехнология на этапе инновационного развития экономики 31

Вербенко И.А., Резниченко Л.А. Инновации в области функционального материаловедения 40

Кривошеев И.А., **Рожков К.Е.** Методы проектирования судовых и авиационных лопаточных машин с использованием новых подходов 55

Яминский И.В., Синицына О.В., Мешков Г.Б., Ерофеев А.С., Горелкин П.В. Биомедицинские и биосенсорные приложения сканирующей зондовой микроскопии 62

Галенко-Ярошевский П.А., Гукасов В.М., Гацура В.В. Проблема коррекции окислительного гомеостаза в современной терапии заболеваний сердца и сосудов 81

ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Миронов Н.А. Информационный подход к описанию технологии информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР 107

Бухарин С.Н., Дивуева Н.А., Марышев Е.А. Выбор результирующего ранжирования в процессе научно-технической экспертизы инновационных проектов 114

Гудкова А.А. Развитие программно-целевого метода планирования исследований и разработок 121

Бухарин С.Н., Малков С.Ю. Основы теории информационного поля 131

Лымарь А.М., Родионова Г.Г. Анализ состояния и перспектив развития сотрудничества Российской Федерации в регионе АТЭС в области металлургии и горнодобывающей промышленности 148

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Кольцов А.В., Октябрьский А.М. Социально-экономическая эффективность реализации федеральных и ведомственных целевых программ 163

Андреев Ю.Н., Лукашева Н.А. Проблема мониторинга эффектов деятельности вуза 176

Мельник П.Б., Турко Т.И., Федорков В.Ф., Борецкая С.В., Морозова И.А. Создание хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств бюджетными и автономными учреждениями науки и организациями образования 187

Lebedev K.V., Glisin F.F., Kaliujny V.V. Comparative evaluation of science funding from the regional budgets 197

Barabash N.S., Shuvalov S.S. Life style eco: new principles and standards in economic, social and cultural spheres in the XXI century 210

Kirillov I.A., Klimenko S.V., Klimenko A.S., Meshcherin S.A. Complex security systems of high responsibility in megacities: from risk management to resistance management 227

Лебедев К.В., Глисин Ф.Ф., Калюжный В.В. Сравнительная оценка эффективности финансирования науки из региональных бюджетов 197

Барабаш Н.С., Шувалов С.С. Жизнь в стиле эко: новые принципы и стандарты в экономической, социальной и культурной сферах в XXI веке 210

Кириллов И.А., Клименко С.В., Клименко А.С., Мещерин С.А. Комплексное обеспечение безопасности систем высокой ответственности в мегаполисах: от управления риском к управлению стойкостью 227

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС В КРУПНЫХ СТРАНАХ

П.М. Мазуркин, зав. каф. Приволжского ГТУ, д-р техн. наук, проф., г. Йошкар-Ола, *kaf_po@mail.ru*

Р.Р. Илющенко, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *renaldi@extech.ru*

На примере распределения 20 крупных стран по трем показателям глобального инновационного индекса показана методология научно-технической экспертизы рейтингового места России. По многолетним измерениям этого индекса в будущем возможно выявление и изучение закономерностей для прогнозирования структурной динамики мировой инновационной системы.

Ключевые слова: глобальный инновационный индекс, показатели, суммарный балл, инновационные затраты, инновационная эффективность, рейтинг 20 крупных стран, структурная динамика, волновые закономерности.

INNOVATION PROCESSES IN MAJOR COUNTRIES

P.M. Mazurkin, Head of Department, Volga State Technical University, Ph.D. of Engineering, Professor, Yoshkar-Ola, *kaf_po@mail.ru*

R.R. Ilyushchenko, Head of Department, SRI FRCEC, *renaldi@extech.ru*

The methodology of scientific and technological expert examination of Russia's rating is shown by an example of distribution of 20 major countries in accordance with three indicators of global innovation index. By long-term measurements of this index in future it is possible to detect and study patterns to predict the structural dynamics of the global innovation system.

Key words: global innovation index, indicators, total score, innovation costs, innovation efficiency, ranking of 20 major countries, structural dynamics, wave patterns.

Действующий в России закон [3] ныне не удовлетворяет потребностям развития научно-технической экспертизы, поэтому нужны новые законы, аналогичные [1, 2] о науке и научно-технической экспертизе.

Введение. Сознавая необходимость в достаточно быстром формировании нового подхода к научно-технической и инновационной политике, в начале 2007 г. Министерством образования и науки была инициирована масштабная работа по долгосрочному прогнозированию научно-технологического развития Российской Федерации на основе Форсайта. Цели и задачи научно-технологического Форсайта в России сформулированы в «Концепции долгосрочного прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2025 года».

Восприимчивость российского бизнеса к нововведениям, особенно технологического характера, остается низкой.

Более 70 % российских изобретений направлено на поддержание и незначительное усовершенствование действующей техники и технологий.

Отсутствие патентной защиты не дает развиться экспорту.

За объект изучения примем *глобальный инновационный индекс* [4] в динамике технологического развития стран. Тогда для выявления волны колебательного возмущения необходимо учесть не менее 15–16 лет. В данной статье рассмотрен только один «срез» времени, поэтому даны закономерности только распределения (структурной динамики) стран, учитываемых в статистической выборке, и оценивается рейтинговое место России.

Измерение глобального инновационного процесса. Глобальный инновационный индекс (ГИИ) – обобщенный показатель для измерения уровня инноваций в стране, разработанный сообща Бостонской консалтинговой группой, Национальной ассоциацией производителей и Институтом Производства, независимым научно-исследовательским центром. Национальная ассоциация производителей считает этот показатель «крупнейшим и наиболее всеобъемлющим глобальным индексом своего рода» [4].

Оценка ГИИ является частью крупного исследования. Оно включало опрос более 1000 руководителей высшего звена из компаний – членов Национальной ассоциацией производителей во всех отраслях производства, углубленные интервью с 30 руководителями и сравнения «инновационной привлекательности» 110 стран. Результаты исследований были опубликованы в докладе «Инновационный императив производства: как Соединенные Штаты могут восстановить свою привлекательность» [4].

В докладе рассматривается не только эффективность в стране, но и то, что компании делают и пытались сделать для стимулирования инноваций. В нем учитываются новые политические показатели инновационной деятельности, включая налоговые льготы, политику в области иммиграции, образования и интеллектуальной собственности.

Инновационный процесс крупных стран. Исходные данные по 20 крупным странам приведены в исходных данных для моделирования по табличной модели (табл. 1).

Последний раз показатель был опубликован в марте 2009 г.

Чтобы ранжировать страны, в исследовании изучались как инновационные затраты, так и инновационная отдача. При оценке инновационных затрат рассматривалась фискальная политика правительства, политика в области образования и инновационной инфраструктуры.

Для оценки отдачи учитывались патенты, передача технологий и другие результаты НИОКР, эффективность предпринимательской деятельности, например, производительность труда, общая прибыль акционеров, влияние инноваций на миграцию бизнеса и экономический рост.

В табл. 1 приведен ГИИ 20 крупнейших стран (по уровню ВВП).

В заголовке табл. 1 приведены условные обозначения четырех факторов, из которых первый является порядком i рейтинга. Второй шкалой может быть ранг $r = 0,1,2,\ldots$.

По вектору «лучше → хуже» (в данном примере хуже) – по убыванию значений каждого из трех показателей, нами применяется для идентификации закон экспоненциальной гибели. Тогда между порядком рейтинга и ранговым распределением существует простое соотношение $r = i - 1$.

Однако 20 стран являются открытой системой, то есть только частью общего множества из 200 стран – около 10 %, поэтому параметр i даст возможность оценивать теоретически возможный рост значений того или иного показателя *Б*, *ИЗ* и *Э* при теоретически вполне возможном нулевом ранге.

Последовательно рассмотрим функции $Б = f(i)$, $ИЗ = f(i)$ и $Э = f(i)$ как модели структурной динамики среди 20 крупных стран мира.

Рейтинг стран по суммарному баллу. По исходным данным из табл. 1, после структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.38 [5] была получена (рис. 1) трендовая биотехническая закономерность вида

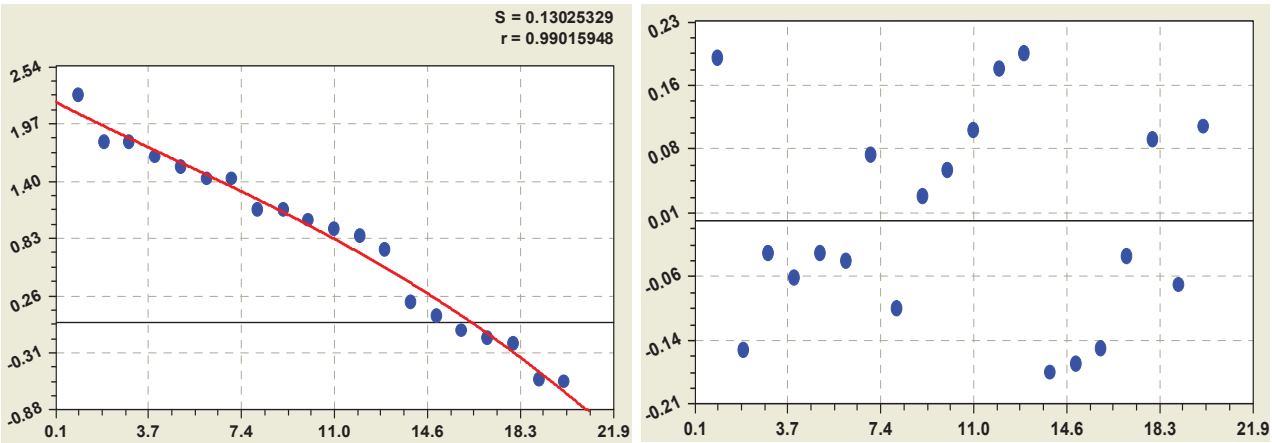
$$Б = 2{,}20104\ \exp(-0{,}059894i) - 0{,}00086436i^{2{,}45789}. \qquad (1)$$

Этот тренд содержит две составляющие. Первая является законом экспоненциальной гибели, что характерно для любого рейтинга.

Таблица 1

Рейтинг крупных стран по глобальному инновационному индексу

Рейтинг *i*	Страна	Суммарный балл *Б*	Инновационные затраты *ИЗ*	Инновационная эффективность *Э*
1	Республика Корея	2.26	1.75	2.55
2	США	1.80	1.28	2.16
3	Япония	1.79	1.16	2.25
4	Швеция	1.64	1.25	1.88
5	Нидерланды	1.55	1.40	1.55
6	Канада	1.42	1.39	1.32
7	Великобритания	1.42	1.33	1.37
8	Германия	1.12	1.05	1.09
9	Франция	1.12	1.17	0.96
10	Австралия	1.02	0.89	1.05
11	Испания	0.93	0.83	0.95
12	Бельгия	0.86	0.85	0.79
13	КНР	0.73	0.07	1.32
14	Италия	0.21	0.16	0.24
15	Индия	0.06	0.14	-0.02
16	Россия	-0.09	-0.02	-0.16
17	Мексика	-0.16	0.11	-0.42
18	Турция	-0.21	0.15	-0.55
19	Индонезия	-0.57	-0.63	-0.46
20	Бразилия	-0.59	-0.62	-0.51



Графики по модели (1) Остатки после модели (1)

Рис. 1. Рейтинг стран по суммарному баллу по детерминированной модели (1)

Вторая составляющая является кризисной (отрицательный знак перед ней), и этот кризис усиливается по закону показательного роста.

На рис. 2 приведен график волновой составляющей.

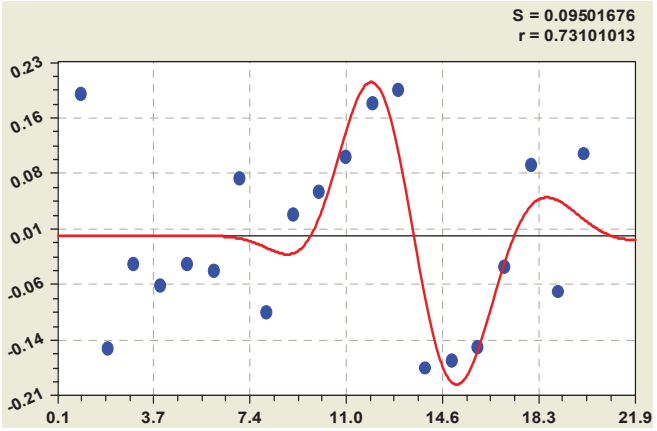


Рис. 2. График волновой составляющей

Она была выявлена идентификацией вейвлет-сигнала, полученной по остаткам от модели (1).

Остатки значимы и имеют погрешность более 25 %. Поэтому, хотя детерминированная модель тренда (1) получила очень высокий коэффициент корреляции 0,9902, нужно продолжить статистическое моделирование дальше.

Коэффициент корреляции 0,7310 (в правом верхнем углу графика) относит асимметричную волну к сильным факторным связям (больше 0,7).

Детерминированная модель совместно с волной колебательного возмущения дает (рис. 3) формулу

$$\begin{gathered} Б = 2{,}92842\exp(-0{,}29058 i^{0{,}49177}) - 0{,}00019981 i^{2{,}97823} + A\cos(\pi i/p - 0{,}50025), \\ A = 2{,}77440 \cdot 10^{-35} i^{47{,}35825}\exp(-3{,}32843 i^{0{,}99888}),\ p = 1{,}77474 + 0{,}06310 i^{1{,}08828}, \end{gathered} \tag{2}$$

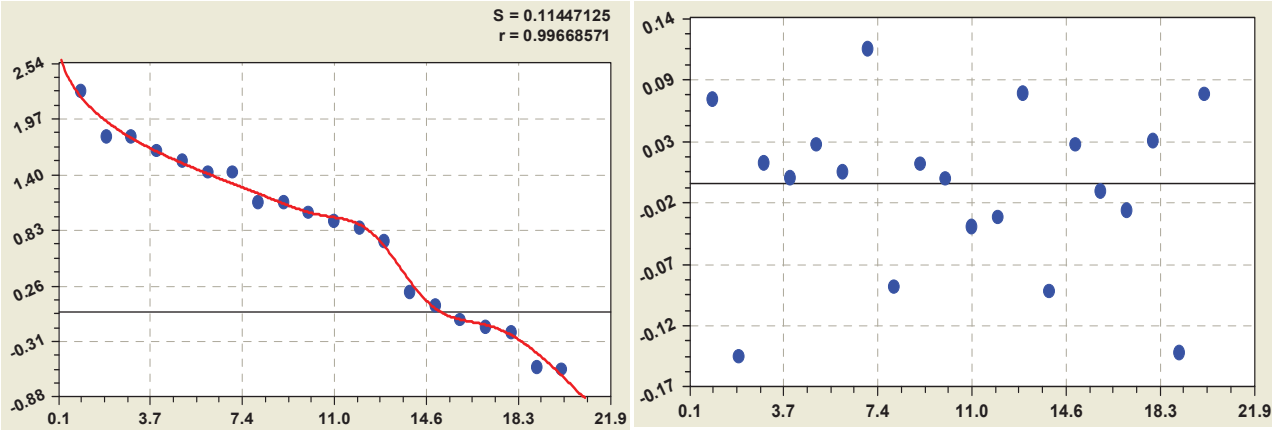
где A – амплитуда (половина) колебания человеческого капитала, балл, p – полупериод волны колебательного возмущения, единица рейтинга.

Из остатков на рис. 3 видно, что моделирование можно продолжить. Для пояснения методологии факторного анализа этого достаточно.

Рейтинг стран по инновационным затратам. По этому важному показателю инновационной деятельности 20 стран (рис. 4) получена статистическая формула

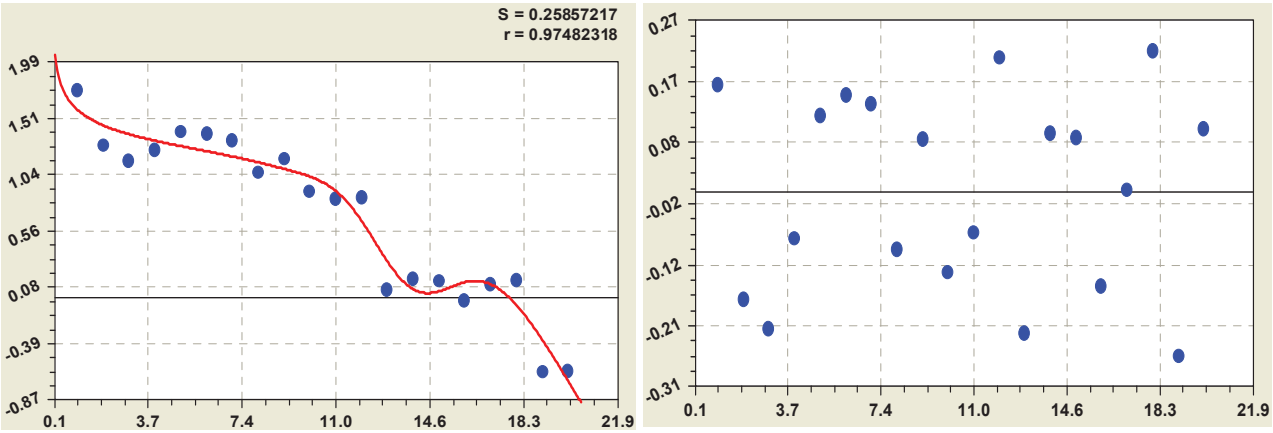
$$\begin{gathered} ИЗ = 22{,}91929\exp(-2{,}67413 i^{0{,}045000}) - 5{,}28727 \cdot 10^{-5} i^{3{,}49219} + A\cos(\pi i/p + 0{,}59113), \\ A = 2{,}37118 \cdot 10^{-37} t^{49{,}07015}\exp(-3{,}18675 t^{1{,}00879}),\ p = 1{,}38359 + 0{,}064379 t^{1{,}17400}. \end{gathered} \tag{3}$$

Из расположения остатков четко видна возможность получения еще двух волн (рис. 5) колебательного возмущения 20 стран в инновациях.



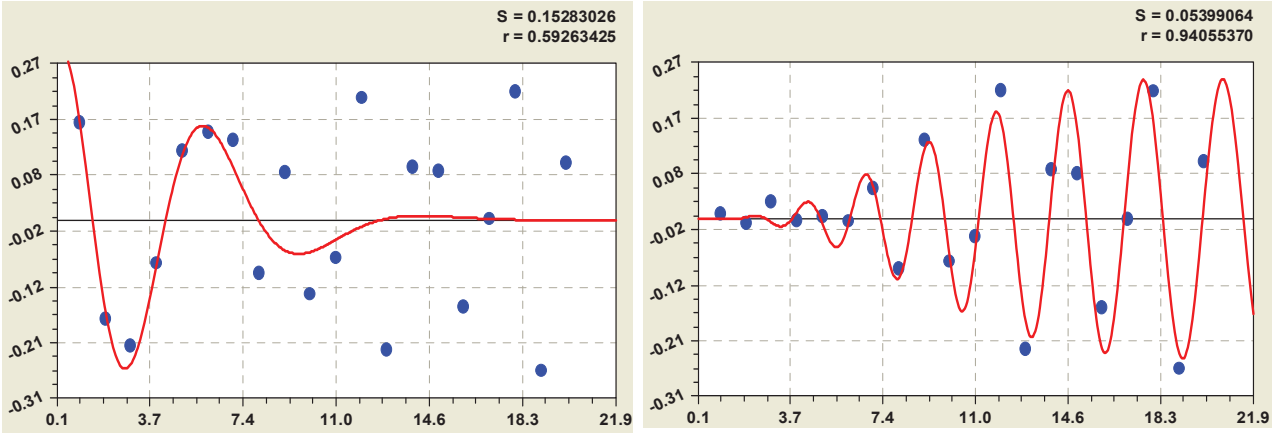
Графики по модели (2) Остатки после модели (2)

Рис. 3. Рейтинг стран по суммарному баллу по модели с волновой составляющей



Графики по модели (3) Остатки после модели (3)

Рис. 4. Рейтинг стран по инновационным затратам по модели с волновой составляющей



Вторая волна возмущения сильных стран Третья волна из остальных 13 стран

Рис. 5. Волны рейтинга инновационных затрат

Остатки приведены на рис. 6. По ним можно получить еще шестую и седьмую составляющие. Это доказывает, что инновационные затраты распределяются по отдельным странам сложным образом.

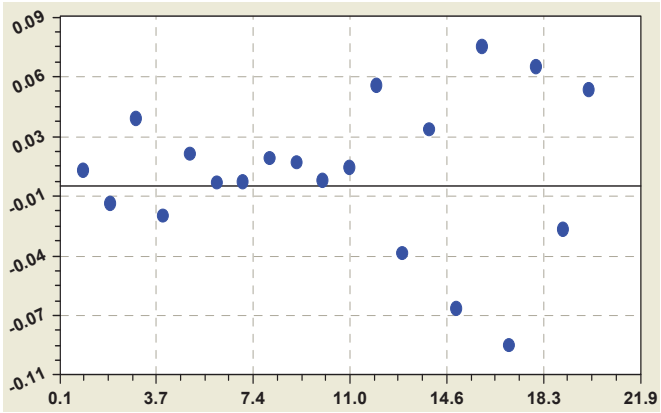


Рис. 6. Остатки после пяти составляющих

На рис. 6 две возможные волновые зависимости делят «двадцатку» на два кластера:

– сильная в инновационной деятельности подгруппа из семи стран – Республика Корея, США, Япония, Швеция, Нидерланды, Канада и Великобритания;

– остальная подгруппа из 13 стран.

Первая подгруппа стран ведет себя по кризисной закономерности

$$ИЗ_4 = -0{,}29506\exp(-0{,}017670i^{1{,}97658})\cos(\pi i/(2{,}25783 + 0{,}095803t^{1{,}01385}) - 3{,}49455\,, \qquad (4)$$

в которой амплитуда возмущения убывает по закону экспоненциальной гибели. Но полупериод увеличивается по показательному закону и поэтому частота возмущения в рейтинге снижается.

Вторая подгруппа стран, в которую входит на 16-м месте и Россия, изменяется по закономерности колебания

$$ИЗ_5 = 0{,}0021198i^{4{,}82968}\exp(-2{,}13309i^{0{,}50638})\cos(\pi i/0{,}79104 + 0{,}085348t^{0{,}56455}) - 1{,}21437. \qquad (5)$$

Однако место России лучше всего анализировать по выборке из 110 стран, потому что инновации не зависят от размера государства. Они зависят от множества творческих личностей и сформированного ими самими некоего сообщества изобретателей и рационализаторов (это было в СССР). Государство обязано создать для такого сословия населения комфортные условия.

Для формирования в России прослойки творцов техники и технологии, в особенности среди творчески активной молодежи, необходимо установить следующую шкалу оплаты за получение патента на изобретение (вначале российского, т. е. в рублях):

1) вещество + способ + устройство – 500 000;
2) вещество + способ – 450 000;
3) вещество – 300 000;
4) способ и устройство – 200 000;
5) способ – 150 000;
6) устройство – 50 000;
7) полезная модель – 10 000;
8) «ноу-хау» на производстве – 1000.

Тогда активные изобретатели смогли бы прокормить себя и свою семью за счет генерации научно-технических идей, составления заявок в ФИПС и получения патентов разного уровня значимости. Никаких корпораций, кластеров и иных структур не требуется. Изобретатель сам найдет себе для внедрения предприятие из действительно реальной экономики.

Рейтинг стран по инновационной эффективности. По этому показателю (рис. 7 и 8) получилось четырехчленное уравнение вида

$$Э = Э_1 + Э_2 + Э_3 + Э_4, \tag{6}$$

$$Э_1 = 2{,}74604,$$
$$Э_2 = -0{,}23335 i^{0{,}89359},$$
$$Э_3 = A_1 \cos(\pi i / p_1 + 1{,}40457),$$
$$A_1 = 0{,}0098043 i^{1{,}61491} \exp(-2{,}40882 \cdot 10^{-5} i^{3{,}81239}),$$
$$p_1 = 13{,}41396 - 0{,}82616 i^{0{,}74021},$$
$$Э_4 = A_2 \cos(\pi i / p_2 - 1{,}18920),$$
$$A_2 = 1{,}24417 \cdot 10^{-33} i^{49{,}36044} \exp(-4{,}28962 i^{0{,}96927}),$$
$$p_2 = 0{,}37410 + 0{,}019386 i^{1{,}10571}.$$

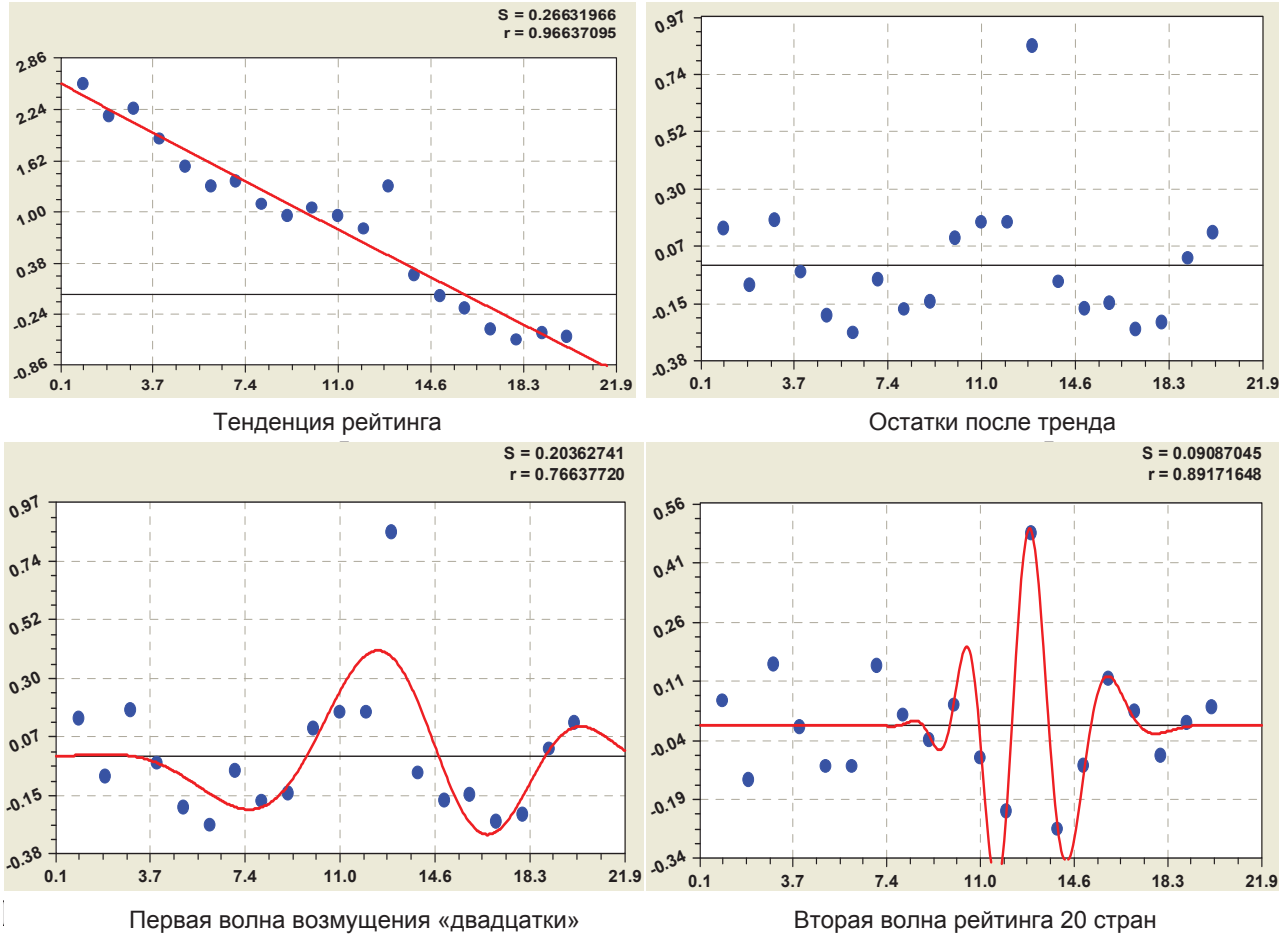


Рис. 7. Графики рейтинга инновационной эффективности 20 стран

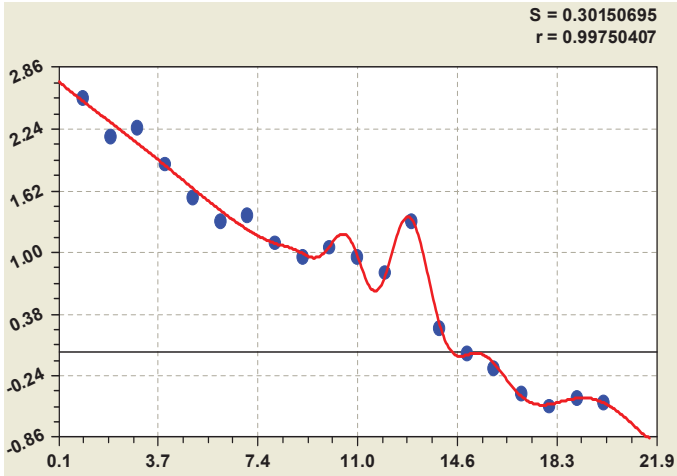


Рис. 8. График общей модели (6) инновационной эффективности 20 стран

Коэффициент корреляции 0,9975 относит модель (6) к сверхсильным факторным связям.

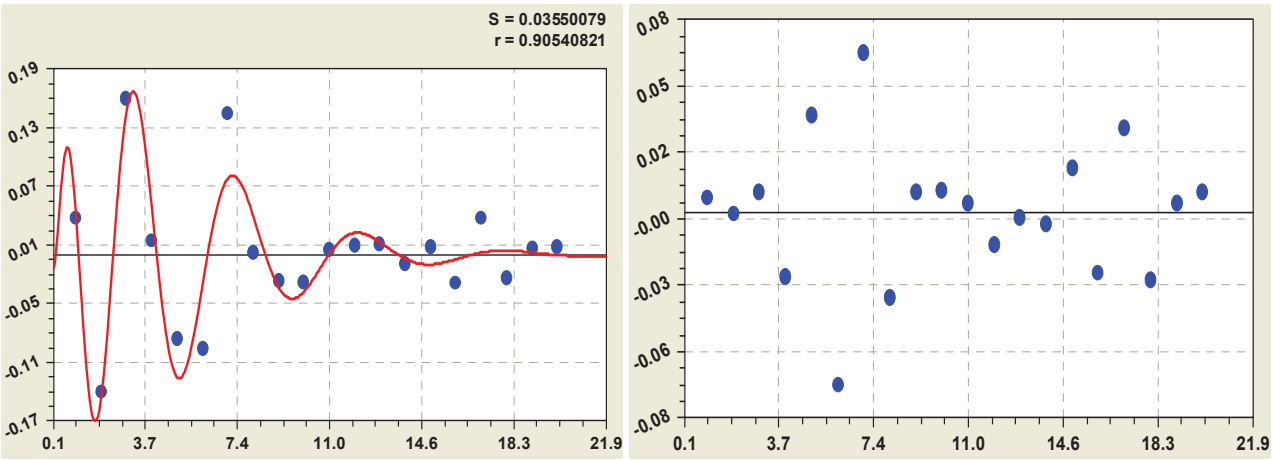
Тенденция изменяется от некоторого постоянного значения эффективности 2,74604 для теоретического условия $i = 0$ для нулевого ранга.

Первая волна охватывает все страны «двадцатки», а вторая волна возмущения происходила только во второй подгруппе.

Дополнительно к общей модели была получена волна (рис. 9) возмущения по третьему колебанию (пятой составляющей) вида

$$Э_5 = A_3\cos(\pi i/p_3 - 3{,}24869),$$
$$A_3 = 0{,}20329i^{0{,}77962}\exp(-0{,}33990i),\ p_3 = -0{,}11063 + 0{,}79411i^{0{,}33879}. \quad (7)$$

Максимальная относительная погрешность после уравнений (6) и (7) находится на местах $i = 15 - 17$ (Индия, Россия и Мексика).



Третья волна колебательного возмущения

Остатки после закономерности (7)

Рис. 9. График рейтинга инновационной эффективности 20 стран по третьей волне

Поэтому можно получить из остатков на рис. 9 еще две волны возмущения. Однако методологически ясно, что, находясь по инновационной эффективности почти около оси абсцисс, Россия получает, по меньшей мере, всего четыре колебательных возмущения.

Но для подробного анализа необходимы ежегодные данные по значениям глобального инновационного индекса хотя бы за семь лет.

Теперь сравним потенциальную возможность поднятия индекса (табл. 2). Для этого выпишем значения первого параметра у моделей (2), (3) и (6) при нулевом ранге распределения.

Из данных табл. 2 видно, что теоретически, чтобы поднять инновационную эффективность у Республики Корея от 2,55 до 2,75, нужно будет увеличить инновационные затраты от 1,75 до 22,92.

Таблица 2

Рейтинг крупных стран по глобальному инновационному индексу

Рейтинг i	Ранг r	Страна	Суммарный балл *Б*	Инновационные затраты *ИЗ*	Инновационная эффективность *Э*
–	0	Неизвестна	2,93	22,92	2,75
1	1	Республика Корея	2,26	1,75	2,55
2	2	США	1,80	1,28	2,16
3	3	Япония	1,79	1,16	2,25
...	...	...	...	...	...
16	16	Россия	–0,09	–0,02	–0,16
Отношение $r = 0$ / $r = 1$, %			77,13	7,64	92,73
Отношение $r = 0$ / $r = 2$, %			61,43	5,58	78,55
Отношение $r = 0$ / $r = 3$, %			61,09	5,06	81,82
...			...	...	...
Отношение $r = 0$ / $r = 16$, %			–3,07	–0,09	–5,82

Тогда каждый индекс эффективности в среднем будет иметь «цену» по индексу затрат в (22,92 – 1,75) / (2,75 – 2,55) = 105,85 раз. А России нужно выйти вначале на позитивное измерение инновационного индекса.

Сценарии будущего поведения России нами будут составляться по принципу «от простого к сложному», то есть вначале будут представлены уровни структурно-параметрической идентификации однофакторных закономерностей (имеются учебные пособия и пользуются студенты).

Затем будет предложена методология многопоточного факторного анализа на суперкомпьютерах.

Оригинальность заключается в том, что на основе анализа полученных закономерностей мы получили более 70 научно-технических решений (способов) мировой новизны с защитой патентов РФ на изобретения.

Заметим для математиков, что при параметрической идентификации применяется метод псевдоглобального поиска в подпространствах.

Таких программных комплексов нет в мире, и мы пока вынуждены пользоваться теми программными средами, где допускается встраивание моделей пользователя. В итоге пока удается только однофакторное моделирование до 19 параметров модели.

Современное состояние компьютерных технологий в России хорошо было показано в докладе академика Е.П. Велихова на декабрьской сессии РАН 2008 г. Но он США сравнивает только с Москвой, которая давно оторвалась от провинциальной России.

Поэтому мы сильно отстаем в применении суперкомпьютеров в промышленности не в 1000 раз, а гораздо (в миллион раз) больше.

Еще в 1991 г. в США был принят закон о федеральной поддержке высокопроизводительных вычислений, в то же время в России чиновники планируют «от достигнутого» вручную.

В США в 2006 г. приняли закон о конкурентоспособности экономики, и в то же время американские экономисты нас пичкают за большие гонорары кластерным анализом, сразу же априори помещая Россию в кластер развивающихся стран.

Пора бы и расслоение населения по уровню жизни среди субъектов РФ посчитать с применением нашей методологии на суперкомпьютерах.

В 2007 г. в США приняли закон о конкурентоспособности, а мы даже не воспользовались семью годами хорошей национальной прибыли, и только ныне начинаем развивать научно-техническую экспертизу.

Для экспертизы мы смело применяем идентификацию длинных динамических рядов (например, посуточной солнечной активности за 164 года, глобальной температуры за последние 2000 лет и др.) наборами вейвлет-функций в статистической социологии, статистической эконометрике, также и в статистической гидрологии и других областях науки.

Впервые в мире получили модели с волновыми уравнениями (два тренда и 89 вейвлет-функций колебательного возмущения) изменения относительной массы у 109 химических элементов из периодической системы Д.И. Менделеева, а также уровня жизни людского населения 89 субъектов РФ, дендрохронологии, земельного, водного и экологического кадастров, многолетних данных мониторинга качества речной воды, продуктивности сельскохозяйственных земель и др.

Однако применяемая нами программная среда CurveExpert-1.3 или 1.4 не предназначена для идентификации сложных пользовательских математических конструктов, маломощная (один фактор и всего 19 параметров) и тем самым не позволяет «встряхивать» большое множество вейвлет-функций одновременно. Тем самым суперкомпьютер, хотя бы производительностью в 2,5 терафлоп отечественной компании «Т-Платформы», существенно расширил бы области конкретной реализации нашей методологии идентификации.

Ныне приходится часами и сутками проводить работу за компьютером. Например, на моделирование периодической таблицы химических элементов ушло почти пять месяцев. Оперативность получения и точность готовых статистических моделей, выстраиваемых всего из одной единственной формулы асимметричной вейвлет-функции, позволило бы нам предложить сценарии моделирования сотрудникам многих служб.

В частности, это позволило бы кардинально решить проблему эффективной деятельности намечаемых в стране районных консультационно-информационных служб сельских территорий. Наша методология реализует подход от инженера к математику, что совершенно необычно для научных кругов нашей неорганизованной в научно-технологическом и социально-экономическом развитии страны, но чрезвычайно необходимо, если мы действительно хотим сформировать инновационную и диверсифицированную экономику, ну хотя бы к середине текущего века.

В данном подразделе следует провести подробный обзор областей возможного применения и аспектов влияния результатов исследований по предлагаемой теме (проекту) на развитие Российской Федерации в областях:

– технологической;
– технико-экономической;
– экологической;
– социальной;
– национальной обороны, государственной и общественной безопасности.

Выводы. Фундаментальная научная проблема: достижение к 2020–2025 гг. *доли высокоинтеллектуального человеческого капитала*, обладающего интеллектуальной собственностью мировой новизны на уровне патентов на изобретения, к природному капиталу России и его субъектов в пропорции 70:10 % (30 % – физический капитал) вместо существующего соотношения 40:50:10 %.

Конкретная фундаментальная задача: формирование методологии научно-технической экспертизы на основе выявления устойчивых закономерностей научно-технологического и социально-экономического развития России среди других развитых стран.

В России рост человеческого капитала намечено достигать за счет увеличения в 2–3 раза поставок нефти и газа в Европу и Азию из России до 2015 г. Но нужно этот человеческий капитал достичь, прежде всего, на основе подготовки выпускников (бакалавров и магистров) и активного подключения к научно-исследовательской работе студентов (НИРС) и одновременно школьников с 6–7 классов сельских школ, занимающихся в экологических кружках, с подключением их к изобретательской деятельности.

Для противодействия скатыванию России в сырьевой придаток Европы и Азии необходимо резко увеличить человеческий капитал, соответствующий Болонскому процессу и даже превышающий его по уровню новизны (новации). При этом за последующие 15–30 лет придется увеличить интеллектуальную собственность у школьников и выпускников вузов не менее чем в 8–12 раз по сравнению с нынешним уровнем инноваций.

По сравнению с Болонским процессом, дополнительно к шести ключевым позициям (двухцикловое обучение, введение кредитной системы, контроль качества образования, расширение мобильности, обеспечение трудоустройства и обеспечение привлекательности) с российской стороны необходимо учитывать седьмую стратегию – это обеспечение инноваций со стороны выпускников технических университетов на уровне мировой новизны, то есть с получением патентов на изобретения.

Список литературы

1. О науке. Закон Республики Казахстан от 18 февраля 2011 г. № 407-IV. Available at: О науке–иділет.htm.

2. Об утверждении Правил организации и проведения государственной научно-технической экспертизы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 1 августа 2011 г. № 891. Available at: Об утверждении Правил организации и проведения государственной научно-технической экспертизы–ділет.htm.

3. Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике». Подписан Президентом РФ 21 августа 1996 г. Регистрационный номер в реестре 1996 г. № 127-ФЗ (опубликован в «Российской газете», № 167 от 3 сентября 1996 г.).

4. Глобальный инновационный индекс. Available at: http://ru.wikipedia.org.

5. Мазуркин П.М., Филонов А.С. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. 292 с.

References

1. *O nauke* [About science]. *Zakon Respubliki Kazakhstan ot 18 fevralya 2011 g. № 407-IV* [Law of the Republic of Kazakhstan dated February 18, 2011, no. 407-IV]. Available at: О науке–ділет.htm.

2. *Ob utverzhdenii Pravil organizatsii i provedeniya gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy ekspertizy* [On approval of rules and organization of the state scientific and technological expert examination]. *Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 1 avgusta 2011 g. № 891* [Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated August 1, 2011 no. 891]. Available at: Об утверждении Правил организации и проведения государственной научно-технической экспертизы–ділет.htm.

3. *Federal'nyy zakon «O nauke i gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy politike»* [Federal Law «On Science and State Science and Technology Policy»]. *Podpisan Prezidentom RF 21 avgusta 1996 g. Registratsionnyy nomer v reestre 1996 g. № 127-FZ (Opublikovan v «Rossiyskoy gazete», № 167 ot 3 sentyabrya 1996 g.)* [Signed by the President, August 21, 1996. Reference number in the Registry 1996, no. 127-FZ (Published in «Rossiyskaya Gazeta», no. 167 of September 3, 1996)].

4. *Global'nyy innovatsionnyy indeks* [The Global Innovation Index]. Available at: http://ru.wikipedia.org.

5. P. Mazurkin, A. Filonov (2006) *Matematicheskoe modelirovanie. Identifikatsiya odnofaktornykh statisticheskikh zakonomernostey: uchebnoe posobie* [Mathematical modeling. Identification of single factor statistical regularities: Tutorial]. MarGTU [MarSTU]. Yoshkar-Ola, p. 292.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГА ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

З.Р. Плиева, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, *plieva@extech.ru*
Т.И. Турко, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. биол. наук, *ttamara16@extech.ru*

В работе представлены результаты мониторинга инновационной инфраструктуры субъектов Российской Федерации и анализа государственных, целевых, а также региональных программ в области научной и инновационной деятельности.

Ключевые слова: инновационная деятельность, инновационная инфраструктура, государственная научно-техническая и инновационная политика, федеральные целевые программы, региональные целевые программы, субъекты научно-технической и инновационной инфраструктуры, территориальные кластеры, мониторинг инновационной инфраструктуры, высшие учебные заведения, информационные ресурсы.

ORGANIZATION AND MONITORING INNOVATION INFRASTRUCTURE SUBJECTS OF RUSSIAN FEDERATION

Z.R. Pliyeva, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Economy, *plieva@extech.ru*
T.I. Turko, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Biology, *ttamara16@extech.ru*

The article presents the results of the monitoring of the innovation infrastructure of the Russian Federation Subjects and analyzes federal targets, as well as regional programs for research and innovation.

Key words: innovation, innovation infrastructure, state scientific-technological and innovation policy, federal target programs, regional programs, subjects of science, technology and innovation infrastructure, territorial clusters, monitoring of innovation infrastructure, higher education, information resources.

Формирование инновационной инфраструктуры является одной из первостепенных задач, входящих в государственную инновационную политику. Создание и развитие объектов инновационной инфраструктуры осуществляется за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, а также местных бюджетов.

Реализация государственной инновационной политики осуществляется в рамках законных и подзаконных нормативных правовых актов.

За последние годы в регионах России создано значительное количество объектов инновационной инфраструктуры, затрачены существенные бюджетные средства на их развитие, создается большое количество малых инновационных предприятий. Все это требует постоянного учета, наблюдения и анализа.

Поэтому вопросы мониторинга состояния инновационной инфраструктуры являются актуальными как на региональном, так и на федеральном уровнях, с целью последующей корректировки государственной инновационной политики.

Мониторинг инновационных инфраструктур субъектов РФ в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ осуществляется с 2005 г. Работы по мониторингу проводятся с задействованием информационных ресурсов Института по следующим направлениям:

– сбор и анализ данных о роли системы высшего образования и науки в развитии инновационной инфраструктуры субъектов РФ, в том числе анализ региональных документов по стратегическому планированию в сфере науки и инновационной деятельности, анализ актов регионального законодательства, планов мероприятий субъектов РФ;

– формирование предложений по внесению корректив в региональные целевые программы по развитию научной и инновационной деятельности и в содержание научной и инновационной политики субъектов РФ и федеральных округов.

Основными источниками информации для мониторинга региональных инновационных систем являются:

– федеральные и региональные нормативные правовые акты, регулирующие вопросы научной, научно-технической и инновационной деятельности;

– данные государственной статистической отчетности;

– данные региональных органов исполнительной власти;

– программы развития инновационной инфраструктуры федеральных образовательных учреждений высшего профессионального образования;

– данные, полученные на предыдущих этапах мониторинга;

– открытые источники информации.

Систематически осуществляется обновление данных по каждому региону, а также ведется работа по реструктуризации информационных ресурсов Института. Накопленная за время функционирования сайта информация позволяет выявить временные тренды и анализировать ситуацию по каждому региону.

В настоящее время информация на сайте Института представлены информационные ресурсы в разрезе объектов инновационной инфраструктуры (miiris.ru), инновационных систем каждого субъекта РФ (regions.extech.ru), а также обобщенных региональных показателей научно-технической и инновационной деятельности (ris.extech.ru).

Сбор, обновление и анализ информации по каждому субъекту РФ осуществляется по следующим разделам:

1) характеристика региона;

2) программа социально-экономического развития;

3) законодательство региона в сфере научно-технической и инновационной деятельности;

4) организации инновационной инфраструктуры;

5) инновационно-активные предприятия;

6) предприятия и организации, участвующие в научно-технических мероприятиях;

7) инновационные мероприятия (региональные конкурсы, выставки, ярмарки);

8) вузы.

Особое внимание уделено упорядочению информации относительно федеральных и региональных нормативных документов.

Таким образом, основные направления информационного поиска:

– правовое регулирование основных понятий рассматриваемой проблемы;

– определение правового поля формирования и функционирования инновационной инфраструктуры;

– вопросы правовой защиты интеллектуальной собственности;

– общие положения налогового регулирования и стимулирования научной, научно-технической и инновационной деятельности;

– вопросы финансового регулирования.

Данный подход обеспечил всестороннее рассмотрение поставленной проблемы.

В результате проведенной работы к настоящему времени в разделе «Нормативная база» содержится 1207 нормативных правовых актов, в том числе:

– федеральные законы (74);

– указы Президента РФ (25);

– постановления Правительства РФ (71);

– распоряжения Правительства РФ (19);

– нормативные акты федеральных органов исполнительной власти (9);

– нормативные правовые акты субъектов РФ (1009).

Распределение нормативных правовых актов осуществляется по следующим категориям:
– документ;
– стратегия;
– целевая программа.

В настоящее время база данных содержит федеральных целевых программ – 20 и 184 региональные целевые программы.

Документы условно можно разделить на следующие виды:
– нормативные документы, регулирующие научную и инновационную деятельность (235);
– концепции инновационного развития субъекта федерации (18);
– целевые программы, направленные на развитие научно-технической и инновационной деятельности в регионах (55);
– целевые программы, направленные на поддержание малого и среднего бизнеса в регионах (32).

Отдельным блоком накапливается информация о состоянии инновационной инфраструктуры в субъектах РФ.

Систематизация данных на информационных ресурсах Института осуществляется по следующим направлениям: категория объекта инфраструктуры (производственно-технологическая инфраструктура, консалтинговая и информационная инфраструктура, кадровая, финансовая и сбытовая составляющие) и его территориальная принадлежность.

Для удобства информация о вузах размещается в «едином хранилище организаций» ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ.

Вузы, обеспечивающие регионы кадрами, ведущие инновационную и научную деятельность, имеющие тесные контакты с промышленностью регионов, безусловно интегрированы в инновационную систему соответствующих субъектов РФ, и являются ее существенной составляющей.

В соответствии с поставленной задачей, в работе проведен анализ инструментов и методов взаимодействия вузов с регионами, а также место российских вузов в региональных инновационных системах.

Исследования проведены с использованием информации, полученной в ходе информационно-аналитического сопровождения программ развития инновационной инфраструктуры вуза, федеральных и региональных нормативных правовых актов, регулирующих вопросы научно-технической и инновационной деятельности, а также информации, полученной из открытых источников.

При взаимодействии с хозяйствующими субъектами и органами государственной власти региона вуз сам участвует в хозяйственном обороте. Однако в последнее время все чаще прослеживается тенденция, когда важными участниками хозяйственного оборота являются созданные вузом организации инновационной инфраструктуры.

Основными региональными стейкхолдерами вуза и (или) созданных на его основе организаций инновационной инфраструктуры при реализации инновационной деятельности являются:
– региональные органы государственной власти;
– региональные организации инновационной инфраструктуры;
– институты развития;
– территориальные инновационные кластеры;
– особые экономические зоны;
– технологические платформы;
– наукограды;
– промышленные предприятия;
– общественные организации;
– другие вузы и их организации инновационной инфраструктуры.

Проведенное исследование вузов-участников программы развития инновационной инфраструктуры позволило выделить следующие формы их взаимодействия с регионами:

– выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ;

– поддержка региональными бюджетами инновационных проектов вузов;

– подготовка высококвалифицированных кадров;

– участие в формировании и реализации программ социально-экономического развития региона;

– участие вузов в технологических платформах.

Проведенный анализ показал активное участие вузов в работе с региональными стейкхолдерами. Результаты исследования позволили выявить основной метод, который условно можно назвать партнерским методом взаимодействия ВУЗов с региональными организациями (см. рис. 1).

Важную роль вузы играют в развитии региональных кластеров. Формирование инновационных кластеров является одним из важных направлений реализации инновационной политики, как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Для оценки уровня участия вузов в региональных кластерах была осуществлена подборка информации по 30 субъектам РФ, где расположены или заявлены около 80 территориальных кластеров.

Сбор информации осуществлялся по следующим направлениям:

– наименование кластера и организация координатор;

– связь с другими кластерами;

– цели и задачи кластера, а также его функции;

– ВУЗ – участник кластера;

– форма участия ВУЗа в кластере;

– другие участники кластера;

– текущее состояние кластера.

Большая часть исследованных кластеров ориентирована на развитие промышленности региона. При этом практически во всех кластерах наблюдается участие вузов, которые в ряде случаев являются его ядром, координатором или организатором. Также можно выделить образовательные и научные кластеры.

Участниками одного кластера могут одновременно являться несколько региональных вузов, обеспечивающих организационно-институциональную и интеллектуальную поддержку. В большинстве проанализированных кластеров вузы рассматриваются как опорные, отвечающие за подготовку персонала для работы предприятий.

Важную роль отводят вузам при формировании научно-технической и инновационной политики кластера, наделяя их функцией системных интеграторов исследований и разработок. Вузы выступают разработчиками и участниками программ развития кластеров.

Особое внимание потребовалось уделить вопросам координации научно-технической и инновационной политики РФ и субъектов РФ. Для этого:

– проанализирована научно-техническая и инновационная политика РФ и ее субъектов;

– рассмотрены основные механизмы реализации инновационной политики;

– рассмотрены заложенные принципы и основные понятия инновационной деятельности и закрепленные региональным законодательством формы организации инновационной инфраструктуры в субъектах РФ;

– проведен анализ федеральных и региональных программ, направленных на развитие научной и инновационной деятельности.

В ряде случаев региональное законодательство в вопросах регулирования инновационной деятельности принималось с опережением, нежели федеральное законодательство, при этом, не вступая в серьезные с ним противоречия. Формируемые модели инновационных систем, закрепленные в региональном законодательстве, в первую очередь, создавались для разви-

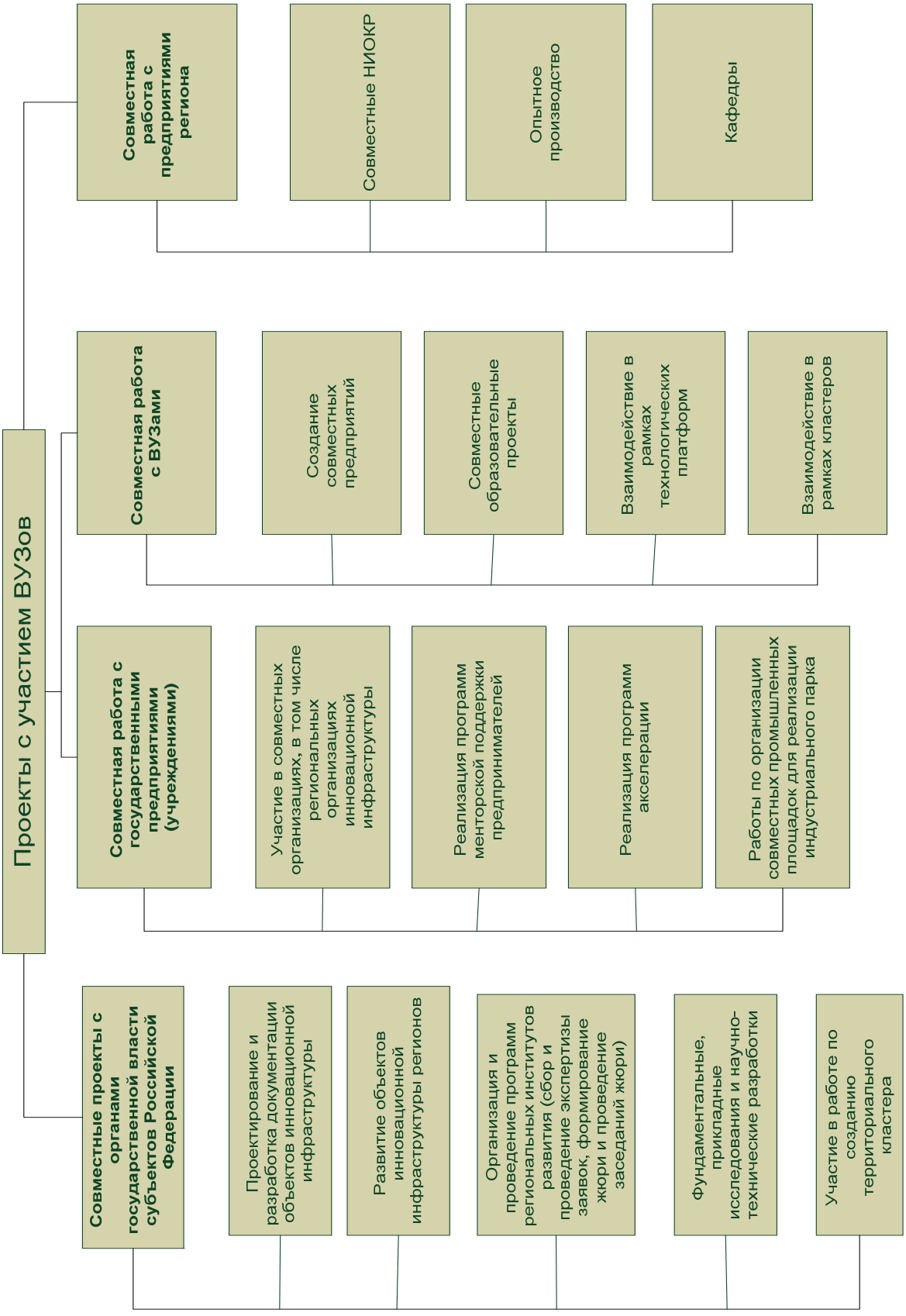


Рис. 1. Региональные проекты с участием вузов

тия регионов, посредством привлечения к экономическим процессам большого круга заинтересованных сторон (бизнес-сообщество, высшая школа, научные организации, промышленные предприятия) и стимулирования их деятельности.

Оценка действующих нормативных правовых актов, их эффективность, востребованность может быть проведена только посредством анализа деятельности уже существующих и создаваемых с их задействованием в регионах РФ субъектов научно-технической и инновационной деятельности. С этой целью был проведен анализ основных понятий инновационной деятельности, регулируемых региональным инновационным законодательством.

Результаты анализа послужили основой для дальнейшего совершенствования созданной в ФГБНУ НИИ РИНЦКЭ системы мониторинга инновационной инфраструктуры субъектов РФ. Этапы сбора и обновления информации о региональных инновационных системах, а также упорядочение и унификация данных в единой информационной среде планируются осуществлять с учетом специфики регионального инновационного законодательства и поддерживаемых форм развития в субъектах РФ.

Одновременно был проведен анализ федеральных целевых программ, заказчиком которых является Минобрнауки России.

Развитие национальной инновационной системы, включая объекты инновационной инфраструктуры, определено в ряде законных и подзаконных нормативных правовых актов РФ. В свою очередь были выделены основные направления государственной политики, а также механизмы ее реализации в рамках государственных и федеральных целевых программ в сфере инновационного развития и модернизации экономики.

Проанализированные программы, где Минобрнауки России выступает заказчиком, условно можно разделить на четыре группы: программы имеют региональный характер [1, 2, 3, 4, 5], отраслевой характер [6, 7, 8], научный характер [9, 10, 11, 12], образовательный характер [13, 14, 15, 16].

Несмотря на такое разделение, практически во всех программах присутствуют мероприятия, направленные на поддержание научно-технической и (или) инновационной деятельности.

При анализе региональных программ по развитию научной и инновационной деятельности. Были выделены три условные группы субъектов РФ:

1. Субъекты РФ, у которых нет программ развития инновационной деятельности. В качестве примера можно привести Курскую область. Анализ нормативных правовых актов субъекта РФ показал, что практически отсутствуют документы, регулирующие вопросы развития инновационной деятельности.

Вместе с тем, в некоторых программах, нацеленных на развитие промышленности, присутствуют механизмы, обеспечивающие реализацию инновационной деятельности в определенных отраслях экономики. Следует также отметить, что практически во всех рассмотренных субъектах РФ приняты программы по поддержке малого и среднего предпринимательства.

2. Субъекты РФ, в которых обозначился процесс формирования инновационной политики, механизмом реализации которой будет принятие региональных программ, направленных на создание, развитие и поддержание в регионе инновационной деятельности, как, например, в [17].

В эту группу были включены также субъекты РФ, впервые реализующие программы развития инновационной деятельности. В этом случае говорить об анализе состояния инновационной инфраструктуры, опираясь на опыт работы подобных региональных программ достаточно сложно.

3. Субъекты РФ, последовательно реализующие программы инновационного развития.

Изучать состояние инновационной инфраструктуры в регионе, опираясь на реализацию программ поддержки инновационной деятельности, можно лишь в субъектах РФ, вошедших в третью группу.

В качестве примера можно обратиться к опыту Новосибирской области и Республики Башкортостан.

Для выполнения поставленной задачи исследования были проанализированы программы развития инновационной деятельности, которые уже завершены, отчеты по реализации этих программ, а также новые программы инновационного развития.

Проведенный анализ инновационной политики Новосибирской области показал, что субъектом РФ прикладываются значительные усилия для развития региональной инновационной системы. Разрабатываются и реализуются программы инновационного развития, совершенствуется нормативная база, создаются и развиваются объекты инновационной инфраструктуры. Немало усилий направляется на формирование социальной инфраструктуры, способствующей инновационной и научно-технической деятельности субъекта РФ.

Несмотря на многолетнюю историю создания в Новосибирской области научного и инновационного потенциала, следует отметить, что инновационная инфраструктура в настоящее время находится лишь на стадии формирования. Сложно говорить о ее комплексности, позволяющей реализовывать инновационные проекты на всех стадиях жизненного цикла. Недостаточно развита система частно-государственного партнерства, так необходимая для реализации инновационных проектов. Система мониторинга инновационной деятельности в регионе, несмотря на предусмотренные нормы в законодательстве, не проводится.

В отличие от опыта Новосибирской области, где до сих пор идет формирование инновационной инфраструктуры, из доклада Президента Республики Башкортостан следует, что в данном субъекте РФ инновационная инфраструктура сформирована и республика находится на втором этапе развития инновационной деятельности. Создан реестр инновационно-активных организаций, регулирование которого осуществляется на уровне Правительства субъекта РФ. Идет формирование инновационных кластеров, а также развитие инфраструктуры поддержки инновационной деятельности. Эти работы заложены до 2015 г. в планах республики.

Следует отметить, что в новой программе инновационного развития Республики Башкортостан учтены слабые места предыдущей программы, не позволившие выполнить все ее мероприятия. Положения новой программы позволяют оценивать эффективность реализации программы и координировать инновационную политику в зависимости от хода ее выполнения. Начиная с 2014 г. в Республике Башкортостан планируется переход на программно-целевой метод управления, предусматривающий формирование и расходование бюджетных средств по целевым программам. Переход к программному бюджету позволяет сосредоточиться на достижении целей и задач социально-экономического развития, обеспечить связь объемов финансирования с достигнутыми результатами, повысить эффективность бюджетных расходов и создать прозрачную и понятную систему разработки бюджета.

Цели программ социально-экономического развития субъектов РФ (в том числе целевых программ инновационного развития регионов) определяются в соответствии с выбранными стратегиями развития регионов и отвечают их задачам. В свою очередь, на основании заложенного в стратегии инновационного развития России принципа иерархии прогнозных документов, региональные стратегии инновационного развития или разделы по стимулированию инноваций разрабатываются в соответствии со стратегиями развития федеральных округов с учетом особенностей регионов. Наблюдается унификация региональных нормативных правовых актов и их гармонизация с федеральным законодательством. Разработка и принятие региональных программ осуществляется с учетом особенностей социально-экономического развития субъектов РФ, региональной научно-технической и инновационной политики (определяется регионами в рамках нормативных правовых актов), а также наличия у них ресурсов.

Координация целей региональных программ с федеральными, в первую очередь, осуществляется в соответствии с общими принципами научно-технической и инновационной политики РФ, заложенными в законодательстве. Проведенный в работе анализ не выявил серьезных противоречий и расхождений федерального законодательства с региональным. Общепринятые на федеральном уровне механизмы развития научно-технической и иннова-

ционной деятельности заложены в региональном законодательстве и реализуются в региональных целевых программах.

Из анализа результатов проведенного исследования целевых программ, а также инновационной политики субъектов РФ можно сформировать следующие рекомендации:

1. В федеральных и региональных программах, направленных на поддержку развития инновационной инфраструктуры, необходимо предусмотреть раздел по оценке эффективности реализации мероприятий по развитию научно-технической и инновационной деятельности.

Проведение такой оценки, например, предусмотрено в долгосрочной целевой инновационной программе Республики Башкортостан на 2011–2015 гг. [18].

2. В программах инновационного развития регионов следует предусматривать возможность систематического мониторинга инновационной деятельности. Данный механизм предусмотрен в отдельных региональных нормативных правовых актах. Например, при реализации ведомственной целевой программы «Развитие инновационной системы Новосибирской области на 2013–2015 гг.» [19].

3. Необходимо учитывать наличие социальной составляющей в развитии инновационной деятельности, как, например, в целевой программе Новосибирской области [20].

Из анализа задач целевой программы видно, что она направлена на развитие не только научно-технического направления и образовательной сферы, но и социальной сферы. Это вопросы жилищного строительства для основных категорий специалистов, развития системы общего здравоохранения, транспортной инфраструктуры, развития инфраструктуры для занятия физической культурой и спортом, проведения общественных и культурно-массовых мероприятий и т. д.

4. Требуется активизация усилий по привлечению инвестиций в инновационные проекты регионов в рамках государственно-частного партнерства (разработка механизмов участия предпринимателей в инновационной деятельности региона).

В данном направлении реализуются некоторые инновационные проекты на территории г. Москвы, финансирование которых возлагается на частных инвесторов.

В настоящее время ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ накоплен достаточный информационный и интеллектуальный потенциал, позволяющий выходить на новые технологии сбора, систематизации и анализа информации.

Разработан комплекс программных решений в области научной, научно-технической и инновационной деятельности, обеспечивающий информационную поддержку работы Министерства образования и науки РФ.

Несмотря на ориентированность, в первую очередь, на нужды Минобрнауки России, информация, накапливаемая в процессе мониторинга инновационной деятельности субъектов РФ, способна привлекать широкий круг участников научной и инновационной деятельности.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 15.04.1996 № 480 (ред. от 15.04.2013) «Об утверждении федеральной целевой программы «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Забайкалья на период до 2013 года».

2. Постановление Правительства РФ от 07.12.2001 № 866 (ред. от 20.11.2012) «О Федеральной целевой программе развития Калининградской области на период до 2015 года».

3. Постановление Правительства РФ от 09.08.2006 № 478 (ред. от 15.04.2013) «О Федеральной целевой программе «Социально-экономическое развитие Курильских островов (Сахалинская область) на 2007–2015 годы».

4. Постановление Правительства РФ от 14.01.2008 № 10 (ред. от 15.05.2013) «О федеральной целевой программе «Юг России (2008–2013 годы)».

5. Постановление Правительства РФ от 24.12.2009 № 1087 (ред. от 15.05.2013) «Об утверждении федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Ингушетия на 2010–2016 годы».

6. Постановление Правительства РФ от 10.08.1998 № 919 (ред. от 18.12.2012) «О Федеральной целевой программе «Мировой океан».

7. Постановление Правительства РФ от 26.11.2007 № 809 (ред. от 22.04.2013) «О федеральной целевой программе «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 годы».

8. Постановление Правительства РФ от 17.02.2011 № 91 (ред. от 24.10.2012) «О федеральной целевой программе «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу».

9. Постановление Правительства РФ от 17.10.2006 № 613 (ред. от 19.11.2012) «О федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы».

10. Постановление Правительства РФ от 21.05.2013 № 426 «О федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы».

11. Распоряжение Правительства РФ от 03.12.2012 № 2237-р (ред. от 12.04.2013) «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг.».

12. Распоряжение Правительства РФ от 20.12.2012 № 2433-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий»».

13. Постановление Правительства РФ от 28.07.2008 № 568 (ред. от 29.07.2013) «О федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг».

14. Постановление Правительства РФ от 07.02.2011 № 61 (ред. от 05.08.2013) «О Федеральной целевой программе развития образования на 2011–2015 годы».

15. Постановление Правительства РФ от 21.05.2013 № 424 «О федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

16. Распоряжение Правительства РФ от 15.05.2013 № 792-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 годы».

17. Постановление Правительства Архангельской области от 19.10.2010 № 321-пп (ред. от 07.05.2013) «Об утверждении долгосрочной целевой программы Архангельской области «Повышение инвестиционной привлекательности Архангельской области на 2011–2013 годы».

18. Постановление Правительства Республики Башкортостан от 10 марта 2011 г. № 55 «О долгосрочной целевой инновационной программе Республики Башкортостан на 2011–2015 гг.».

19. Приказ Министерства образования, науки и инновационной политики Новосибирской области от 04.10.2012 г. № 2025 «Об утверждении ведомственной целевой программы “Развитие инновационной системы Новосибирской области на 2013–2015 гг.”».

20. Постановление Правительства Новосибирской области от 01.02.2013 № 41-п «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Государственная поддержка комплексного развития Советского района города Новосибирска и новосибирских научных центров СО РАН и СО РАМН».

References

1. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15.04.1996 № 480 (red. ot 15.04.2013) «Ob utverzhdenii federal'noy tselevoy programmy «Ekonomicheskoe i sotsial'noe razvitie Dal'nego Vostoka i Zabaykal'ya na period do 2013 goda»* [Government Decree of 15.04.1996 № 480 (as amended on 15.04.2013) «Approval of the Federal target program «Economic and social development of the Far East and Transbaikalia for the period up to 2013»].

2. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 07.12.2001 № 866 (red. ot 20.11.2012) «O Federal'noy tselevoy programme razvitiya Kaliningradskoy oblasti na period do 2015 goda»* [Government Decree of 07.12.2001 № 866 (as amended on 20.11.2012) «On the Federal target program of development of the Kaliningrad region for the period up to 2015»].

3. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 09.08.2006 № 478 (red. ot 15.04.2013) «O Federal'noy tselevoy programme «Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie Kuril'skikh ostrovov (Sakhalinskaya oblast') na 2007–2015 gody»* [Government Decree of 09.08.2006 № 478 (as amended on 15.04.2013) «On the Federal Target Program «Social and economic development of the Kuril Islands (Sakhalin Region) for 2007–2015»].

4. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14.01.2008 № 10 (red. ot 15.05.2013) «O federal'noy tselevoy programme «Yug Rossii (2008–2013 gody)»* [Government Decree of 14.01.2008 № 10 (as amended on 15.05.2013) «On the federal target program «South of Russia (2008–2013)»].

5. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 24.12.2009 № 1087 (red. ot 15.05.2013) «Ob utverzhdenii federal'noy tselevoy programmy «Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie Respubliki Ingushetiya na 2010–2016 gody»* [Government Decree of 24.12.2009 № 1087 (as amended on 15.05.2013) «Approval of the federal target program «Socio-economic development of the Republic of Ingushetia in 2010–2016»].

6. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 10.08.1998 № 919 (red. ot 18.12.2012) «O Federal'noy tselevoy programme «Mirovoy okean»* [Government Decree of 10.08.1998 № 919 (as amended on 18.12.2012) «On the Federal Target Program «The World Ocean»].

7. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 26.11.2007 № 809 (red. ot 22.04.2013) «O federal'noy tselevoy programme «Razvitie elektronnoy komponentnoy bazy i radioelektroniki» na 2008–2015 gody»* [Government Decree of 26.11.2007 № 809 (as amended on 22.04.2013) «On the Federal Target Program «Development of electronic components and electronics», 2008–2015»].

8. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 17.02.2011 № 91 (red. ot 24.10.2012) «O federal'noy tselevoy programme «Razvitie farmatsevticheskoy i meditsinskoy promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda i dal'neyshuyu perspektivu» [Government Decree of 17.02.2011 № 91 (as amended on 24.10.2012) «On the Federal Target Program «Development of the Pharmaceutical and Medical Industry of the Russian Federation for the period until 2020 and beyond»].

9. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 17.10.2006 № 613 (red. ot 19.11.2012) «O federal'noy tselevoy programme «Issledovaniya i razrabotki po prioritetnym napravleniyam razvitiya nauchno-tekhnologicheskogo kompleksa Rossii na 2007–2013 gody»* [Government Decree of 17.10.2006 № 613 (as amended on 19.11.2012) «On the Federal Target Program «Research and development on priority directions of scientific- technological complex of Russia for 2007–2013»].

10. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21.05.2013 № 426 «O federal'noy tselevoy programme «Issledovaniya i razrabotki po prioritetnym napravleniyam razvitiya nauchno-tekhnologicheskogo kompleksa Rossii na 2014–2020 gody»* [Government Decree of 21.05.2013 № 426 «On the Federal Target Program «Research and development on priority directions of scientific-technological complex of Russia for 2014–2020»].

11. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 03.12.2012 № 2237-r (red. ot 12.04.2013) «Ob utverzhdenii Programmy fundamental'nykh nauchnykh issledovaniy gosudarstvennykh akademiy nauk na 2013–2020 gody»* [Instruction of the Government of the Russian Federation from 03.12.2012 № 2237-p (as amended on 12.04.2013) «On approval of the basic research of the state academies of Sciences for 2013–2020»].

12. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 20.12.2012 № 2433-r «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitie nauki i tekhnologiy»* [Instruction of the Government of the Russian Federation from 20.12.2012 № 2433-p «On approval of the state program of the Russian Federation «Development of science and technology»].

13. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28.07.2008 № 568 (red. ot 29.07.2013) «O federal'noy tselevoy programme «Nauchnye i nauchno-pedagogicheskie kadry innovatsionnoy Rossii» na 2009–2013 gody»* [Government Decree of 28.07.2008 № 568 (as amended on 29.07.2013) «On the Federal Target Program «Scientific and scientific-pedagogical personnel of innovative Russia» for 2009–2013»].

14. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 07.02.2011 № 61 (red. ot 05.08.2013) «O Federal'noy tselevoy programme razvitiya obrazovaniya na 2011–2015 gody»* [Government Decree of 07.02.2011 № 61 (as amended on 05.08.2013) «On the Federal Target Program for the Development of Education for 2011–2015»].

15. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21.05.2013 № 424 «O federal'noy tselevoy programme «Nauchnye i nauchno-pedagogicheskie kadry innovatsionnoy Rossii»* [Government Decree of 21.05.2013 № 424 «On the federal target program «Scientific and scientific-pedagogical personnel of innovative Russia»].

16. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 15.05.2013 № 792-r «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitie obrazovaniya» na 2013–2020 gody»* [Instruction of the Government of the Russian Federation from 15.05.2013 № 792-p «On approval of the state program of the Russian Federation «Development of Education» for 2013–2020»].

17. *Postanovlenie Pravitel'stva Arkhangel'skoy oblasti ot 19.10.2010 № 321-pp (red. ot 07.05.2013) «Ob utverzhdenii dolgosrochnoy tselevoy programmy Arkhangel'skoy oblasti «Povyshenie investitsionnoy privlekatel'nosti*

Arkhangel'skoy oblasti na 2011–2013 gody» [Decree of the Government of the Arkhangelsk region from 19.10.2010 № 321-pp (as amended on 07.05.2013) «Approval of long-term program of the Arkhangelsk region «Increasing the investment attractiveness of the Arkhangelsk region in 2011–2013»].

18. *Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Bashkortostan ot 10 marta 2011 g. № 55 «O dolgosrochnoy tselevoy innovatsionnoy programme Respubliki Bashkortostan na 2011–2015 gg.»* [Decree of the Government of the Republic of Bashkortostan of March 10, 2011 № 55 «On the long-term target of Bashkortostan innovative program for 2011–2015»].

19. *Prikaz Ministerstva obrazovaniya, nauki i innovatsionnoy politiki Novosibirskoy oblasti ot 04.10.2012 g. № 2025 «Ob utverzhdenii vedomstvennoy tselevoy programmy «Razvitie innovatsionnoy sistemy Novosibirskoy oblasti na 2013–2015 gg.»* [Order of the Ministry of Education, Science and Innovation Policy of Novosibirsk Region from 04.10.2012, № 2025 «On approval of the departmental target program «Development of innovative systems Novosibirsk region for 2013–2015»].

20. *Postanovlenie Pravitel'stva Novosibirskoy oblasti ot 01.02.2013 № 41-p «Ob utverzhdenii dolgosrochnoy tselevoy programmy «Gosudarstvennaya podderzhka kompleksnogo razvitiya Sovetskogo rayona goroda Novosibirska i novosibirskikh nauchnykh tsentrov SO RAN i SO RAMN»* [Decree of the Government of the Novosibirsk region of 01.02.2013 № 41-p «On approval of the long-term target program «State support for the integrated development of the Soviet District of Novosibirsk and the Novosibirsk Scientific Center SB RAS and RAMS»].

ЛЕСНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ НА ЭТАПЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

Л.Л. Мякинькова, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. биол. наук, *llm@extech.ru*
А.В. Маклецкая, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *biom@extech.ru*

В статье рассматриваются перспективы развития лесной биотехнологии в России с учетом условий современного этапа инновационного развития экономики страны, показана зависимость принятия решений о внедрении современных достижений биотехнологии от состояния финансового рынка, транспортной инфраструктуры, срока окупаемости проектов и проблем использования природного ресурсного потенциала страны.

Ключевые слова: Лесная биотехнология, ГМ-древесные растения, биотопливо, биоконверсия, фиторемедиация, фитоочистка, сомаклональная изменчивость, энтомоцидные биологические препараты, комплексная переработка древесной биомассы.

FOREST BIOTECHNOLOGY AT THE STAGE OF INNOVATION DEVELOPMENT OF ECONOMY

L.L. Myakinkova, Head of Department, SRI FRCEC, Ph.D. of Biology, *llm@extech.ru*
A.V. Makletskaya, Senior Researcher, SRI FRCEC, *biom@extech.ru*

The article discusses the prospects of development of forest biotechnology in Russia with regard to conditions of the present stage of development of innovative economy, shows the dependence of decision making on introduction of modern biotechnology developments on the state of the financial markets, transport infrastructure, the project payback period and problems of natural resource potential.

Key words: Forest Biotechnology, GM-woody plants, biofuels, bioconversion, phytoremediation, phyto-purification, somaclonal variation, insecticidal Biologicals, complex processing of woody biomass.

Лес является возобновляемым источником горючего, строительных материалов и бумаги, при этом, лес – основной природный ресурс сохранения экологического благополучия на планете. Вклад производства лесоматериалов в глобальную индустрию в настоящее время составляет 4000 млрд долларов США, а в рынок труда – 3 млн рабочих мест. В ближайшем будущем специалисты прогнозируют рост потребности в лесоматериалах, в то время как крупнейшие промышленные регионы, такие как Япония и страны Европы, не в состоянии выращивать достаточное для удовлетворения своих нужд количество древесины.

Возможности лесной биотехнологии на этапе инновационного развития экономики характеризуются возрастанием внимания ученых и специалистов по промышленной биотехнологии к ряду научных направлений, перспективных с точки зрения получения масштабных экономических результатов.

В числе таких направлений достаточно перспективными являются следующие:

– создание методами биотехнологии форм древесных растений с новыми свойствами;

– разработка биопрепаратов для экологически безопасной защиты лесных массивов;

– повышение эффективности использования древесной биомассы в производстве биотоплива и получении тепловой и электрической энергии;

– разработка современных подходов к биоконверсии лигноцеллюлозного сырья.

В настоящее время биотехнологии используются при создании деревьев, устойчивых к различным заболеваниям и вредителям, что существенно повышает скорость их роста. Исследователи также заняты поисками путей использования биотехнологий для повышения эффективности трансформации растениями солнечной энергии в растительную массу (фотосинтеза) и перераспределения этой энергии на формирование преимущественно древесины. Все эти методы, направленные на повышение продуктивности искусственных лесопосадок, должны сократить объемы вырубки естественных лесных массивов. Следует учитывать, что создание новых пород деревьев с помощью биотехнологии – это длительный процесс, т. к. для выращивания деревьев требуется много времени. Это подтолкнуло ученых к поискам других методов повышения продуктивности. Например, они используют биотехнологические приемы в борьбе с грибковыми и другими заболеваниями древесных растений. Кроме того, ведется работа по улучшению микробиоценозов, населяющих корни деревьев и обеспечивающих усвоение ими питательных веществ, аналогично азотфиксирующим бактериям, снабжающим азотом растения бобовых культур. Нельзя также не отметить эффективность использования биопестицидов в защите лесонасаждений от вредителей, причем наблюдаемый в последнее время прогресс в работе с клетками насекомых подает большие надежды на появление в ближайшем будущем новых соединений для осуществления биологических методов борьбы с лесными вредителями. Возможно, наиболее важной областью применения биотехнологий в лесной индустрии с точки зрения экономики является изменение методов переработки древесины в продукты потребления. Ведутся активные работы по выведению улучшенных методами генной инженерии пород деревьев, в древесине которых будет повышено содержание целлюлозы, являющейся сырьем для целлюлозно-бумажного производства, и снижено содержание лигнина, удаляемого в процессе производства бумаги.

В традиционных технологиях, для удаления лигнина требуются большие затраты энергии и агрессивные химикаты, поэтому изменение наследования соотношения целлюлоза – лигнин, наряду с ускорением роста деревьев, имеет еще целый ряд позитивных с точки зрения экологии последствий.

Учитывая то, что деревья активно поглощают углекислый газ, любой научный результат, позволяющий увеличить продуктивность лесного хозяйства и уменьшить масштабы вырубки существующих лесов, окажет положительный эффект на состояние атмосферы и снизит отрицательный эффект антропогенного воздействия на климат.

Заметный вклад биотехнологий в охрану окружающей среды связан также с заменой агрессивных химических реагентов, используемых в технологических процессах деревообрабатывающей промышленности на ферменты, применяемые для:

– предварительной обработки и размягчения древесных отходов перед приготовлением целлюлозы;

– удаления сосновой живицы из целлюлозной массы для повышения эффективности бумажного производства;

– замены хлора при отбеливании целлюлозной массы;

– обесцвечивания вторичной бумаги, изготавливаемой из макулатуры;

– использования отходов деревообработки с целью получения энергии и производства ценных органических соединений;

– очищения почв, загрязненных, используемыми в деревообработке, консервирующими веществами и каменноугольным дегтем.

Экономическая эффективность перечисленных направлений биотехнологии тесно связана с общей экономической ситуацией в нашей стране и не может рассматриваться изолированно.

Плантации леса для производства древесины начали выращивать в 19 веке в Европе и в середине 20 века в Северной Америке. Промышленные плантации леса стали главным источником деловой древесины в значительной степени из-за более высокой продуктивности

насаждений и меньшей себестоимости древесины по сравнению с древесиной, получаемой от рубки естественных лесов, связанной, отчасти, с соблюдением рекомендаций и законов, содержащих жесткие экологические нормы [1].

Традиционные методы размножения и селекции, применяемые в лесном хозяйстве, сводятся к простому отбору – выявляются деревья, превосходящие по некоторым признакам остальные деревья, так называемые плюсовые, и для размножения берут вегетативные побеги и семена этих деревьев.

Посадка генетически улучшенных древесных пород началась в 1970-х годах. В эти годы методы современной биотехнологии, включая культуру ткани и генетическую модификацию, начали убедительно внедряться в лесное хозяйство. Так как большинство деловой древесины в мире производится на возобновляемых лесонасаждениях, то потенциальные выгоды от использования в посадке быстрорастущих саженцев с требуемыми генетическими изменениями стали очевидными [2].

Генетической модификации может быть подвергнута любая порода деревьев.

В Пущинском филиале ИБХ РАН создают трансгенные формы некоторых видов лесных пород, преимущественно лиственных – осин, берез, тополя, отличающихся от исходных форм более интенсивным ростом – так называемые «быстрорастущие деревья».

Ученые Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН, используя сомаклональную изменчивость в культуре in vitro и методы генетической инженерии работают над созданием новых форм древесных растений устойчивых к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам, с ускоренным накоплением биомассы с улучшенными характеристиками [3].

Выгода от выращивания генетически улучшенных деревьев заключается не только в снижении стоимости производства древесины, вследствие уменьшения срока выращивания, что в свою очередь приведет к более низким ценам для потребителей при покупке древесины и лесоматериалов, но и в том, что у биотехнологии в лесном хозяйстве есть потенциал возможности решения наиболее важных проблем охраны окружающей среды.

Например, ученые Вашингтонского Университета вывели сорт ГМО-тополя, который может деструктурировать определенные промышленные яды, отравляющие природу, перерабатывая их в безвредные вещества. Применение растительного мира для борьбы с отравлением природы, называемое фиторемедиацей или фитоочисткой, служит новым и весьма перспективным методом решения проблемы промышленных загрязнений. До сегодняшнего дня фиторемедиация выглядела довольно сомнительной идеей, т. к. отравленные участки земли, в основном, содержат не одно, а часто разные отравляющие вещества. Но разработанный сорт тополей решает проблему борьбы с немалым количеством органохимических ядов, в т. ч. хлороформом, бензолом, трихлорэтиленом, перерабатывая их посредством органических преобразований в воду, CO_2 и определенные соли, не наносящие вреда.

Лабораторные испытания определили, что генетически модифицированные тополя в 100 раз эффективнее абсорбируют из почвы трихлорэтилен, по сравнению с исходными формами тополя. ГМО-деревья также могут извлекать токсины из воздуха и перерабатывать их в неопасные метаболиты внутри листьев. Первые опыты должны показать, что такие тополя как таковые не могут принести никакого вредного воздействия на природу и людей [4].

Определенные риски применения ГМО-деревьев будут заключаться в генетическом обмене между трансгенными и дикорастущими деревьями, а также выращивании деревьев с одинаковым генотипом, что будет являться потенциальной проблемой для окружающей среды.

Потенциальные риски применения трансгенных форм растений рассматриваются в виде ряда проблем:

– Использование трансгенных растений, возможно, повлияет на здоровье человека. Проблема безопасности продуктов питания не рассматривается для растений, таких как деревья или хлопок, которые обычно не являются источниками пищи. Однако целлюлоза

все больше и больше используется в качестве наполнителя в продуктах питания, и их безопасность стала поводом для беспокойства.

– Влияние трансгенных растений на естественные экосистемы приведет к генетическому обмену между ними и дикорастущими популяциями. В случаях, где плантационные древесные виды являются интродуцентами, генетический «ауткроссинг» (скрещивание особей из разных линий) в естественной окружающей среде, не был бы катастрофичен. Там, где генетический обмен нежелателен, выращивание стерильных деревьев или сортов (разновидностей) с разновременным цветением уменьшат вероятность их миграции в естественные биоценозы.

Для генов, которые влияют на форму дерева или свойства волокна, миграция в среду также незначительно повлияет на приживаемость и сохранность, и поэтому едва ли будет иметь существенные или неблагоприятные последствия. Однако последствия могут быть различными, если включается ген выживания. Например, миграция гена *Bacillus thuringiensis* (Bt) в природу, который делает растение токсичным к определенным вредителям, мог бы создать более серьезную проблему, если бы это изменило относительное конкурентное положение дикой растительности по отношению к вредителям. В конечном счете, серьезность этой проблемы зависит от возможности передачи гена выживания в природу, масштаба передачи и сравнительного изменения в конкурентоспособном равновесии внутри естественной среды обитания. Вредители адаптируются через естественный отбор к модифицированным генам.

Поэтому подход к увеличению продолжительности действия трансгенных средств борьбы с вредителями будет состоять в установке «резерватов», т. е. мест, где произрастают деревья без гена Bt, ослабляя возможность вредителей к развитию устойчивости через естественный отбор [5, 6].

Сроки получения дохода от внедрения трансгенных древесных пород даже при ускоренных процессах ее созревания остаются достаточно длительными, поэтому решение об инвестициях в такие программы будет в большой степени зависеть от общей экономической ситуации в стране и, прежде всего от действующих и прогнозируемых значений банковского процента.

Стоимость денег с течением времени изменяется с учетом нормы прибыли на финансовом рынке.

Основным инструментом оценки стоимости денег во времени выступает процентная ставка (ставка процента) – удельный показатель, в соответствии с которым в установленные сроки выплачивается сумма процента в расчете на единицу денежного капитала.

Для принятия решения об инвестировании в лесопромышленность, базирующуюся на использовании трансгенных растений, необходимо оценить будущую себестоимость древесины с учетом прогнозируемой инфляции. Для этого может быть использована оценка стоимости денег по простым процентам.

Если принять, что используемая процентная ставка инфляции, выраженная десятичной дробью равна 0,06, то в течение времени роста трансгенного леса (предположим 15 лет), то будущая стоимость вложенных денежных средств, при их наращении по простым процентам, может составить

$$S = P \cdot (1 + 15 \cdot 0{,}06) = 1{,}9\,.$$

Определив себестоимость продукции в будущем и полагая норму прибыли равной таковой в настоящее время можно оценить прогнозную сумму валового дохода от реализации инвестиционного проекта. Эту величину необходимо сопоставить с доходом, который мог бы быть получен от простого помещения изначально израсходованных средств на долгосрочный депозит в банке. В этом случае необходимо использовать расчеты по сложным процентам.

При оценке стоимости денег во времени по сложным процентам необходимо иметь в виду, что на результат оказывает большое влияние не только используемая ставка процента (ниже процентной ставки по кредитам, в то же время в России она достаточно высокая), но

и число интервалов выплат в течение одного и того же общего платежного периода. Если принять, что выплаты процентов осуществляются ежегодно по ставке 10 %, в течение времени роста трансгенного леса (предположим 15 лет), то будущая стоимость вложенных денежных средств, при их наращении по сложным процентам может составить

$$S_c = P\cdot(1 + 0{,}1)^{15} = P \cdot 4{,}6\,.$$

Полученные цифры объясняют то, что даже трансгенные леса при существующем состоянии экономики в России не могут быть экономически выгодными для инвесторов.

Однако есть еще одна сторона лесной экономики, которая не может не заинтересовать инвесторов. В России около 40 тыс. гектаров леса ежегодно гибнет от вредителей, в том числе леса вблизи городов и населенных пунктов. Восстановление экологически важных лесных массивов требует больших финансовых вложений.

Применение средств химии губительно сказывается на биоразнообразии лесных сообществ. Актуально изыскание биотехнологических средств защиты леса от вредных организмов – препаратов, в которых действующим началом являются патогенные микроорганизмы или продукты их жизнедеятельности.

По сравнению с химическими средствами защиты растений – пестицидами – биопрепараты малотоксичны и менее опасны для человека, животных и окружающей среды, не нарушают природных связей в биоценозе, обладают избирательным действием (не действуют на полезных насекомых – энтомофагов), не способствуют возникновению резистентности у насекомых – вредителей леса.

Энтомоцидные биологические препараты, предназначенные для защиты растений от вредных насекомых, бывают бактериальными, грибными, вирусными, в зависимости от микроорганизма, использованного для приготовления биологических препаратов.

Бактериальные и вирусные препараты действуют после попадания в организм насекомого. Чем больше попадает препарата вместе с кормом, тем выше гарантия заболевания и гибели насекомого, поэтому эти биопрепараты применяют, в основном, в период наиболее активного питания личинок.

Препараты, созданные на основе грибных энтомопатогенов, поражают вредителей преимущественно контактно, через наружные покровы, поэтому могут действовать в любой фазе развития насекомых.

Биологические препараты не вызывают столь быстрой гибели вредителей, как химические инсектициды. Массовая смертность насекомых наблюдается, как правило, через 5–15 суток после внесения препарата, в зависимости от его дозы, вида вредителя и метеорологических условий. При обработке вирусными препаратами вирус долгие годы может находиться в биотопе, в т. ч. включаться в циркуляцию внутри популяции хозяина и становиться впоследствии одним из факторов смертности вредителя. Споры бактерий после внесения в лесной биоценоз бактериальных препаратов долго не сохраняются, в отличие от вирусов они не передаются от родительских организмов потомству и поэтому не способны вызывать естественно возникающих бактериальных эпизоотии в популяциях лесных насекомых.

Бактериальные препараты выпускают на основе бактерий группы Bt. Препараты группы Bt представляют собой спорово-кристаллический комплекс, т. е. содержат в качестве активного начала, кроме жизнеспособных спор, белковые кристаллы эндотоксина или экзотоксина.

Попадая в кишечник насекомого с пищей, кристаллы растворяются, токсин всасывается, при этом резко нарушается перистальтика кишечника – наступает его паралич, вследствие чего гусеницы прекращают питание. Затем споры прорастают, и бактерии, размножаясь, вызывают заболевание – септицемию. Гибель от септицемии наступает на 5–10 сутки. Если насекомое заглатывает много кристаллов, гибель от токсикоза происходит в течение 1–2 суток. Гусеницы, погибающие только от токсикоза, обычно быстро обезвоживаются, ссыхаются,

уменьшаясь в размерах; полного разложения тканей при этом не происходит. После обработки бактериальными препаратами смертность насекомых может наблюдаться и на последующих стадиях метаморфоза.

Бактериальные препараты на основе Bt используют как инсектициды. Препараты выпускают в виде порошков (П), суспензионных концентратов (СК), суспензионных концентратов масляных (СК-М), жидкостей (Ж). Кроме активного начала, бактериальные препараты содержат различные наполнители – тальк, каолин, бентонит и др.

Обработку вегетирующих растений бактериальными препаратами против личиночных стадий активно живущих насекомых проводят способом авиационного или наземного аэрозольного опрыскивания. Эффективность применения этих препаратов во многом зависит от погодных условий в период обработок, состояния популяции вредителя и особенностей древесной породы. Наибольший эффект достигается при обработке в период питания гусениц младших возрастов (I–III), когда дневная температура воздуха достигает 18 °С. В лиственных насаждениях обработку проводят при наличии достаточно развитой листвы.

Патогенность и токсичность бактериальных препаратов для теплокровных животных невелика, однако бактериальные препараты могут вызывать аллергические заболевания у людей.

Вирусные препараты оказывают только кишечное воздействие, отличаются высокой видоспецифичностью (обычно к ним восприимчивы один, реже – два–три близкородственных вида). В качестве активного начала они содержат особые белковые образования – полиэдры (имеют форму многогранников) или гранулы (имеют овальную форму), внутри которых заключены вирусные частицы (вирионы). Заглатываемые с кормом полиэдры растворяются в щелочной среде кишечника насекомого, вирусы проникают в клетки ткани и поражают ядра (ядерный полиэдроз) или цитоплазму (цитоплазменный полиэдроз) живых клеток. Вирусными заболеваниями (вирозами) поражаются личинки (гусеницы) и куколки. По мере развития болезни у гусениц снижается активность передвижения и питания, цвет тела меняется (светлеет или темнеет), ткани разжижаются, гусеницы часто повисают, прикрепившись к веткам, листьям, хвое. Покровы тела разрываются, при этом вытекает бурая жидкость без запаха, насыщенная полиэдрами. Эта жидкость, попав на листья (хвою), становится источником заражения др. насекомых в популяции вредителя. От заражения до гибели гусениц проходит 10–15 суток, иногда больше, это зависит от погодных условий, активности питания личинок.

Для защиты леса от гусениц непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*) успешно применяется вирусный препарат вирин-ЭНШ.

Грибные препараты содержат в качестве активного начала споры несовершенных грибов и оказывают кишечное и контактное воздействие на насекомых, вызывая микозы. Одним из главных экологических факторов, влияющих на инсектицидную активность грибов, является высокая влажность окружающей среды. Для нужд сельского и лесного хозяйства выпускается препарат «Боверин» на основе штамов грибов, вызывающих каменную грибковую болезнь гусениц (muscardine). Существуют эффективные штаммы энтомопатогенных грибов против лесных вредителей.

Биологические фунгициды – биологически активные вещества органического происхождения, подавляющие жизнеспособность или вызывающие гибель микроорганизмов. Они продуцируются микроорганизмами (бактериями, актиномицетами, грибами), а также растениями (фитонциды) и животными. Обладают избирательным действием на микроорганизмы. Биологические фунгициды применяют для борьбы с грибными болезнями растений. Проникая в корни и листья, они распространяются по тканям растений и передают им антибиотическую активность. В тканях находятся в неизменном виде или превращаются в более активные вещества, которые воздействуют на обмен веществ растений, повышая их устойчивость к патогенным микроорганизмам. Биологические фунгициды могут повышать всхожесть семян, ускорять рост растений, стимулировать образование корней.

Экономическая эффективность биопрепаратов для защиты лесных массивов оказывается высокой, их выпуск коммерчески выгоден при организации соответствующих лесозащитных мероприятий на федеральном и региональном уровнях.

В РФ с ее огромными расстояниями и слаборазвитой транспортной инфраструктурой отдаленных районов исключительную важность представляет снижение расходов на дальнепривозное топливо, для чего необходимо развитие местных возобновляемых источников энергии, среди которых немалую роль может играть лесная биоэнергетика в силу больших объемов, разнообразия, дешевизны и доступности биомассы, из которой может быть произведена энергия.

На текущий момент в мире промышленно освоены технологии производства моторного биотоплива первого поколения – из зерновых, масличных культур, сахарного тростника. Однако технологии первого поколения требуют значительных энергетических ресурсов и создают угрозу продовольственной безопасности в мире. В связи с этим, в развитых странах, включая Евросоюз, рассматривается вопрос об ограничении производства биотоплива первого поколения. Перспективными в данной сфере для развития в России до 2020 г. являются технологии производства биотоплива второго поколения (то есть из непродовольственной биомассы: древесины, соломы, биоотходов, энергоемких растений), не требующего существенных изменений в конструкции автомобилей. На текущем этапе при производстве жидкого биотоплива в основном используются технологии гидролиза и пиролиза. Относительно недавно появилась и уже промышленно освоена признанная очень перспективной технология Biomass-to-Liquid (BTL), основанная на так называемом процессе Fischer-Tropsch (Фишера-Тропша), в результате которой все растение перерабатывается в жидкое топливо. Данные виды топлива перспективны с точки зрения показателей по сжиганию и выбросам.

Социально-экономический эффект от реализации целенаправленных мер по развитию биоэнергетики и биотоплива заключается в существенном снижении уровня загрязненности воздуха в городах, что ведет к снижению уровня заболеваемости жителей, существенной экономии затрат на тепло и электроэнергию предприятиями и организациями, у которых образуются большие объемы органических отходов за счет внедрения локальных установок по производству биогаза и преобразования его в тепло и электроэнергию [6].

Экономически эффективной также является комплексная глубокая химическая переработка биомассы таких уникальных древесных пород как лиственница сибирская с целью производства препаратов для медицины и ветеринарии, биологически активных добавок к пище, продуктов для косметической промышленности непосредственно в регионе произрастания сырья по принципу био-рефайнинга (biorefinery) с производством наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью [7].

К таким продуктам относятся экстрактивные вещества древесины и коры с комлем лиственницы – Пикнолар, пектин, воск, дигидрокверцетин, арабиногалактан и др. Они могут быть использованы для обеспечения России импортозамещающими высокоэффективными, недорогими медицинскими препаратами и некоторыми другими дефицитными продуктами, а именно:

– препаратами, используемыми для лечения ОРВИ и гриппозных инфекций, вызванных вирусами А и В, на разных стадиях болезни (противовоспалительное, противовирусное, противоотечное, иммуностабилизирующее действие);

– препарами для улучшения мозгового кровообращения (лечение и профилактика инсульта, отека мозга);

– сердечно-сосудистыми препаратами (профилактика и лечение инфаркта миокарда);

– средствами для лечения бронхо-легочных заболеваний;

– гастро- и гепатопротекторами;

– ангиопротекторами;

– радиопротекторами;

– иммунокорректорами;

– регуляторами липидного обмена;

– носителями для наночастиц медицинского назначения;

– пребиотиками для желудочно-кишечного тракта (растворимое пищевое волокно, используемое в кисломолочной и хлебобулочной промышленности);

– пектинами для пищевой промышленности.

Лиственница – главная лесообразующая порода России. Лиственничные леса занимают площадь 278 млн га, что составляет около 40 % всей лесопокрытой площади нашей страны, в то время как сосновые леса занимают 16 %, а еловые – 12 %, в связи с чем, создание системы комплексной переработки древесины лиственницы является важной экономической и инвестиционно-перспективной задачей.

Выводы

Учитывая перспективы и экономические проблемы лесной биотехнологии на этапе инновационного развития экономики России, можно сделать следующие выводы.

В настоящее время биотехнология уже проникла в лесное хозяйство, современные методы культуры ткани для клонирования сеянцев и генетически модифицированные организмы предвещают достаточно большие экономические выгоды. Биотехнология также имеет применения, уникальные для лесного хозяйства, такие как модификация волокна, редукция и экстракция лигнина, а также стерильность, которая является важным фактором для предотвращения «попадания» модифицированных генов в окружающую среду. Важные экологические проблемы, в том числе восстановление естественной среды, измененной под воздействием болезней и вырубкой естественных лесов для деловой древесины, также можно решать с помощью биотехнологии. Однако широкое внедрение биотехнологии в лесное хозяйство России затрудняется рядом организационных и экономических факторов.

Выращивание генно-модифицированных культур в России законодательно не запрещено. Вместе с тем, согласно статье 50 Федерального закона № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», производство, разведение и использование растений, животных и других организмов, созданных искусственным путем, запрещено без получения положительного заключения государственной экологической экспертизы. Подзаконные акты, регулирующие вопросы проведения государственной экологической экспертизы генно-модифицированных культур, не приняты, поэтому на практике она не проводится. Таким образом, в настоящее время выращивание генно-модифицированных культур в промышленных масштабах на территории Российской Федерации не ведется.

Основной проблемой инновационного развития лесной биотехнологии является отсутствие механизма формирования массы денежных средств, которые могут использоваться длительное время с достаточно приемлемой стоимостью, поэтому внедрение лесных биотехнологий с долгими сроками окупаемости должно опираться на хорошо обоснованные экономические расчеты.

В нашей стране весьма актуально и экономически оправдана разработка биопрепаратов для экологически безопасной защиты лесных массивов, сохранение которых не зависит от наличия свободных «длинных денег» на финансовых рынках.

В регионах расположенных далеко от систем транспортировки углеводородного сырья актуальны работы в области биотехнологий использования древесной биомассы для производства биотоплива и получения тепловой и электрической энергии.

Россия обладает огромными ресурсами уникальных древесных пород, не используемыми в настоящее время из-за удаленности мест их произрастания от транспортных магистралей, поэтому создание на основе биотехнологических исследований систем комплексной глубокой химической переработки древесной биомассы непосредственно в регионе произрастания сырья по принципу био-рефайнинга (biorefinery) с производством наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью является одним из важнейших направлений лесной биотехнологии на этапе инновационного развития отечественной экономики.

Список литературы

1. Carson M., Walter C. and Walter S. The future of forest biotechnology. In Robert Kellison, Susan McCord, and Kevan M.A. Gartland (eds.). Forest biotechnology in Latin America. Raleigh, Institute for Forest Biotechnology, 2004.

2. Walter C. and Killerby S. A global study on the state of forest tree genetic modification. In Preliminary review of biotechnology in forestry: Including genetic modification. Forest Genetic Resources Working Papers. Rome: Forestry Department, FAO, 2004.

3. Воронин В.И. Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук. Из материалов экспертного анализа перспектив развития лесной биотехнологии, Москва, РИНКЦЭ, 2012 г.

4. Friedman S., Charbley S. Environmental and social aspects of the intensive plantation/reserve debate. In S.H. Strauss and H.D. Bradshaw (eds.), Forest biotechnologies: Technical capabilities, ecological questions, and social issues in genetic engineering of plantation trees. Washington, DC: Resources for the Future, 2004.

5. Голосова М.А. Насекомые – вредители леса. Биологическое регулирование популяций. М., 2004 г.

6. Мурзин Д.Ю., Пармон В.Н., Симакова И.Л. Развитие научных основ каталитических методов переработки компонентов и биомассы в ценные химические соединения и альтернативное топливо. Материалы конференции «Опыт и результаты исследований, проводимых под руководством приглашенных ученых-соотечественников», Москва 2011 г.

7. Бабкин В.А. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук. Из материалов экспертного анализа перспектив развития лесной биотехнологии, Москва, РИНКЦЭ, 2012 г.

References

1. Carson M., Walter C. and Walter S. The future of forest biotechnology. In Robert Kellison, Susan McCord, and Kevan M.A. Gartland (eds.). Forest biotechnology in Latin America. Raleigh, Institute for Forest Biotechnology, 2004.

2. Walter C. and Killerby S. A global study on the state of forest tree genetic modification. In Preliminary review of biotechnology in forestry: Including genetic modification. Forest Genetic Resources Working Papers. Rome: Forestry Department, FAO, 2004.

3. Voronin V. (2012) *Sibirskiy institut fziologii i biokhimii rasteniy Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. Iz materialov ekspertnogo analiza perspektiv razvitiya lesnoy biotekhnologii* [Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, RAS Siberian Branch. Expert analysis of materials development prospects of forest biotechnology]. *RINKTsE* [SRI FRCEC], Moscow.

4. Friedman S., Charbley S. Environmental and social aspects of the intensive plantation/reserve debate. In S.H. Strauss and H.D. Bradshaw (eds.), Forest biotechnologies: Technical capabilities, ecological questions, and social issues in genetic engineering of plantation trees. Washington, DC: Resources for the Future, 2004.

5. Golosova M. (2004) *Nasekomye – vrediteli lesa. Biologicheskoe regulirovanie populyatsiy* [Insects - forest pests. Biological control populations], Moscow.

6. Murzin D., Parman V., Simakov I. (2011) *Razvitie nauchnykh osnov kataliticheskikh metodov pererabotki komponentov i biomassy v tsennye khimicheskie soedineniya i al'ternativnoe toplivo. Materialy konferentsii «Opyt i rezul'taty issledovaniy, provodimykh pod rukovodstvom priglashennykh uchenykh-sootechestvennikov»* [Development of scientific bases of catalytic components and methods of processing biomass into valuable chemicals and alternative fuels. Proceedings of the conference «The experience and the results of research conducted under the guidance of visiting scientists – compatriots»], Moscow.

7. Babkin V. (2012) *Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie nauki Irkutskiy institut khimii im. A.E. Favorskogo Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. Iz materialov ekspertnogo analiza perspektiv razvitiya lesnoy biotekhnologii* [Federal State Institution of Science, The Favorskiy Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Expert analysis of materials development and prospects of forest biotechnology]. *RINKTsE* [SRI FRCEC], Moscow.

ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

И.А. Вербенко, зав. лаб. НИИ физики Южного федерального университета
канд. физ.-мат. наук, *ilich001@yandex.ru*
Л.А. Резниченко, зав. отд. НИИ физики Южного федерального университета
д-р физ.-мат. наук, проф., *ilich001@yandex.ru*

Изучены основные тенденции оптимизации свойств мультиферроиков. Показано, что в рамках традиционного твердофазного метода получит керамические материалы на основе феррита висмута не представляется возможным. Указаны пути повышения устойчивости материалов на основе $BiFeO_3$. Проводится анализ возможных направлений оптимизации свойств сегнетомагнетиков, обеспечивающих их применение в инновационной экономике России. Выделены вероятные будущие направления развития.

Ключевые слова: сегнетомагнетики, мультиферроики, керамика, новые технологии, спинтроника, феррит висмута.

MAJOR TRENDS TO OPTIMIZE THE PROPERTIES OF MULTIFERROICS

I.A. Verbenko, Head of Department, Institute of Physics, Southern Federal University,
Doctor of Physics and Mathematics, *ilich001@yandex.ru*
L.A. Reznichenko, Head of Department, Institute of Physics, Southern Federal University,
Ph.D. of Physics and Mathematics, Professor, *ilich001@yandex.ru*

The article examines the key trends to optimize the properties of multiferroics. It is shown that in the framework of the traditional solid-phase method it is not possible to obtain ceramic materials based on bismuth ferrite. Ways to improve the resistance of materials are based on $BiFeO_3$. The analysis of the possible directions of optimization of ferroelectromagnets' properties ensuring their use in the innovation economy in Russia. The article highlights the likely future trends of development.

Key words: ferroelectromagnets, multiferroics, ceramics, new technologies, spintronics, bismuth ferrite.

Введение

Ранее в [1] нами представлены и обобщены результаты более чем 40-летней деятельности отдела активных материалов в области создания бессвинцовых сегнетопьезоматериалов, проведен анализ динамики развития этого направления в России и в мире. Однако, в настоящее время научно-техническая модернизация производственных активов, физическое и моральное старение которых привело к технологическому отставанию отечественной промышленности, определили необходимость создания нового поколения конкурентоспособной материаловедческой продукции. Стремление к универсализации привело к совмещению в одной химической композиции нескольких разнородных функций, что в силу различных фундаментальных физических ограничений, затруднило реализацию принципов действия многих устройств. Кроме того, стало очевидным, что возможности создания новых электрически активных материалов исчерпаны из-за практически полного использования существующих химических основ и способов их получения, а достижение необходимого разнообразия опций невозможно в рамках традиционных монообъектов, что определило основные направления поиска инноваций в данном направлении. В ряде случаев неизбежным оказался переход к гетерогенным

структурам – мультифункциональным, мультиферроидным – и, прежде всего к композитам, сочетающим принципиально разные макросвойства (электрические, магнитные, свойства упругости). Используя же инновационный подход к совершенствованию мультифункциональных материалов существенных результатов можно достичь и на основе монофазных мультиферроиков.

В 1969 г. японский ученый Кетзаро Аизу объединил эти три класса веществ (ферромагнетики, сегнетоэлектрики и сегнетоэластики) в один с общим названием ферроики, что связано с наличием в их английском названии общей приставки «ферро». Мультиферроики – класс кристаллических твердых тел, в которых сосуществуют хотя бы два из трех параметров порядка: магнитного, электрического или механического. Материалы, обладающие одновременно магнитным и электрическим упорядочением, называют сегнетомагнетиками [2]. Взаимодействие электрической и магнитной подсистем может проявляться в них в виде ряда эффектов, например, магнитоэлектрического (МЭ) эффекта [2].

Исследования сегнетомагнетиков начались в 1961 г. с открытия линейного МЭ эффекта у монокристаллов оксида хрома (III) [3]. В настоящее время получено более 80 однофазных сегнетомагнетиков либо в виде индивидуальных соединений, либо их твердых растворов (ТР). Только два из них, а именно, $Fe_3B_7O_{13}Cl$ и $Mn_3B_7O_{13}Cl$ – естественного происхождения.

Длительное время мультиферроики представляли чисто академический интерес, поскольку они обладали либо недостаточно высокими значениями МЭ эффекта при температурах, близких к комнатным, либо достаточно заметным МЭ эффектом, но при температурах, значительно ниже комнатной. Так, очень большой, в общепринятой терминологии «гигантский» МЭ наблюдался у оксида хрома (3,7·10-12 Кл(м^2 Э)$^{-1}$), а в материале $TbPO_4$ он составил ($3\cdot10^{-10}$Кл(м^2 Э)$^{-1}$) [4] но при температурах менее 2К.

В последнее время, после открытия гигантского МЭ при комнатных температурах [5] значительно возрос интерес к исследованиям в данном направлении, что также связано с совершенствованием технологии исследований и возможностью, как следствие этого, наблюдать новые явления, зачастую перспективные для практического применения [6]. Интерес представляют такие эффекты, как линейный МЭ эффект или индуцированная магнитным полем электрическая поляризация и индуцированная электрическим полем намагниченность; эффект взаимного МЭ контроля, или переключения спонтанной поляризации магнитным полем и спонтанной намагниченности электрическим полем; эффект магнитоемкости, или изменение магнитной постоянной под действием магнитного поля (рис. 1).

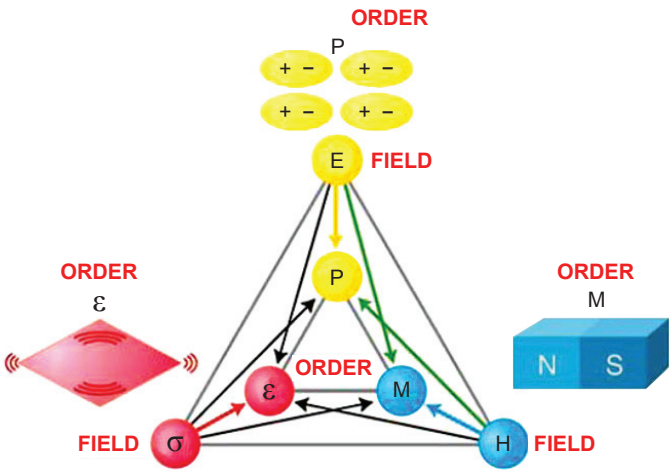


Рис. 1. Схема взаимодействия упорядоченных подсистем в мультиферроиках

В настоящее время по способу возникновения мультиферроидного состояния можно выделить три основные группы мультиферроиков: однофазные мультиферроики, представленные, главным образом, сложными оксидами, например, гексагональными манганитами и висмут-содержащими перовскитами [7, 8]; композиты различной связности, например, классические сегнетоэлектрики со шпинелями [9]; наносегнетоэлектрические материалы, в которых возникновение магнетизма связано с поверхностными эффектами [10].

Среди перечисленных групп наиболее простыми и технологичными, безусловно, являются однофазные мультиферроики. Тем более, что оксиды со структурой типа перовскита наряду с кремнием и оксидом кремния, признаны основными материалами сферы информационных технологий, что существенно облегчает их производство и внедрение в новые промышленные циклы.

Однако, соединений, потенциально пригодных для создания мультиферроиков, не так много. Так, для возникновения магнитного упорядочения при достаточно высоких температурах необходимо присутствие в составе сложного оксида большого количества магнитных ионов, таких как Cr^{3+}, Mn^{2+}, Mn^{3+}, Mn^{4+}, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Co^{3+}, Ni^{2+} (табл. 1). Условия существования структуры типа перовскита [11] определяют возможность встраивания указанных ионов лишь в B-подрешетку структуры ABO_3. Кроме того, необходимость усиления пьезоэлектрической активности делает предпочтительным использование в качестве A-катионов сегнетоактивных ионов – Pb^{2+} либо Bi^{3+}. При этом с учетом экологических факторов [12] и сочетаемости с магнитными ионами в наиболее устойчивых степенях окисления (Cr^{3+}, Mn^{4+}, Fe^{3+}) наиболее перспективными следует считать именно висмут-содержащие ТР.

Таким образом, одним из наиболее перспективных мультиферроиков является феррит висмута, $BiFeO_3$, обладающий, к тому же, рекордно высокими значениями температур сегнетоэлектрического (СЭ) (T_c (температура Кюри) ~810 °C) и магнитного (T_N (температура Нееля) ~370 °C) фазовых переходов (ФП) [2, 13].

Именно обнаружение в пленках $BiFeO_3$ гигантского линейного МЭ и гигантской поляризации [14], а также признание феррита висмута перспективной основой для использования в спиновой электронике [15] послужили толчком для интенсификации исследований в данном направлении. За последние несколько лет научные изыскания, связанные с разработкой и совершенствованием мультиферроиков, стали одной из наиболее «горячих» областей материаловедения, инициировав написание значительного количества обзоров по данной тематике, например [7, 8, 16, 17].

Основные трудности создания мультиферроиков. Рассмотрим основные трудности, препятствующие широкому применению мультиферроиков на основе феррита висмута.

Прежде всего, это структурная неустойчивость, обусловленная пограничным положением этого соединения в структурном типе перовскита [11]; высокая проводимость и термическая нестабильность, связанные, с одной стороны, с близостью температур спекания ($T_{сп}$) и инконгруэнтного плавления, а с другой, с переменной степенью окисления железа. Кроме того, феррит висмута обладает спин-модулированной структурой, препятствующей, по мнению некоторых авторов [18, 19] магнитоэлектрическому взаимодействию. Критична зависимость структуры $BiFeO_3$ и от термодинамической предыстории (условий получения) [20, 21]. Это обусловлено узким концентрационным интервалом существования фазы $BiFeO_3$ и весьма широкими областями кристаллизации промежуточных соединений $Bi_2Fe_4O_9$ и $Bi_{25}FeO_{39}$ [22–27], а также летучестью Bi_2O_3 [28] и сложностью реакции в эквимолярной смеси Bi_2O_3 и Fe_2O_3 [29, 30], зависимостью свойств от физико-химического состояния исходных реагентов, с чем связано образование в процессе синтеза и спекания этого объекта довольно заметного (~10 %) количества трудноустранимых «балластных» фаз [31, 32], в том числе, и непрореагировавших исходных компонентов [33].

Многоплановость и сложность дефектной ситуации обуславливает значительную температурную нестабильность диэлектрических свойств фаз на основе феррита висмута, выра-

Таблица 1

Некоторые свойства соединений типа $BiMO_3$

M	Пространственная группа	Сегнетоэлектричество	Магнетизм	Условия синтеза	Комментарии
Al	*R*3*c*	$T_C > 520$ $P_s = 9$	d^0	1000, 6 ГПа	
Ga	*Pcca*	Центросим.	d^0	1200, 6 ГПа	
In	$Pna2_1$	$T_C > 600$ $P_s = 18$	d^0	1000, 6 ГПа	P_s по модели точечных зарядов
Sc	*C*2/*c*	Центросим.	d^0	1140, 6 ГПа	
Cr	*C*2/*c*	Центросим.	$T_N = 109$K, AFM, G-тип	1380, 6 ГПа	
Mn	*C*2/*c*	Центросим.	$T_C = 100$K, FM	500–1110 ГПа, 4–6 ГПа	Обсуждается
Co	*P*4*mm*	$T_C > 247$ $P_s = 175$	$T_N = 197$, AFM, G-тип	970, 6 ГПа	Расчеты по фазам Берри
Ni	$P\bar{1}$	Центросим.	$T_N = 27$, AFM	1000, 6 ГПа	
$Cr_{0,5}Fe_{0,5}$	*R*3*c*	T_C не известна, $P_s = 63$	$T_N = 130$K, AFM	1000, 6 ГПа	P_s по модели точечных зарядов
$Ni_{0,5}Mn_{0,5}$	*C*2	T_C не известна, $P_s = 20$	$T_C = 140$K, FM	800, 6 ГПа	P_s по модели точечных зарядов
$Mn_{2/3}Ni_{1/3}$	$Pn2_1m$	T_C не известна, $P_s = 60$	Ближний порядок	800, 6 ГПа	P_s по модели точечных зарядов
$Ti_{3/8}Fe_{2/8}Ni_{3/8}$	*R*3*c*	–	–	Многократный обжиг при атм. давлении	Остаточная поляризация петель диэл. гистерезиса
$Ti_{3/8}Fe_{2/8}Mg_{3/8}$	*R*3*c*	$T_C = 730$ $P_s = 0,5$	–	Многократный обжиг при атм. давлении	Остаточная поляризация петель диэл. гистерезиса

жающаяся в экстремальном поведении диэлектрической проницаемости в диапазонах температур, близких к комнатным [34, 35–38].

Таким образом, для создания подобных материалов требуется применение инновационных подходов при оптимизации технологических режимов на всех стадиях изготовления керамик.

Физико-химическое состояние исходных компонентов. В табл. 2 представлены результаты синтеза феррита висмута с использованием Fe_2O_3 квалификаций «ч. д. а.» и марки «р» производства США.

Видно, что при одних и тех же условиях синтеза $BiFeO_3$, полученный из Fe_2O_3 квалификации «ч. д. а.», характеризуется небольшим содержанием примесных фаз, а при синтезе с

Таблица 2

Результаты синтеза $BiFeO_3$ из Fe_2O_3 квалификаций «ч. д. а.» и марки «*р*» производства США

Марка Fe_2O_3	Технологические режимы	Фазовый состав образцов, I/I_1, отн. ед.		
		$BiFeO_3$	$Bi_{25}FeO_{40}$	$Bi_2Fe_4O_9$
«ч. д. а.»	T_1 = 780 °C, τ_1 = 5 ч.	100	9	5
«р»	T_1 = 780 °C, τ_1 = 5 ч.	5	100	60

использованием реактива марки «*р*» образуется лишь незначительное количество целевого продукта. При дальнейшем подборе температур из интервала T = (700÷850) °C в первом случае добиться существенного снижения количества примесей в материале не удалось, во втором – содержание $BiFeO_3$ существенно не увеличилось. Можно предположить, что Fe_2O_3 марки «*р*» является более активной формой реагента, вследствие чего формирование смеси балластных фаз $Bi_{25}FeO_{40}$ и $Bi_2Fe_4O_9$ начинается при более низкой температуре, чем образование феррита висмута. Экспериментально установлено, что проведение синтеза при более низких температурах из интервала (500÷700) °C также не приводит к увеличению содержания $BiFeO_3$ в продуктах, полученных с использованием Fe_2O_3 марки «*р*» [39].

Вариации химического состава путем модифицирования. Одним из путей, позволяющих стабилизировать $BiFeO_3$ и оптимизировать его свойства, является введение в состав различных элементов, прежде всего, редкоземельных (РЗЭ) [40–48]. При этом отмечается рост магнитоэлектрических коэффициентов, связанный с особыми магнитными свойствами РЗЭ: несмотря на то, что их собственное ферромагнитное упорядочение происходит лишь при очень низких температурах, магнитная природа (*f*-ферромагнетизм) РЗЭ проявляется в усилении обменного взаимодействия между другими ферромагнитными ионами, например, Fe^{3+}, что и приводит к росту T_N. Введение достаточно жестких высокоионизированных ионов РЗЭ вместо легкодеформируемых ионов, например, Bi, неизбежно приводит к снижению устойчивости СЭ состояния и, следовательно, к снижению T_C и сближению температур СЭ и антиферромагнитного переходов, что весьма желательно для практических применений. Кроме того, замещение части ионов Bi приведет к усилению композиционного беспорядка в системе. А это, в свою очередь, будет способствовать лучшей спекаемости ТР и, кроме того, может привести к появлению новых слабоферромагнитных фаз [49–51].

Технология изготовления феррита висмута и ТР на его основе с РЗЭ детально изучена в [60]. Авторами показано, что наиболее существенно температурная устойчивость $BiFeO_3$ возрастает в ТР с РЗЭ, обладающими достаточно большими радиусами (La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) (табл. 5), первой половины ряда (в этих случаях оптимальная $T_{сп}$ достигает (930–950) °C. Для РЗЭ с малым радиусом (Tu; Yb; Lu) оптимальные $T_{сп}$ даже при максимальной степени введения составили всего 890° C. При уменьшении радиуса РЗЭ растет (во всем ряду) содержание примесных фаз, что также свидетельствует о снижении устойчивости $(Bi_{1-x}M_x)FeO_3$. Так, для ТР с относительно небольшими ионами (Yb, Lu) содержание примесей достигает 50 %.

В [39] для указанных выше целей (повышения термической устойчивости феррита висмута и увеличении электрического сопротивления) мы использовали оксидные соединения переходных 3d-металлов (Cr, Mn, Co, Ni, Cu, и Zn), которые, как и 4*f*-элементы, обладают собственными магнитными моментами и могут оказать существенное влияние как на процесс изготовления керамик, так и непосредственно на магнитное упорядочение в ТР.

Ионы переходных 3d-металлов, благодаря промежуточной степени окисления, реализуемой в оксидных соединениях при твердофазном синтезе, обладают собственным магнитным

моментом, способствующим нарушению антиферромагнитного упорядочения и формированию ферримагнитных фаз, что также может спровоцировать разрушение пространственно-спиновой модуляции. Кроме того, близость ионных радиусов и электронного строения железа в составе $BiFeO_3$ и вводимых модификаторов, вероятно, должны способствовать расширению интервала образования непрерывных ТР. Высокая стереохимическая активность некоторых из перечисленных ионов (Ni, Co, Cu) и богатые валентные возможности могут благоприятствовать формированию смешанных оксидных соединений, образующих изоляционные слои в межкристаллитных прослойках и, за счет этого, приводить к снижению электропроводности керамик.

Кроме того, в [39] для модифицирования $BiFeO_3$ также использовали оксидные соединения, образующие при введении в исходные объекты «плавни» (B_2O_3, Li_2CO_3), способные кардинальным образом повлиять на кинетику процессов синтеза и спекания керамик. Использовали и оксиды высокозарядных ионов (Nb_2O_5 и TiO_2), способные выступить в качестве дополнительных связующих агентов по отношению к примесным фазам на основе Bi_2O_3. Модификаторы вводились сверхстехиометрически в количестве 0,5 масс. %.

Модифицирование феррита висмута соседними с железом по таблице Менделеева *d*-элементами (Mn, Co, Ni) приводит к повышению его термической устойчивости, что позволяет снизить содержание примесей в продуктах синтеза и вести спекание при более высокой температуре, что обеспечивает достижение более высокой плотности керамик.

Использование в качестве модификаторов стеклообразующих добавок (Li_2CO_3, B_2O_3) приводит к активизации процесса разложения феррита висмута и не позволяет снизить количество примесей при синтезе и, тем более, спечь беспримесную керамику.

При модифицировании $BiFeO_3$ оксидами высокозарядных ионов (NiO, TiO_2) наблюдается снижение количества примесей при синтезе и увеличение оптимальных температур синтеза и спекания.

Подбор режимов синтеза. Как мы уже говорили, твердофазный синтез феррита висмута осложнен его фазовой нестабильностью и термической неустойчивостью, обусловливающими высокую электропроводность объектов. Для преодоления указанных негативных явлений необходимо определить механизмы, влияющие на формирование $BiFeO_3$ и ТР на его основе.

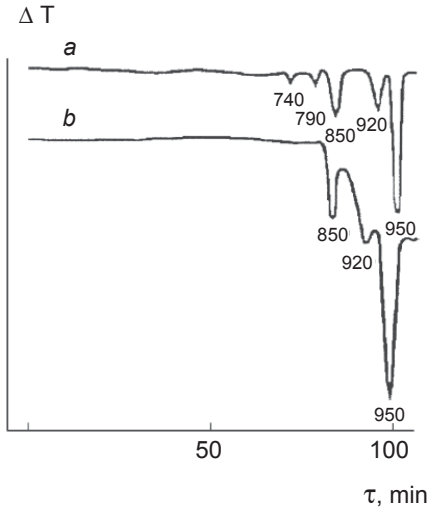


Рис. 2. Кривые ДТА

a – шихты состава Bi_2O_3+Fe_2O_3, *b* – соединения $BiFeO_3$

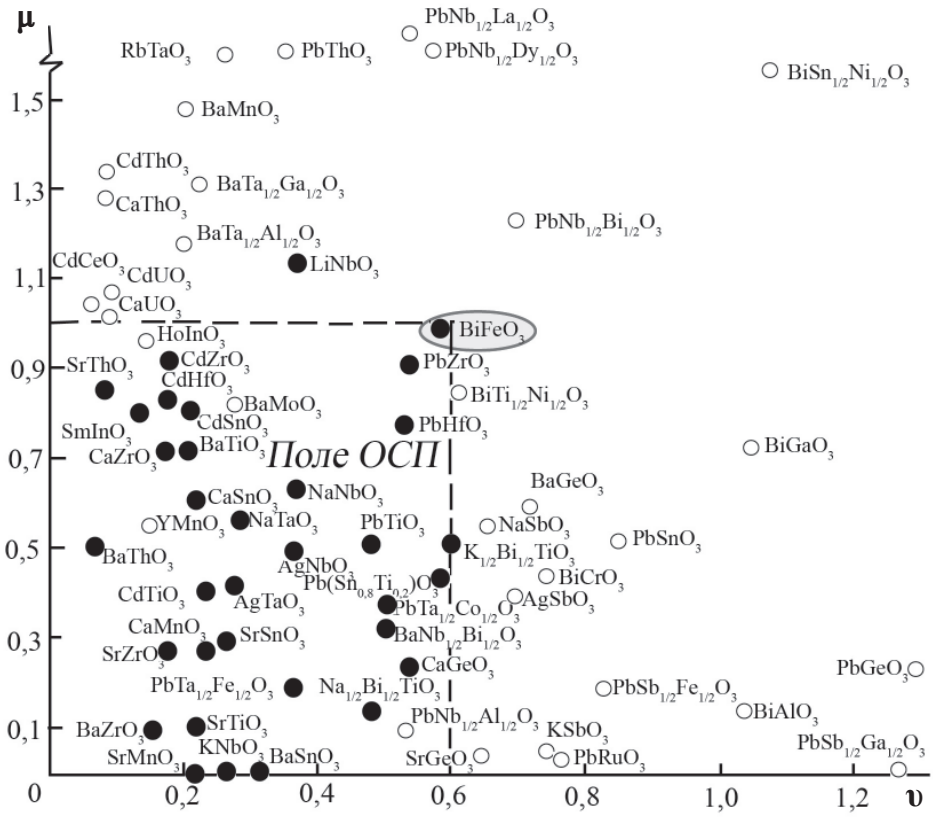


Рис. 3. Диаграмма параметров направленности υ и напряженности μ связей и область существования ОСП (окислов со структурой перовскита)

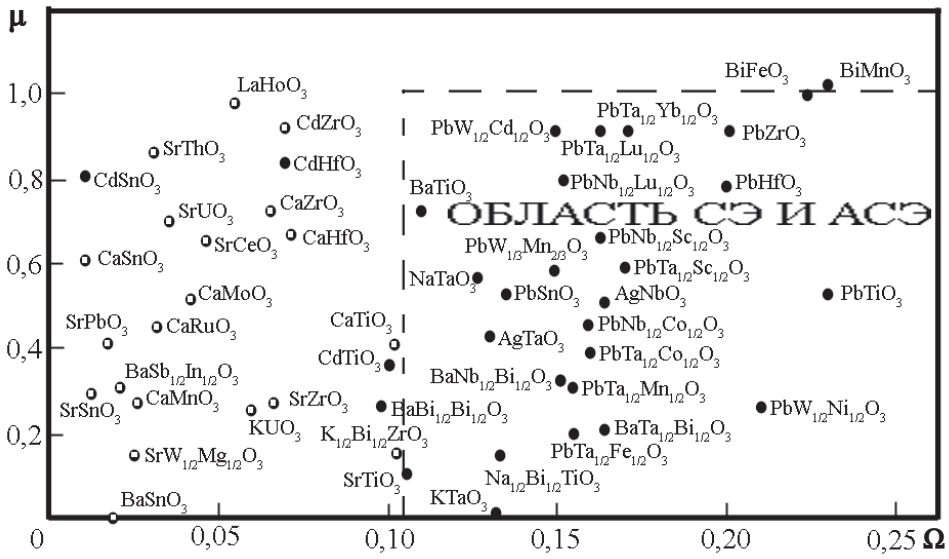


Рис. 4. Диаграмма параметров неравноценности Ω и напряженности μ связей и область существования сегнето- и антисегнетоэлектрических ОСП (окислов со структурой перовскита)

Реакция образования $BiFeO_3$ изучена в [52] с использованием дифференциального термического анализа (ДТА): определено, что смесь Bi_2O_3 + Fe_2O_3 характеризуется 5 эндоэффектами: при 740 °С происходит полиморфное превращение Bi_2O_3, при 790 °С – плавление эвтектики в системе Bi_2O_3 – Fe_2O_3 при 850 °С – фазовый переход $BiFeO_3$, при 920 и 950 °С – инконгруэнтное плавление $BiFeO_3$, что косвенно указывает на то, что образование соединения произошло при температурах ниже 850 °С (рис. 2). Это подтверждается структурными исследованиями, результаты которых показали, что реакция образования соединения начинается при 600 °С [52].

Из диаграммы устойчивости соединений со структурой типа перовскита (рис. 3, 4), видно, что $BiFeO_3$ находится на границе устойчивости структурного типа перовскита как по параметру направленности (ν), так и по параметру напряженности (μ) химических связей [53]. В ряде других работ показано, что уже при температурах твердофазного синтеза $BiFeO_3$ термодинамически неустойчив [22–30].

Таким образом, как отмечалось выше, верхний предел температуры синтеза феррита висмута определяется его инконгруэнтным плавлением и не превышает 920 °С, а вследствие термодинамической неустойчивости $BiFeO_3$ почти всегда содержит примесные фазы.

В ряде работ [34, 54–60] предложены альтернативные методы синтеза феррита висмута основанные на гель технологиях, разложении металлорганических соединений либо применении холодного плазменного разряда. Однако большинство из этих методик не применимы для массового производства.

Механоактивация и закалка. В работе [61] поликристаллический $BiFeO_3$ синтезировали в две стадии методом твердофазных реакций при температурах $T_1 = T_2 = 800$ °С, длительностях изотермических выдержек $\tau_1 = 10$ час., $\tau_2 = 5$ час.; спекание проводили по обычной керамической технологии при $T_{сп.} = 850$ °С в течение 2 час. Механоактивацию шихты, в состав которой входят Bi_2O_3 и Fe_2O_3, осуществляли в шаровой планетарной мельнице АГО-2, сконструированной в институте химии твердого тела и механохимии СО РАН (г. Новосибирск) [62], с частотой вращения барабанов 400 об/мин в течение 10 мин. Режимы синтеза и спекания $BiFeO_3$, приготовленного из механоактивированной шихты: $T = 800$ °С, 2 час., $T_{сп.} = 825$ °С, 10 мин. Закалку (быстрое, со скоростью ~270 град./мин., охлаждение $BiFeO_3$ от $T_{сп.}$ до комнатной температуры) проводили только в последнем случае.

При этом установлено, что на нестабильное поведение диэлектрической проницаемости $BiFeO_3$ оказывают влияние межслоевые, межфазные и внутрифазовые перестройки, которые не сопровождаются сменой симметрии ячейки. Накопление свободных зарядов на поверхностях раздела приводит к диэлектрической дисперсии и потерям в переменных электрических полях, известных под названием Максвелл-Вагнеровская релаксация.

Определены режимы получения, включающие механоактивацию и закалку и позволяющие получить феррит висмута со стабильными диэлектрическими свойствами в высокотемпературной области. Показано, что с применением механоактивации, призванной уменьшить размеры и увеличить объемную площадь реагирующих веществ, и «закалки», способной «заморозить» дефекты и устранить эффект инконгруэнтного плавления, удается значительно ослабить диэлектрическую нестабильность этого соединения эксплуатационных температур.

Заключение

Таким образом, создание магнитоэлектрических материалов нового поколения с техническими характеристиками, многократно превышающими достигнутый уровень, обеспечивающее предпосылки для создания конкурентоспособных мегнито-сегнетоэлектрических технологий записи, хранения и считывания информации с потребительскими свойствами выше мирового уровня, является стратегически важной и осуществимой задачей современного сегнетопьезоматериаловедения. Ее реализация, основанная на применении прорывных технологий и инновационных методов дизайна перспективных материалов, является одним из наиболее вероятных направлений научно-технической революции 21 века.

Список литературы

1. Резниченко Л.А., Вербенко И.А. Бессвинцовое сегнетопьезоматериаловедение: ретроспектива–современность–прогнозы // Инноватика и экспертиза. № 1(10). 2013 г. С. 227–236.

2. Смоленский Г.А., Чупис И.Е. Сегнетомагнетики // УФН. 1982 г, vol. 137, 415 p.

3. Астров Д.Н. Магнитоэлектрический эффект в окиси хрома // ЖЭТФ. Т. 40. 1961 г. № 4. С. 1035–1041.

4. Rado G.T., Ferrari J.M., Maisch W.G. // Phys. Rev. 1984. B. 29. 4041.

5. Wang J. // Science, vol. 299, 1719 p. (2003).

6. Звездин А.К., Пятаков А.П. Фазовые переходы и гигантский магнитоэлектрический эффект в мульти-ферроиках // УФН. 1991 г. Т. 174. № 4. С. 465–470.

7. Selbach S.M. Structure, stability and phase transitions of multiferroic $BiFeO_3$ // Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. Tronghaim. 213 p. (2009).

8. Вербенко И.А. Многокомпонентные мультифункциональные электроактивные среды с различной термодинамической предысторией // Дисс. канд. физ.-мат. наук. Ростов-на-Дону. 2009 г. 242 с.

9. Lopatin S., Lopatina I., Lisnevskaya I. Magnetoelectric PZT/ferrite composite material // Ferroelectrics vol. 162, pp. 63–68. (1994).

10. Sundaresan A., C.N.R. Rao, Nano Today 4, 96. (2009).

11. Фесенко Е.Г. Новые пьезокерамические материалы / Е.Г. Фесенко, А.Я. Данцигер, О.Н. Разумовская // Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ. 1983 г. 160 с.

12. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electronic equipment // Official Journal of the European Union. 2003. № 37, pp. 19–23.

13. Веневцев Ю.И., Гагулин В.В., Любимов В.Н. Сегнетомагнетики // М.: Наука. 1982 г. 223 с.

14. Wang J., Nagarajan J.B., Zheng H., et. al. Epitaxial $BiFeO_3$ Multiferroic Thin Film Heterostructures // Science, vol. 299, pp. 1719 (2003).

15. Звездин К., Пятаков А. Фазовые переходы и гигантский магнитоэлектрический эффект в мультиферроиках // Успехи физических наук. 2004 г. Т. 174. С. 465.

16. Preller W., Singh M.P., Murugavel P. The single-phase multiferroic oxides: from bulk to thin film // J. Phys.: Condens. Matter, vol. 17, pp. 803–832. (2005).

17. Li Q.C., Liu J.-M. Three-sublattice mean-field approach for magnetoelectric coupling in multiferroics // Physical Review B. 75. 064415. (2007).

18. Залесский А.В., Звездин А.К., Фролов А.А., Буш А.А. Пространственно-модулированная структура в $BiFeO_3$ по результатам исследования спектров ЯМР на ядрах ^{57}Fe // Письма в ЖЭТФ, 2000 г. Т. 71. № 11. С. 682.

19. Залесский А.В., Фролов А.А., Химич Т.А., Буш А.А. Концентрационный переход спин-модулированной структуры в однородное антиферромагнитное состояние в системе $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ по данным ЯМР на ядрах ^{57}Fe // ФТТ. 2003 г. Т. 45. № 1. С. 134.

20. Командин Г.А., Торгашев В.И., Волков А.А., Породинков О.Е., Спектор И.Е., Буш А.А. Оптические свойства керамики $BiFeO_3$ в диапазоне частот 0,3–30 THz // ФТТ, 2010 г. Т. 52, № 4, С. 684–692.

21. Командин Г.А., Торгашев В.И., Волков А.А., Породинков О.Е., Пронин А.А., Исхакова Л.Д., Буш А.А. Оптические свойства керамики $BiFeO_3$ в диапазоне частот 0,3–30 THz // ФТТ, 2010 г. Т. 54, № 6, С. 1120–1127.

22. Сперанская Е.И., Скориков В.М., Рудь Е.Я., Терехова В.А. Фазовая диаграмма системы окись висмута – окись железа // Изв. АН СССР. 1965 г. Сер. хим. № 5. С. 905–906.

23. Maitre A., Francois M., Gachon J.C. Experimental Study of the Bi_2O_3–Fe_2O_3 Pseudo-Binary System // Journal of Phase Equilibria and Diffusion, vol. 25. № 1. (2004).

24. Selbach Sverre M., Einarsrud M.-A., G. Tor. On the Thermodynamic Stability of $BiFeO_3$ // Chem. Mater, vol. 21, pp. 169–173. (2009).

25. Carvalho T.T., Tavares P.B. Synthesis and thermodynamic stability of multiferroic $BiFeO_3$ // Materials Letters, vol. 62, pp. 3984–3986. (2008).

26. Phapale S., Mishra R., Das D. Standard enthalpy of formation and heat capacity of compounds in the pseudo-binary Bi_2O_3–Fe_2O_3 system // Journal of Nuclear Materials, vol. 373, pp. 137–141. (2008).

27. Palai R., Katiyar R.S., Schmid H., Tissot P., Clark S.J., Robertson J., Redferm S.A.T., Catalan G., Scott J.F. β phase and γ-β metal-insulator transition in multiferroic $BiFeO_3$ // Phys. Rev. B, vol. 77. № 1. P. 014110-1-11. (2008).

28. Картавцева М.С., Горбенко О.Ю., Кауль А.Р., Савинов С.А. Исследование тонких пленок мультиферроика $BiFeO_3$, полученных методом химического осаждения из паров металлоорганических соединений // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. № 1. С. 3–14. (2008).

29. Федулов С.А., Веневцев Ю.Н., Жданов Г.С., Смажевская Е.Г. Высокотемпературные рентгеновские и термографическое исследования феррита висмута // Кристаллография. 1961 г. Т. 6. № 8. С. 795–796.

30. Mukherjee J.L., Wang F.Y. Kinetics of Solid-State Reaction of Bi_2O_3 and Fe_2O_3 // J. Am. Ceram. Soc., vol. 54, pp. 31–34. (1971).

31. Achenbach G.D., James W.J., Gerson R. Preparation of Single-Phase polycrystalline $BiFeO_3$ // J. Am. Ceram. Soc., vol. 50, pp. 437. (1967).

32. Valant M., Axelsson A.-K., Alford N. Peculiarities of a Solid-State Synthesis of Multiferroic Polycrystalline $BiFeO_3$ // Cham. Mater, vol. 19, pp. 5431–5436. (2007).

33. Миллер А.И., Гусев А.А, Вербенко И.А., Шилкина Л.А., Резниченко Л.А. Свойства механоактивированного феррита висмута // Изв. РАН. 2012 г. Сер. Физ. Т. 76. № 7. С. 888.

34. Mazumder R., Chakravarty D., Bhattacharya D., Sen A. Spark plsma sintering of $BiFeO_3$ // Materials Research Bulletin, vol. 44, pp. 555–559.

35. De-Chang Jia, Jia-Huan Xu, Hua Ke, Wen Wang, Yu Zhou. Structure and multiferroic properties of $BiFeO_3$ powders // Journal of the European Ceramic Society, vol. 29, pp. 3099 (2009).

36. Андрюшин К.П., Павелко А.А., Вербенко И.А., Разумовская О.Н., Шилкина Л.А., Алешин В.А., Резниченко Л.А. / Термическая устойчивость и электропроводность мультиферроиков $BiFeO_3$ / РЗЭ // Изв. РАН. Сер. Физ. 2010 г. Т. 75. № 8. С. 1137.

37. Миллер А.И., Гусев А.А., Вербенко И.А., Шилкина Л.А., Андрюшин К.П., Резниченко Л.А. Влияние механоактивации на диэлектрические спектры сегнетомагнетика $BiFeO_3$ // Экология промышленного производства, 2012 г. № 2, С. 65.

38. Миллер А.И., Шилкина Л.А., Вербенко И.А., Павелко А.А., Резниченко Л.А. Диэлектрическая нестабильность феррита висмута: причины и пути устранения // Сборник материалов первого Международного Междисциплинарного симпозиума «Бессвинцовая сегнетопьезокерамика и родственные материалы: получение, свойства, применения (ретроспектива–современность–прогнозы)» («LFFC-2012»). Ростов-на Дону. Б. Сочи. 2012 г. С. 407–417.

39. Садыков Х.А., Вербенко И.А., Резниченко Л.А., Абубакаров А.Г., Шилкина Л.А., Разумовская О.Н., Дудкина С.И. Исследование возможностей повышения термической устойчивости мультиферроика $BiFeO_3$ путем варьирования катионного состава // Конструкции из композиционных материалов. 2013 г. № 2. С. 50–57.

40. Вербенко И.А., Разумовская О.Н., Шилкина Л.А., Резниченко Л.А., Амиров А.А., Батдалов А.Б. Получение, структура и магнитные свойства твердых растворов мультиферроиков $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ // Сборник материалов второго Междисциплинарного Международного Симпозиума «Среды со структурным и магнитным упорядочением» («Multiferroic-2009»). Ростов-на-Дону. Б. Сочи. 2009. С. 27–36.

41. Вербенко И.А., Разумовская О.Н., Шилкина Л.А., Резниченко Л.А., Амиров А.А., Батдалов А.Б. Синтез, кристаллическая структура и магнитная восприимчивость керамических твердых растворов системы $Bi_{1-x}Nd_xFeO_3$ // Сборник материалов второго Междисциплинарного Международного Симпозиума «Среды со структурным и магнитным упорядочением» («Multiferroic-2009»). Ростов-на-Дону. Б. Сочи. 2009 г. С. 37–40.

42. Вербенко И.А., Алешин В.А., Кубрин С.П., Сарычев Д.А., Резниченко Л.А., Амиров А.А., Батдалов А.Б. Зеренное строение, мессбауэровский эффект, диэлектрические и магнитодиэлектрические свойства керамик системы $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ // Сборник материалов второго Междисциплинарного Международного Симпозиума «Среды со структурным и магнитным упорядочением» («Multiferroic-2009»). Ростов-на-Дону. Б. Сочи. 2009 г. С. 172–178.

43. Вербенко И.А., Алешин В.А., Кубрин С.П., Сарычев Д.А., Резниченко Л.А., Амиров А.А., Батдалов А.Б. Микроструктура, мессбауэровский эффект, диэлектрические и магнитоэлектрические свойства керамик системы $Bi_{1-x}Nd_xFeO_3$ // Сборник материалов второго Междисциплинарного Международного Симпозиума «Среды со структурным и магнитным упорядочением» («Multiferroic-2009»). Ростов-на-Дону. Б. Сочи. 2009 г. С. 41–47.

44. Вербенко И.А., Гуфан Ю.М., Кубрин С.П., Амиров А.А., Павелко А.А., Алешин В.А., Шилкина Л.А., Разумовская О.Н., Резниченко Л.А., Осипенко И.А., Сарычев Д.А., Батдалов А.Б. Структура, зеренное строение и физические свойства твердых растворов $Bi_{1-x}A_xFeO_3$ (A = La, Nd) // Известия РАН. Серия физическая. 2010 г. Т. 74. № 8. С. 1192–1194.

45. Uniyal P., Yadav K.L. Study of dielectric? Magnetic and ferroelectric properties in $Bi_{1-x}Gd_xFeO_3$ // Materials Letters, pp. 2858–2861. (2008).

46. Nalwa K.S., Garg A., Upadhyaya A. Effect of samarium doping on the properties of solid-state synthesized multiferroic bismuth ferrite // Materials Letters, vol. 62, pp. 878–881. (2008).

47. Xu J.M., Wang G.M., Wang H.X., Ding D.F., He Yu. Synthesis and weak ferromagnetism of Dy-doped $BiFeO_3$ powders // Materials Letters, vol. 63, pp. 855–857. (2009).

48. Мурашов В.А., Раков, Д.Н., Экономов Н.А., Звездин А.К., Дубенко И.С. Квадратичный магнитоэлектрический эффект в монокристаллах (Bi, La)FeO_3 // ФТТ, 1990 г. Т. 32, № 7, С. 2156–2159.

49. Khomchenko V.A., Kiselev D.A., Selezneva E.K., Vieira J.M., Lopes A.M.L., Pogorelov Y.G., Araujo J.P., Kholkin A.L. Weak ferromagnetism in diamagnetically-doped $Bi_{1-x}A_xFeO_3$ (A = Ca, Sr, Pb, Ba) multiferroics // Materials Letters, vol. 62, pp. 1927–1929, (2008).

50. Jun Y.-K., Hong S.-H. Dielectric and magnetic properties in Co- and Nb-substituted $BiFeO_3$ ceramics // Solid State Communication, vol. 144, pp. 329–333, (2007).

51. Dhahri Ja., Boudard M., Zemni S., Roussel H., Oumezzine M. Structure and magnetic properties of potassium doped bismuth ferrite // Journal of Solid State Chamistry, vol. 181, pp. 802–811 (2008).

52. Разумовская О.Н., Кулешова Т.Б., Рудковская Л.М. Реакции образования $BiFeO_3$, $K_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$ и $Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$ // Неорганические материалы. 1983 г. Т. 19. № 1. С. 113–115.

53. Wang Y.P., Zhou L., Zhang M.F., Chen X.Y., Liu J.-M. Room-temperature saturated ferroelectric polarization in $BiFeO_3$ ceramics synthesized by rapid liquid phase sintering // Appl. Phys. Lett, vol. 84. № 10. P. 1731–1733. (2004).

54. Mishra R.K., Pradhan Dillip K, Choudhary R.N.P., Banerjee A. Dipolar and magnetic ordering in Nd-modified $BiFeO_3$ nanoceramics // Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 320. P. 2602–2607. (2008).

55. R. Mazumder, P. Sujatha Devi, Dipten Bhattacharya, P. Choudhury, A. Sen, M. Raja. Ferromagnetism in nanoscale $BiFeO_3$ // Applied Physics Letters, vol. 91, p. 062510-1-3. (2007).

56. Farhadi S., Zaidi M. Bismuth ferrite ($BiFeO_3$) nanopowder prepared by sucrose-assisted combustion method: a novel and reusable heterogeneous catalyst for acetylaton of amines, alcohols and phenols under solvent-free conditions // J. Mol. Catalysis A: Chemical, vol. 299, pp. 18–25. (2009).

57. Xu J.H., Ke H., Jia D.-Ch., Weng W., Zhou Y. Low-temperature synthesis of $BiFeO_3$ nanopowders via a sol-gel method // J. Alloys and Compounds, vol. 472, pp. 473–477. (2009).

58. He X., Gao L. Synthesis of pure phase $BiFeO_3$ powders in molten metal nitrates // Ceramics International, vol. 35, pp. 975–978. (2009).

59. Mazumder R. Chakravarty D. Bhattacharya D., Sen A. Spark plsma sintering of $BiFeO_3$ // Materials Research Bulletin, vol. 44, pp. 555–559. (2008).

60. Разумовская О.Н., Вербенко И.А., Андрюшин К.П., Павелко А.А., Резниченко Л.А. Оптимизация процессов синтеза и спекания феррита висмута и его твердых растворов с ферритами редкоземельных элементов // Сборник материалов VII Международной научно-технической конференции «Фунда-

ментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC-2009). Москва. МИРЭА: ЦНИИ «Электроника». 2009 г. С. 155–160.

61. Миллер А.И., Шилкина Л.А., Вербенко И.А., Павелко А.А., Резниченко Л.А. Диэлектрическая нестабильность феррита висмута: причины и пути устранения // Сборник материалов первого Международного Междисциплинарного симпозиума «Бессвинцовая сегнетопьезокерамика и родственные материалы: получение, свойства, применения (ретроспектива–современность–прогнозы)» («LFFC-2012»). Ростов-на Дону. Б.Сочи. 2012 г. С. 407–417.

62. Avvakumov E.G., Potkin A.M., Bertznyak V. // Patent RF. №1584203A1, B O2 C17/08. Planetary mill / M. Publ. 18.06.87.

References

1. Reznitchenko L., Verbenko I. (2013) *Bessvintsovoe segnetop'ezomaterialovedenie: retrospektiva–sovremennost'–prognozy* [Lead-free ferroelectric piezoelectric Materials: Retrospective-modernity-forecasts]. *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expertise], no. 1(10), pp. 227–236.

2. Smolensky G., Chupis I. (1982) *Segnetomagnetiki* [Ferroelectromagnets]. *UFN* [UFN], vol. 137, p. 415.

3. Astrov D. (1961) *Magnitoelektricheskiy effekt v okisi khroma* [Magnetoelectric effect in chromium oxide]. *ZhETF* [JETF], vol. 40, no. 4, pp. 1035–1041.

4. Rado G.T., Ferrari J.M., Maisch W.G. (1984) Phys. Rev. B. 29. 4041.

5. Wang J. (2003) Science, vol. 299, 1719 p.

6. Zvezdin A., Piatakov A. (1991) *Fazovye perekhody i gigantskiy magnitoelektricheskiy effekt v mul'tiferroikakh* [Phase transitions and the giant magnetoelectric effect in multiferroics]. *UFN* [UFN], vol. 174, no. 4, pp. 465–470.

7. Selbach S.M. (2009) Structure, stability and phase transitions of multiferroic $BiFeO_3$. Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. Tronghaim. 213 p.

8. Verbenko I. (2009) *Mnogokomponentnye mul'tifunktsional'nye elektroaktivnye sredy s razlichnoy termodinamicheskoy predystoriey* [Multicomponent multifunctional electroactive environment with different thermodynamic histories]. *Diss. kand. fiz.-mat. Nauk* [Diss. Doctor of Physics and Mathematics]. Rostov-on-Don, 242 p.

9. Lopatin S., Lopatina I., Lisnevskaya I. (1994) Magnetoelectric PZT-ferrite composite material. Ferroelectrics, vol. 162, pp. 63–68.

10. Sundaresan A., C.N.R. Rao, Nano Today 4, 96 (2009).

11. Fesenko E.G., Dantsiger A.Ya., Razumovskaya O.N. (1983) *Novye p'ezokeramicheskie materialy* [New piezoceramic materials]. *Izd-vo RGU* [RSU Publishers]. Rostov-on-Don, 160 p.

12. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electronic equipment. Official Journal of the European Union. 2003, no. 37, pp. 19–23.

13. Venevtsev Y., Gagulin V., Lyubimov V. (1982) *Segnetomagnetiki* [Ferroelectromagnets]. *Nauka* [Science]. Moscow, 223 p.

14. Wang J., Nagarajan J.B., Zheng H., et. al. (2003) Epitaxial $BiFeO_3$ Multiferroic Thin Film Heterostructures.Science, vol. 299, 1719 p.

15. Zvezdin K., Piatakov A. (2004) *Fazovye perekhody i gigantskiy magnitoelektricheskiy effekt v mul'tiferroikakh* [Phase transitions and the giant magnetoelectric effect in multiferroics]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Achievements of Physics], vol. 174, 465 p.

16. Preller W., Singh M.P., Murugavel P. (2005) The single-phase multiferroic oxides: from bulk to thin film. J. Phys.: Condens. Matter., vol. 17. pp. 803–832.

17. Li Q.C., Liu J.-M. (2007) Three-sublattice mean-field approach for magnetoelectric coupling in multiferroics. Physical Review B. 75. 064415.

18. Zaleski A., Zvezdin A., Frolov A., Bush A. (2000) *Prostranstvenno-modulirovannaya struktura v $BiFeO_3$ po rezul'tatam issledovaniya spektrov YaMR na yadrakh ^{57}Fe* [Spatially modulated structure in $BiFeO_3$ on the results of the study of NMR spectra of ^{57}Fe nuclei]. *Pis'ma v ZhETF* [JETF Letters], vol. 71, no. 11, 682 p.

19. Zaleski A., Frolov A., Khimich T., Bush A. (2003) *Kontsentratsionnyy perekhod spin-modulirovannoy struktury v odnorodnoe antiferromagnitnoe sostoyanie v sisteme $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ po dannym YaMR na yadrakh ^{57}Fe* [Concentration transition of spin-modulated structure into a uniform antiferromagnetic state in the system $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ according to NMR ^{57}Fe]. *FTT*, vol. 45, no. 1, 134 p.

20. Komandin G., Torgashev V., Volkov A., Porodinkov O., Spektor I., Bush A. (2010) *Opticheskie svoystva keramiki $BiFeO_3$ v diapazone chastot 0,3–30 THz* [The optical properties of $BiFeO_3$ ceramics in the frequency range 0,3–30 THz]. *FTT*, vol. 52, no. 4, pp. 684–692.

21. Komandin G., Torgashev V., Volkov A., Porodinkov O., Pronin A., Iskhakova L., Bush A. (2010) *Opticheskie svoystva keramiki $BiFeO_3$ v diapazone chastot 0,3–30 THz* [The optical properties of $BiFeO_3$ ceramics in the frequency range 0,3–30 THz]. *FTT*, vol. 54, no. 6, pp. 1120–1127.

22. Speranskaya E., Skorikov V., Rud E., Terekhov V. (1965) *Fazovaya diagramma sistemy okis' vismuta – okis' zheleza* [Phase diagram of bismuth oxide – iron oxide]. *Izv. AN SSSR* [Izl. USSR Academy of Sciences]. Ser. Chem., no. 5, pp. 905–906.

23. Maitre A., Francois M., Gachon J.C. (2004) Experimental Study of the Bi_2O_3-Fe_2O_3 Pseudo-Binary System. Journal of Phase Equilibria and Diffusion, vol. 25. no. 1.

24. Selbach Sverre M., Einarsrud M.-A., G. Tor. (2009) On the Thermodynamic Stability of $BiFeO_3$. Chem. Mater, vol. 21, pp. 169–173.

25. Carvalho T.T., Tavares P.B. (2008) Synthesis and thermodynamic stability of multiferroic $BiFeO_3$. Materials Letters, vol. 62, pp. 3984–3986.

26. Phapale S., Mishra R., Das D. (2008) Standard enthalpy of formation and heat capacity of compounds in the pseudo-binary Bi_2O_3-Fe_2O_3 system. Journal of Nuclear Materials, vol. 373, pp. 137–141.

27. Palai R., Katiyar R.S., Schmid H., Tissot P., Clark S.J., Robertson J., Redferm S.A.T., Catalan G., Scott J.F. (2008) β phase and γ-β metal-insulator transition in multiferroic $BiFeO_3$. Phys. Rev. B., vol. 77, no. 1, p. 014110-1-11.

28. Kartavtseva M., Gorbenko O., Kaul A., Savinov S. (2008) *Issledovanie tonkikh plenok mul'tiferroika $BiFeO_3$, poluchennykh metodom khimicheskogo osazhdeniya iz parov metalloorganicheskikh soedineniy* [The study of thin films of multiferroic $BiFeO_3$, obtained by chemical vapor deposition of organometallic compounds]. *Poverkhnost'. Rentgenovskie, sinkhrotronnye i neytronnye issledovaniya* [Surface. X-ray, synchrotron and neutron research], no. 1, pp. 3–14.

29. Fedoulov S., Venevtsev Y., Zhdanov G., Smazhevskaya E. (1961) *Vysokotemperaturnye rentgenovskie i termograficheskoe issledovaniya ferrita vismuta* [High-temperature X-ray and thermographic study of bismuth ferrite]. *Kristallografiya* [Crystallography], vol. 6, no. 8, pp. 795–796.

30. Mukherjee J.L., Wang F.Y. (1971) Kinetics of Solid-State Reaction of Bi_2O_3 and Fe_2O_3. J. Am. Ceram. Soc., vol. 54, pp. 31–34.

31. Achenbach G.D., James W.J., Gerson R. (1967) Preparation of Single-Phase polycrystalline $BiFeO_3$. J. Am. Ceram. Soc., vol. 50, 437 p.

32. Valant M., Axelsson A.-K., Alford N. (2007) Peculiarities of a Solid-State Synthesis of Multiferroic Polycrystalline $BiFeO_3$. Cham. Mater., vol. 19, pp. 5431–5436.

33. Miller A., Gusev A., Verbenko I., Shilkina L., Reznitchenko L. (2012) *Svoystva mekhanoaktivirovannogo ferrita vismuta* [Properties of mechanically activated bismuth ferrite]. *Izv. RAN. Ser. Fiz*. [Math. RAS. Ser. P.], vol. 76, no. 7, 888 p.

34. Mazumder R. Chakravarty D. Bhattacharya D., Sen A. Spark plsma sintering of $BiFeO_3$. Materials Research Bulletin, vol. 44, pp. 555–559.

35. De-Chang Jia, Jia-Huan Xu, Hua Ke, Wen Wang, Yu Zhou. (2009) Structure and multiferroic properties of $BiFeO_3$ powders. Journal of the European Ceramic Society, vol. 29, 3099 p.

36. Andryushin K., Pavelko A., Verbenko I., Razumovsky O., Shilkina L., Aleshin V., Reznitchenko L. (2010) *Termicheskaya ustoychivost' i elektroprovodnost' mul'tiferroikov $BiFeO_3$/RZE* [Thermal stability and electrical conductivity of multiferroic $BiFeO_3$/RZE]. *Izv. RAN. Ser. Fiz*. [Math. RAS. Ser. P.], vol. 75, no. 8, 1137 p.

37. Miller A., Gusev A., Verbenko I., Shilkina L., Andryushin K., Reznitchenko L. (2012) *Vliyanie mekhanoaktivatsii na dielektricheskie spektry segnetomagnetika $BiFeO_3$* [Effect of mechanical activation on the dielectric

spectra of ferroelectromagnet $BiFeO_3$]. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva* [Ecology of industrial production], no. 2, 65 p.

38. Miller A., Shilkina L., Verbenko I., Pavelko A., Reznitchenko L. (2012) *Dielektricheskaya nestabil'nost' ferrita vismuta: prichiny i puti ustraneniya* [Dielectric instability of bismuth ferrite: Causes and Remedies]. *Sbornik materialov pervogo Mezhdunarodnogo Mezhdistsiplinarnogo simpoziuma «Bessvintsovaya segnetop'ezokeramika i rodstvennye materialy: poluchenie, svoystva, primeneniya (retrospektiva–sovremennost'–prognoz)» («LFFC-2012»)* [Collected materials of the first international interdisciplinary symposium «Lead-free poled ferroelectric ceramics and related materials: preparation, properties, applications (Retrospective–Present–Weather)» («LFFC-2012 »)]. Rostov-on-Don, B.Sochi, pp. 407–417.

39. Sadykov H., Verbenko I., Reznitchenko L., Abubakar A., Shilkina L., Razumovsky O., Dudkina S. (2013) *Issledovanie vozmozhnostey povysheniya termicheskoy ustoychivosti mul'tiferroika $BiFeO_3$ putem var'irovaniya kationnogo sostava* [Investigation of the possibilities to increase the thermal stability of multiferroic $BiFeO_3$ by varying cationic composition]. *Konstruktsii iz kompozitsionnykh materialov* [Composite structures], no. 2, pp. 50–57.

40. Verbenko I., Razumovsky O., Shilkina L., Reznitchenko L., Amirov A., Batdalov A. (2009) *Poluchenie, struktura i magnitnye svoystva tverdykh rastvorov mul'tiferroikov $Bi_{1-x}La_xFeO_3$* [Preparation, structure and magnetic properties of solid solutions of multiferroic $Bi_{1-x}La_xFeO_3$]. *Sbornik materialov vtorogo Mezhdistsiplinarnogo Mezhdunarodnogo Simpoziuma «Sredy so strukturnym i magnitnym uporyadocheniem» («Multiferroic-2009»)* [Collection of materials of the second International Interdisciplinary Symposium «Among the structural and magnetic ordering» («Multiferroic-2009»)]. Rostov-on-Don, B.Sochi, pp. 27–36.

41. Verbenko I., Razumovsky O., Shilkina L., Reznitchenko L., Amirov A., Batdalov A. (2009) *Sintez, kristallicheskaya struktura i magnitnaya vospriimchivost' keramicheskikh tverdykh rastvorov sistemy $Bi_{1-x}Nd_xFeO_3$* [Synthesis, crystal structure and magnetic susceptibility of ceramic solid solutions Bi1-xNdxFeO$_3$]. *Sbornik materialov vtorogo Mezhdistsiplinarnogo Mezhdunarodnogo Simpoziuma «Sredy so strukturnym i magnitnym uporyadocheniem» («Multiferroic-2009»)* [Collection of materials of the second International Interdisciplinary Symposium «Among the structural and magnetic ordering» («Multiferroic-2009»)]. Rostov-on-Don, B.Sochi, pp. 37–40.

42. Verbenko I., Aleshin V., Kubrin S., Sarychev D., Reznitchenko L., Amirov A., Batdalov A. (2009) *Zerennoe stroenie, messbauerovskiy effekt, dielektricheskie i magnitodielektricheskie svoystva keramik sistemy $Bi_{1-x}La_xFeO_3$* [Grain structure, Mossbauer effect and dielectric properties of ceramics magnet dielectric system $Bi_{1-x}La_xFeO_3$]. *Sbornik materialov vtorogo Mezhdistsiplinarnogo Mezhdunarodnogo Simpoziuma «Sredy so strukturnym i magnitnym uporyadocheniem» («Multiferroic-2009»)* [Collection of materials of the second International Interdisciplinary Symposium «Among the structural and magnetic ordering» («Multiferroic-2009»)]. Rostov-on-Don, B.Sochi, pp. 172–178.

43. Verbenko I., Aleshin V., Kubrin S., Sarychev D., Reznitchenko L., Amirov A., Batdalo A. (2009) *Mikrostruktura, messbauerovskiy effekt, dielektricheskie i magnitoelektricheskie svoystva keramik sistemy $Bi_{1-x}Nd_xFeO_3$* [Microstructure, Mossbauer effect, dielectric and magnet-electric properties of ceramics system $Bi_{1-x}Nd_xFeO_3$]. *Sbornik materialov vtorogo Mezhdistsiplinarnogo Mezhdunarodnogo Simpoziuma «Sredy so strukturnym i magnitnym uporyadocheniem» («Multiferroic-2009»)* [Collection of materials of the second International Interdisciplinary Symposium «Among the structural and magnetic ordering» («Multiferroic-2009»)]. Rostov-on-Don, B.Sochi, pp. 41–47.

44. Verbenko I., Gufan M., Kubrin S., Amirov A., Pavelko A., Aleshin V., Shilkina L., Razumovskaja O., Reznitchenko L., Osipenko I., Sarychev D., Batdalov A. (2010) *Struktura, zerennoe stroenie i fizicheskie svoystva tverdykh rastvorov $Bi_{1-x}A_xFeO_3$ (A = La, Nd)* [Structure, grain structure and physical properties of solid solutions $Bi_{1-x}A_xFeO_3$ (A = La, Nd)]. *Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya* [Izvestiya. Physical series], vol. 74, no. 8, pp. 1192–1194.

45. Uniyal P., Yadav K.L. (2008) Study of dielectric? Magnetic and ferroelectric properties in $Bi_{1-x}Gd_xFeO_3$. Materials Letters, pp. 2858–2861.

46. Nalwa K.S., Garg A., Upadhyaya A. (2008) Effect of samarium doping on the properties of solid-state synthesized multiferroic bismuth ferrite. Materials Letters, vol. 62, pp. 878–881.

47. Xu J.M., Wang G.M., Wang H.X., Ding D.F., He Yu. (2009) Synthesis and weak ferromagnetism of Dydoped $BiFeO_3$ powders. Materials Letters, vol. 63, pp. 855–857.

48. Murashov V.A., Rakov D.N., Economov N.A., Zvezdin A.K., Dubenko I.S. (1990) *Kvadratichnyy magnitoelektricheskiy effekt v monokristallakh (Bi,La)FeO_3* [Quadratic magneto-electric effect in monocrystals (Bi,La)FeO_3]. *FTT*, vol. 32, no. 7, pp. 2156–2159.

49. Khomchenko V.A., Kiselev D.A., Selezneva E.K., Vieira J.M., Lopes A.M.L., Pogorelov Y.G., Araujo J.P., Kholkin A.L. (2008) Weak ferromagnetism in diamagnetically-doped $Bi_{1-x}A_xFeO_3$ (A = Ca, Sr, Pb, Ba) multiferroics. Materials Letters, vol. 62, pp. 1927–1929.

50. Jun Y.-K., Hong S.-H. (2007) Dielectric and magnetic properties in Co- and Nb-substituted $BiFeO_3$ ceramics. Solid State Communication, vol. 144, pp. 329–333.

51. Dhahri Ja., Boudard M., Zemni S., Roussel H., Oumezzine M. (2008) Structure and magnetic properties of potassium doped bismuth ferrite. Journal of Solid State Chamistry, vol. 181, pp. 802–811.

52. Razumovskaya O., Kuleshov T., Rudkovskaja L. (1983) *Reaktsii obrazovaniya $BiFeO_3$, $K_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$ i $Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$* [Forming of reactions of $BiFeO_3$, $K_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$ and $Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$]. Neorganicheskie materialy [Inorganic Materials], vol. 19, no. 1, pp. 113–115.

53. Wang Y.P., Zhou L., Zhang M.F., Chen X.Y., Liu J.-M. (2004) Room-temperature saturated ferroelectric polarization in $BiFeO_3$ ceramics synthesized by rapid liquid phase sintering. Appl. Phys. Lett., vol. 84, no. 10, pp. 1731–1733.

54. Mishra R.K., Pradhan Dillip K, Choudhary R.N.P., Banerjee A. (2008) Dipolar and magnetic ordering in Nd-modified $BiFeO_3$ nanoceramics. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 320. pp. 2602–2607.

55. Mazumder R., Sujatha Devi P., Bhattacharya Dipten, Choudhury P., Sen A., Raja M. (2007) Ferromagnetism in nanoscale $BiFeO_3$. Applied Physics Letters, vol. 91, pp. 062510-1-3.

56. Farhadi S., Zaidi M. (2009) Bismuth ferrite ($BiFeO_3$) nanopowder prepared by sucrose-assisted combustion method: a novel and reusable heterogeneous catalyst for acetylaton of amines, alcohols and phenols under solvent-free conditions. J. Mol. Catalysis A: Chemical, vol. 299, pp. 18–25.

57. Xu J.H., Ke H., Jia D.-Ch., Weng W., Zhou Y. (2009) Low-temperature synthesis of $BiFeO_3$ nanopowders via a sol-gel method. J. Alloys and Compounds, vol. 472, pp. 473–477.

58. He X., Gao L. Synthesis of pure phase $BiFeO_3$ powders in molten metal nitrates. Ceramics International, vol. 35, pp. 975–978 (2009).

59. Mazumder R., Chakravarty D., Bhattacharya D., Sen A. (2008) Spark plsma sintering of $BiFeO_3$. Materials Research Bulletin, vol. 44, pp. 555–559.

60. Razumovskaja O., Verbenko I., Andryushin K., Pavelko A., Reznitchenko L. (2009) *Optimizatsiya protsessov sinteza i spekaniya ferrita vismuta i ego tverdykh rastvorov s ferritami redkozemel'nykh elementov* [Optimization of processes of synthesis and sintering of bismuth ferrite and ferrite solid solutions with rare earth elements]. *Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fundamental'nye problemy radioelektronnogo priborostroeniya» (INTERMATIC-2009)* [Collected materials of the VII International Scientific and Technological Conference «Fundamental problems of radio-electronic instrument making» (INTERMATIC-2009)]. *MIREA: TsNII «Elektronika»* [MIREA: CRI «Electronics»]. Moscow, pp. 155–160.

61. Miller A., Shilkina L., Verbenko I., Pavelko A., Reznitchenko L. (2012) *Dielektricheskaya nestabil'nost' ferrita vismuta: prichiny i puti ustraneniya* [Dielectric instability of bismuth ferrite: Causes and Remedies]. *Sbornik materialov pervogo Mezhdunarodnogo Mezhdistsiplinarnogo simpoziuma «Bessvintsovaya segnetop'ezokeramika i rodstvennye materialy: poluchenie, svoystva, primeneniya (retrospektiva–sovremennost'–prognozy)» («LFFC-2012»)* [Collected materials of the first international interdisciplinary symposium «Lead-free poled ferroelectric ceramics and related materials: preparation, properties, applications (retrospective-modernity-forecasts)» («LFFC-2012»)]. Rostov-on-Don, B.Sochi, pp. 407–417.

62. Avvakumov E.G., Potkin A.M., Bertznyak V. Patent RF. No. 1584203A1, B O2 C17/08. Planetary mill. M. Publ. 18.06.87.

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВЫХ И АВИАЦИОННЫХ ЛОПАТОЧНЫХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ПОДХОДОВ

И.А. Кривошеев, проф. ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», д-р техн. наук, *krivosh777@mail.ru*
К.Е. Рожков, науч. сотр. ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», *rke85@mail.ru*

Рассматриваются новые подходы, методы и технологии проектирования, изготовления судовых и авиационных лопаточных машин. Описаны новые материалы и конструкторские решения. Показано, что их использование позволит обеспечить конкурентоспособность продукции отечественного судостроения, авиа- и двигателестроения (разрабатываемой судостроительными верфями и заводами, Дивизионами ОАК и ОДК), повысить обороноспособность России и уровень подготовки кадров для высокотехнологических, прежде всего оборонных отраслей промышленности.

Ключевые слова: летательный аппарат, судно, силовая установка, движитель, двигатель, лопаточная машина, компрессор, вентилятор, воздушный, гребной, вертолетный винт, турбина, композиционный, наноструктурный материал, широкохордная, полая лопатка, моноколесо (блиск), проектирование, изготовление, сварка трением, поддержка в эксплуатации.

METHODS OF DESIGN OF MARINE AND AIRCRAFT TURBOMACHINERY USING NEW APPROACHES

I.A. Krivosheyev, Professor, «Ufa State Aviation Technical University», Ph.D. of Engineering, *krivosh777@mail.ru*
K.E. Rojkov, Scientific Researcher, «Ufa State Aviation Technical University», *rke85@mail.ru*

The article considers new approaches, methods and techniques of designing and manufacturing of marine and aircraft turbomachinery. It describes new materials and design solutions. It shows that the use of these methods will ensure the competitiveness of domestic shipbuilding, aircraft and engine designing (developed by domestic shipyards and factories), raising Russia's defense potential and increase the level of training for high-tech, especially in the defense industry.

Key words: aircraft, vessel, power plant, propeller, jet, blade machine, compressor, fan, air, rowing, helicopter propeller, turbine, composite, nanostructured material, wide chord, hollow blade, monowheel (bliske), design, manufacture, friction welding, support in operation.

Введение

Выполненный анализ показал, что в настоящее время во всех промышленно развитых странах при создании судов и летательных аппаратов (ЛА) новых поколений, их двигателей и движителей, силовых установок (СУ), в т. ч. вспомогательных (ВСУ), большое внимание уделяется не только повышению тактико-технических данных, но и надежности, удобству эксплуатации и сокращению эксплуатационных затрат. Это достигается за счет создания судов и ЛА, а также двигателей новых поколений с улучшенными тактико-техническими данными (ТТД), экономичностью, ресурсом, удобством обслуживания и поддержки в эксплуатации (в зарубежной терминологии support – «поддерживаемость»).

В России поставлена задача обеспечения конкурентоспособности продукции отечественного судо- и авиастроения. В связи с вступлением России в ВТО такая конкуренция обострилась как на внешнем, так и на внутреннем рынке. Создание конкурентоспособных лопаточных машин (ЛМ) современными методами связано с продукцией, разрабатываемой судостроительными компаниями, Объединенной авиастроительной корпорации (ОАК), Дивизионами Объединенной двигателестроительной корпорации (ОДК). Решение этой задачи имеет большое значение для развития экономики страны и обеспечения ее обороноспособности. При этом одновременно должна решаться проблема подготовки кадров (способных преодолеть допущенное отставание) для высокотехнологических, прежде всего, оборонных отраслей промышленности.

В области гражданского и военного судостроения и авиации, обозначился переход к созданию новых судов и летательных аппаратов V поколения в условиях жесткой конкуренция с зарубежными фирмами, при этом на передний план выходят их ТТД, сроки создания новых изделий, надежность и удобство эксплуатации. В этой связи в России активно развиваются новые подходы к проектированию ЛМ, используемых в составе судовых и авиационных двигателей и движителей.

Новые методы проектирования и изготовления судовыхи авиационных лопаточных машин

Лопаточные машины являются основным элементом современных судовых и авиационных двигателей и движителей. Это компрессоры, турбины, воздушные, гребные, вертолетные винты. Их характеристики, надежность, удобство эксплуатации в существенной мере определяют соответствующие характеристики двигателей, судов и ЛА в целом. В настоящее время развиваются новые подходы к проектированию лопаточных машин:

– метод отслеживания струй (МОС);

– использование подвижных Лагранжевых сеток;

– обобщение экспериментальных данных с учетом закономерностей изменения характеристик решеток профилей, ступеней, каскадов и ЛМ, их использования при планировании новых экспериментов и испытаний, при диагностике состояния ЛМ и т. п.

Все шире используются новые конструкторские решения – биротативные схемы, широкохордные и полые лопатки, рабочие моноколеса (блиски), лопатки с искривленными передними и задними кромками. Возможность их применения тесно связана с использованием новых материалов – композиционных (с полимерной и металлической матрицей), наноструктурных и т. п., а также новых технологий изготовления – сварки трением при изготовлении моноколес (блисков), специальных технологий изготовления полых лопаток и лопаток из композиционных материалов. Такие работы ведутся в рамках Дивизиона ОДК «Двигатели для боевой авиации» в кооперации ряда предприятий (ОАО «УМПО», ОАО «НПП Мотор», ОАО «УАП Гидравлика», ОАО «КумАПО») с участием УГАТУ (рис. 1).

За рубежом работы по совершенствованию ЛМ и методов их проектирования и изготовления активно ведутся также в рамках интернациональных комплексных программ по развитию авиации, в том числе газотурбинных двигателей. В числе этих программ:

– *IHPTET* – программа Integrated High Performance Turbine Engine Technology (создания революционных технологий для улучшения характеристик силовых установок при низкой стоимости их производства и технического обслуживания для новейших и существующих самолетов), развернута по инициативе Министерства обороны США (участвуют ВВС, ВМФ, DARPA, NASA; университеты и основные авиадвигателестроительные компании США – Allison, AADC, Rolls-Royce North America, RRNA, GE, PW, WI, Allied Signal Engines, Honeywell и Teledyne Ryan Aeronautical.

– *Flightpath 2050* – Europe's Vision for Aviation – программа развития авиационной отрасли а рамках ЕС.

– *Engine 3E* – программа разработки двигателя следующего поколения (участвуют компании: MTU Aero Engines, RRD, DLR; университеты и промышленность при поддержке пра-

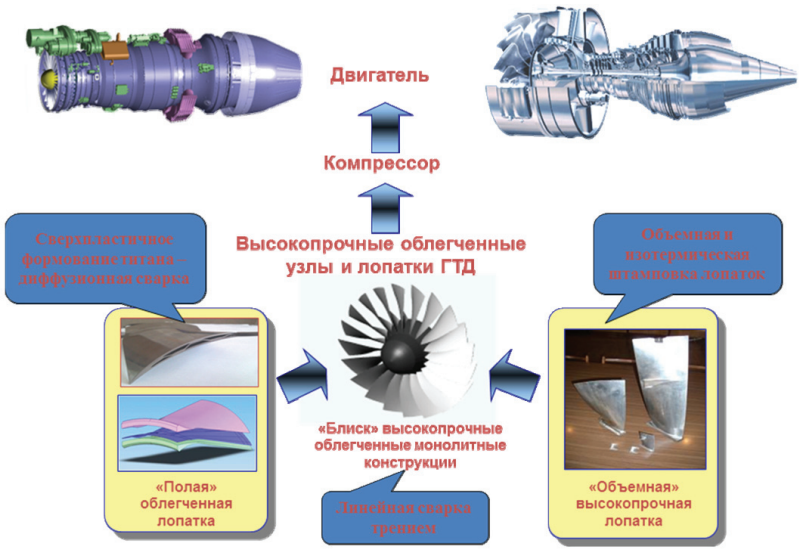


Рис. 1. Лопаточные машины в составе разрабатываемых газотурбинных двигателей (ГТД) с применением новых технологических решений

вительства Германии и т. д.). В требования к перспективному двигателю в части ЛМ включены повышенный КПД и сниженный уровень шума (не менее чем на 10 дБ по сравнению с современными образцами).

При проектировании компрессора, размеры проточной части, число ступеней и их параметры определяются в результате газодинамического расчета. При этом обычно расчет ведется только для одного режима, который называется расчетным. Для определения параметров компрессора на других режимах используются характеристики компрессоров, полученные экспериментально. Поскольку на ранних этапах проектирования экспериментальные характеристики отсутствуют, проектировщик принимает решения в условиях неопределенности. Существуют различные подходы к математическому описанию процессов, протекающих в осевых компрессорах, которые позволяют получать расчетным путем характеристики осевых компрессоров. К наиболее известным методам расчета можно отнести использование обобщенных характеристик ступеней компрессора, метод сложения различных видов потерь в лопаточных венцах и численное моделирование течения в лопаточных венцах.

Одним из подходов является использование обобщения экспериментальных данных для выявления закономерностей изменения характеристик решеток профилей, ступеней, каскадов ЛМ. В ЦИАМ им. П.И. Баранова учеными Л.Е. Ольштейном и В.Г. Процеровым разработан метод расчета характеристик осевых компрессоров с использованием обобщенных характеристик ступеней осевого компрессора [3]. Данный метод базируется на параметрах лопаточных венцов на среднем радиусе и не требует определения параметров потока в лопаточном венце на различных радиусах с последующим интегрированием параметров потока по высоте проточной части. Обобщенные характеристики ступеней получены по результатам обработки большого количества экспериментальных характеристик отдельных ступеней в широком диапазоне изменения входных параметров ступени компрессора. В то же время эти результаты мало зависят от геометрии исследуемых решеток профилей и поэтому характеристики, рассчитанные с помощью этого метода, неточны.

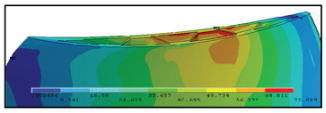
Авторами предлагается [4] по методу Н.Е. Жуковского дополнительно выделять вдоль всей проточной части (ПЧ) компрессора на разных уровнях (вдоль поверхностей тока) элементарные каналы (как совокупность элементарных ступеней) и это позволяет на выходе из

компрессора получать параметры, различные по высоте лопатки (эпюры). В том случае, если элементарный канал построен вдоль наружного корпуса или втулки ротора, меридиональное сечение соответствующей поверхности тока может быть получено достаточно просто. Для промежуточных по высоте ПЧ поверхностей тока это делается путем итераций с учетом условий равновесия (вследствие того, что в сечениях с большей окружной скоростью потока имеется больший радиальный градиент статического давления, траектории частиц отклоняются к периферии). Если промежуточные поверхности тока выделяются для равновеликих кольцевых сечений на входе в компрессор, это упрощает осреднение и получение интегральных параметров и характеристик отдельных лопаточных венцов, ступеней и компрессора в целом.

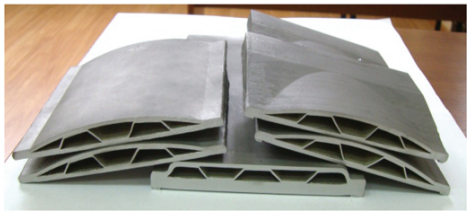
Выявленные характеристики решеток профилей могут быть использованы для получения интегральных характеристик лопаточного венца, ступени, компрессора в целом. Данный метод позволяет, например, по известной геометрии элементарных решеток профилей и по известным параметрам потока на входе в решетку рассчитать параметры потока на выходе из решетки. Для упрощения расчетов предполагаем, что поток осесимметричный, то есть не учитываются изменение параметров потока в окружном направлении. Предполагается, что изменение параметров потока поперек межлопаточного канала решетки, можно с достаточной степенью точности заменить осредненными данными. В дополнение к допущению об осесимметричности течения предполагается, что все радиальные перетекания происходят внутри межлопаточных каналов, а за пределами решеток поток находится в условиях радиального равновесия. В этом случае уравнение течения в радиальном направлении возможно упростить. Упрощенную теорию радиального равновесия можно использовать для расчетов потока с разделением проточной части несколькими линиями тока [2]. Расчетные осевые сечения располагаются в осевых зазорах между венцами лопаток. Расход в каждой такой части предлагается рассчитывать с помощью уравнения расхода в интегральной форме. Полученные расчетным путем характеристики компрессора является исходными данными при решении одной из ключевых задач на различных стадиях – от эскизного проектирования до технического проекта.

Достоверная характеристика компрессора (каскада компрессора) позволяет рассчитать характеристики разрабатываемого изделия на установившихся (нагрузочная и климатическая характеристики) и на неустановившихся режимах (динамическая характеристика ГТД) с высокой точностью. При проектировании компрессора предложенный метод позволяет производить выбор геометрических параметров лопаточных венцов, а в эксплуатации – производить учет влияния на характеристики изменения геометрии лопаток (за счет эрозии, загрязнения и т. д.). Метод позволяет заранее проанализировать влияние загрязнения и эрозии лопаток на изменение характеристик узлов, а по результатам идентификации модели установки решить обратную задачу – выявить фактические значения загрязнений и эрозии в конкретных венцах и ступенях.

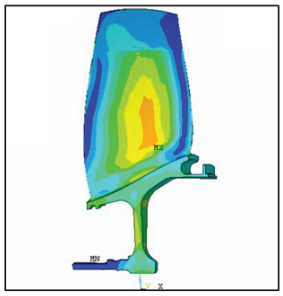
Еще одним эффективным методом расчета является использование подвижных лагранжевых сеток [5]. При построении этих сеток руководствуются, прежде всего, особенностями рассматриваемого течения и необходимостью достижения приемлемой точности при использовании определенного метода решения систем уравнений, описывающих течения сплошных сред. Существенное значение при выборе конфигураций сеток играют квалификация и профессиональное «чутье» вычислителя. Построенные в начале расчета, сеточные линии, как правило, остаются неизменными в течение всего процесса расчета. Такой подход хорошо зарекомендовал себя при описании известных стационарных режимов течения сред, в которых отсутствуют линии раздела в жестких границах. При наличии в поле течения границ раздела между областями с различными веществами или различными температурами такие границы (при описанном выше подходе) оказываются распределенными на несколько ячеек расчетной сетки из-за особенностей используемого численного метода.



а

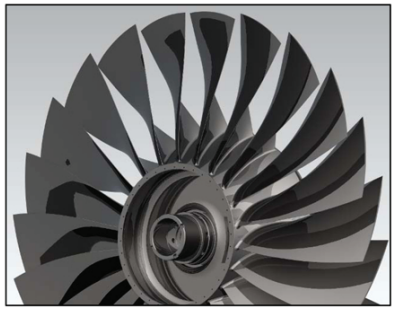


б



в

г



д

Рис. 2. Полые лопатки вентилятора, рабочее колесо типа блиск и результаты моделирования НДС

а – результаты расчета НДС (напряженно-деформированного состояния) полой лопатки; *б* – заготовки пера полой вентиляторной лопатки; *в* – результаты расчета НДС рабочего колеса с широкохордной лопаткой; *г* – заготовка пера полой лопатки; *д* – рабочее моноколесо (блиск), изготовленное с применением линейной сварки трением

При этом объясняется парадоксальный факт возникновения вихревых форм течения совершенного газа, образующихся на фиксированных сетках при численном моделировании течений за кормовыми частями плохообтекаемых тел. В случае же моделирования течений сред с учетом движения жестких, связанных границ вышеописанный подход является полностью неприемлемым, так как сеточные линии не могут быть фиксированными, а должны подстраиваться под положения границ с меняющимися во времени координатами (например – течения, образующиеся при колебании тел). В этой связи ведется разработка методов расчета течений сред, использующих подвижные, так называемые лагранжевые сетки.

Рабочая лопатка авиационного двигателя при движении относительно статорных решеток испытывает периодические воздействия как от следовой и потенциальной неравномерности течения, порождаемого предыдущей решеткой статора, так и от потенциальной неравномерности потока, порождаемого последующей решеткой. Установленные факты нестационарного взаимодействия и разработанный математический аппарат позволяют поставить практическую задачу оптимизации взаимного расположения статорных венцов в многоступенчатой турбомашине с целью снижения амплитуд возбуждающих нагрузок, приводя-

щих к вибрациям рабочих лопаток в случае, когда окружные шаги неподвижных решеток равны или кратны. Предложенный в свое время авторами метод выделения «эквивалентных каналов», описывающих движение частицы вдоль проточной части одновременно в абсолютном и в относительном движении, который в [5] называют МОС, позволяет с достаточной для инженерной практики точностью описывать различные газодинамические процессы в решетках турбомашин в числе которых: клокинг-эффект, нестационарное взаимодействие решеток и в частности явления аэроупругости и процессы сегрегации течений газа в межлопаточных каналах. Он позволяет оптимизировать геометрию лопаточных венцов, в том числе подобрать кривизну передних и задних кромок лопаток.

Новые методы расчета позволяют использовать клокинг-эффект (подбор соответствующего взаимного расположения лопаточных венцов в роторе и в статоре, когда на характерных режимах межлопаточные каналы в соответствии с МОС удается наилучшим образом организовать движение струй в относительной и абсолютной системах координат). Кроме того, широкохордные композитные лопатки позволяют избежать развития колебаний и одновременно получить высоконагруженные ступени, что обеспечивает уменьшение массы и габаритов каскадов компрессоров. При этом обеспечивается демпфирование колебаний в широкохордных композитных лопатках и повышается их возможность противостоять развитию трещин, работать при наличии дефектов).

Полые лопатки винтов, винтовентиляторов и вентиляторов позволяют реализовать большую степень двухконтурности и обеспечить низкие значения удельного расхода топлива, тем самым повысить экономичность и дальность ЛА. Биротативные турбины и гребные, воздушные и вертолетные винты позволяют повысить эффективность, уменьшить массу и габариты силовых установок, снизить заметность судов (в т. ч. подводных), обеспечить соблюдение норм по шуму и т. д.

Перечисленные методы позволяют реализовать требования к двигателям V и VI поколения – повышение надежности за счет уменьшения числа деталей (путем замены традиционных рабочих колес блисками.

Выводы

В настоящее время при проектировании и изготовления судовых и авиационных ЛМ требуется использование новых подходов, методов, материалов, конструкторских решений и технологий. В России (в вузах, отраслевых НИИ, ОКБ и на заводах) имеется достаточное количество специалистов в этой области и производственные мощности. Поэтому имеется возможность и представляется целесообразным развернуть соответствующие НИР и НИОКР. Их реализация позволит обеспечить высокие характеристики и конкурентоспособность продукции отечественного судостроения, авиа- и двигателестроения, повысить обороноспособность России, а также уровень подготовки кадров для высокотехнологических (прежде всего оборонных) отраслей промышленности.

Список литературы

1. Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний по созданию перспективных авиационных двигателей (аналитический обзор) / Под общей редакцией В.А. Скибина, В.И. Солонина. М.: ЦИАМ, 2004. 424 с.

2. Белоусов А.Н., Мусаткин Н.Ф., Радько В.М., Кузьмичев В.С. Проектный термогазодинамический расчет основных параметров авиационных лопаточных машин; Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2006. 316 с.

3. Ольштейн Л.Е., Процеров В.Г. Метод расчета осевого компрессора по данным продувок плоских решеток // Труды ЦИАМ № 150. -М.: Изд-во «Бюро Новой Техники», 1948. 64 с.

4. Кривошеев И.А., Рожков К.Е. Развитие методов анализа и расчета характеристик решеток профилей осевых компрессоров // Вестник Иркутского государственного технического университета. № 2(61), 2012, с. 26–32.

5. Лапотко В.М., Кухтин Ю.П. Преимущества использования подвижных, лагранжевых сеток при численном моделировании течений сплошных сред. В сб.: Авиационно-космическая техника и технология. Вып. 19. Тепловые двигатели и энергоустановки. Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т «Харьковский авиационный институт», 2000, с. 88–92.

References

1. (2004) *Raboty vedushchikh aviadvigatelestroitel'nykh kompaniy po sozdaniyu perspektivnykh aviatsionnykh dvigateley (analiticheskiy obzor). Pod obshchey redaktsiey V.A. Skibina, V.I. Solonina* [The work of leading Aero engine manufacturing companies on development of advanced aircraft engines (analytical review). Under the General editorship of V.A. Skibin, V.I. Solonin], *TsIAM* [CIAM], Moscow, p. 424.

2. Belousov A., Musatkin N., Radko V., Kuzmichev V. (2006) *Proektnyy termogazodinamicheskiy raschet osnovnykh parametrov aviatsionnykh lopatochnykh mashin; Samar. gos. aerokosm. un-t* [Project thermo- gas-dynamic calculation of basic parameters of aviation turbomachinery; Samar. Reg. Aerospace. Univ], Samara, p. 316.

3. Olshteyn L., Protserov V. (1948) *Metod rascheta osevogo kompressora po dannym produvok ploskikh reshetok* [Method of calculation of the axial compressor based on purging plane gratings data] *Trudy TsIAM* [Proceedings of CIAM]. *Izd-vo «Byuro Novoy Tekhniki»* [Publ. «New Engineering Bureau»], Moscow, no. 150, p. 64.

4. Krivocheev I., Rozhkov K. (2012) *Razvitie metodov analiza i rascheta kharakteristik reshetok profiley osevykh kompressorov* [Development of methods of analysis and calculation of the characteristics of lattices profiles axial compressors]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of the Irkutsk State Technical University], no. 2(61), pp. 26–32.

5. Lapotko V., Kuhtin Y. (2000) *Preimushchestva ispol'zovaniya podvizhnykh, lagranzhevykh setok pri chislennom modelirovanii techeniy sploshnykh sred. V sb.: Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya. Vyp. 19. Teplovye dvigateli i energoustanovki* [Benefits of using mobile, Lagrangian grids for numerical modeling of continuum flows. In Sat.: Aerospace engineering and technology. MY. 19. Heat engines and power plants]. *Gos. aerokosmicheskiy un-t «Khar'kovskiy aviatsionnyy institut»* [Kharkov State Aerospace Univ. «Kharkov Aviation Institute»], Kharkov, pp. 88–92.

БИОМЕДИЦИНСКИЕ И БИОСЕНСОРНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

И.В. Яминский, проф. каф. физич. фак. МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р физ.-мат. наук, *yaminsky@nanoscopy.net*
О.В. Синицына, науч. сотр. Института элементоорганических соединений РАН, канд. хим. наук, *sinitsyna@gmail.com*
Г.Б. Мешков, науч. сотр. физич. фак. МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. физ.-мат. наук, *meshkov@polly.phys.msu.ru*
А.С. Ерофеев, науч. сотр. физич. фак. МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. физ.-мат. наук, *erofeev@polly.phys.msu.ru*
П.В. Горелкин, науч. сотр. хим. фак. МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. физ.-мат. наук, *peter.gorelkin@gmail.com*

В настоящей работе представлены данные по изучению нуклеиновых кислот, белков, бактерий, клеток и тканей животных с помощью сканирующей зондовой микроскопии. Продемонстрированы возможности сканирующих зондовых микроскопов и атомных весов по регистрации сверхмалых количеств химических и биологических веществ (на уровне отдельных молекул) в газовых и жидких средах.

Ключевые слова: сканирующая зондовая микроскопия, атомно-силовая микроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, биомакромолекулы, ДНК, РНК, белки, бактериальные клетки, атомные весы, клетки животных, наносенсоры.

BIOMEDICAL APPLICATIONS AND BIOSENSOR SCANNING PROBE MICROSCOPY

I.V. Yaminsky, Professor Department, Physics Faculty of Lomonosov Moscow State Univercity, Ph.D. of Physics and Mathematics, *yaminsky@nanoscopy.net*
O.V. Sinitsina, Scientific Researcher, RAS Institute of Elementary Organic Compounds, Doctor of Chemistry, *sinitsyna@gmail.com*
G.B. Meshkov, Scientific Researcher, Physics Faculty of Lomonosov Moscow State Univercity, Doctor of Physics and Mathematics, *meshkov@polly.phys.msu.ru*
A.C. Yerofeyev, Scientific Researcher, Physics Faculty of Lomonosov Moscow State Univercity, Doctor of Physics and Mathematics, *erofeev@polly.phys.msu.ru*
P.V. Gorelkin, Scientific Researcher, Chemical Faculty of Lomonosov Moscow State Univercity, Doctor of Physics and Mathematics, *peter.gorelkin@gmail.com*

This article presents results of analysis of nucleic acids, proteins, bacteria, cells and tissues of animals using a scanning probe microscopy. Capabilities of scanning probe microscopes and atomic weights registration ultrasmall amounts of chemical and biological substances (at the level of individual molecules) in gaseous and liquid media.

Key words: scanning probe microscopy, atomic force microscopy, scanning tunneling microscopy, biomacromolecules, DNA, RNA, proteins, bacterial cells, atomic scales, animal cells, nanosensors.

Наблюдение биологических объектов – наиболее увлекательное направление сканирующей зондовой микроскопии [1]. Природа создает основные строительные единицы – нук-

леиновые кислоты, белки, полисахариды и другие наноструктуры – с точностью, недостигаемой в настоящее время человеком в его производственной деятельности. Не только химический состав этих биомакромолекул, но и их форма играет в биологии существенную роль. Например, белковая молекула в разных пространственных расположениях может обладать существенно различной ферментативной активностью. Смещение реакционного центра фермента на ничтожные значения может приводить к потере его ферментативной активности. Самые маленькие «биомашины» – белки АТФ-синтазы, имеющие неподвижный статор и подвижный ротор. Линейная плотность записи информации в ДНК или РНК находится в области абсолютных рекордов.

Бактериальная клетка – практически минимальная форма живого организма. Ее размер может не превышать нескольких микрон. При этом она во много раз меньше любого искусственного устройства, созданного человеком, способного к перемещению в пространстве или к организации химических реакций.

Сканирующая зондовая микроскопия позволяет заглянуть в мир молекулярной биологии, микробиологии, выработать практические рекомендации для молекулярной медицины. Биологические наблюдения в зондовой микроскопии имеют по сравнению с другими приложениями определенные и существенные особенности. Биологические объекты, как правило, имеют пониженную механическую жесткость. Соответственно, это требует применения деликатных способов сканирования их поверхности. Зондовая микроскопия не может наблюдать изолированные биомакромолекулы, например, свободно плавающие в буферных растворах, а требует их закрепления на твердой подложке. В связи с этим методики фиксации конкретных биообъектов должны быть тщательно продуманы, апробированы и проверены на практике. В зондовой микроскопии хорошо известны случаи, когда поспешные и непроверенные действия приводили к большим конфузам. Так, ступени на пиролитическом графите были приняты за молекулы ДНК, при этом наблюдаемый пространственный период ошибочно сопоставлялся с чередованием отдельных пар оснований [2]. Впоследствии аккуратно выполненные работы показали, что ДНК-подобные структуры наблюдаются на чистом графите [3]. Выбор подложки играет ключевую роль по ряду причин. Подложка должна оказывать минимальное влияние на конформационное состояние биомакромолекул и биообъектов. С другой стороны, сцепление с подложкой должно быть достаточного уровня, чтобы при взаимодействии с зондом микроскопа не происходило открепление от подложки наблюдаемого объекта. Многие объекты молекулярной биологии имеют характерный размер в несколько нанометров, поэтому используемые подложки обязаны иметь шероховатость как минимум на порядок меньше. Традиционные подложки для нано- и микрообъектов биологии – это графит и слюда. Оба этих материала легко скалываются по плоскости спайности, обнажая две абсолютно чистых кристаллических плоских поверхности. Некоторые трудности возникают в необходимости дальнейшей химической обработки этих поверхностей с той целью, чтобы они стали пригодными для адсорбции биомакромолекул или адгезии больших объектов, например, бактерий.

В настоящей статье мы рассмотрим вначале методы и результаты наблюдения конкретных объектов, затем остановимся на рассмотрении уникальных возможностей зондовой микроскопии, недостижимых в других методах, – измерениях механических свойств нуклеиновых кислот, белков, вирусных частиц, бактериальных клеток. Посмотрим также достигнутые успехи в наблюдении более больших биообъектов на примере наблюдения структуры человеческого волоса. Сделаем небольшой экскурс в технику создания биосенсоров и биочипов.

Но сначала скажем несколько слов о месте зондовой микроскопии среди других аналитических методов высокого разрешения. Надо заметить, что растровая и просвечивающая электронная микроскопия, работающая в вакууме, дает более высокое пространственное разрешение при наблюдении нуклеиновых кислот, белковых молекул и вирусных частиц по

сравнению с зондовой микроскопией в вакууме или на воздухе. Электронная микроскопия позволяет увидеть упаковку белковых субъединиц оболочки вируса табачной мозаики или вируса полиомиелита. Разрешение такого качества не достигнуто в зондовой микроскопии. Однако при наблюдениях в жидкостях, конкурентов у зондовой микроскопии практически нет. В защиту зондовой микроскопии можно сделать и следующее важное замечание. Электронная микроскопия лучше передает ширину объектов, однако измерение высоты весьма затруднено. Напротив, зондовая микроскопия дает непосредственные измерения высоты наблюдаемых объектов. В отличие от электронной микроскопии, данные зондовой микроскопии – это трехмерные изображения, в которых присутствуют латеральные размеры, а также и высота. Методы ядерного магнитного резонанса и рентгено-структурного анализа при измерениях на кристаллах также дают больше информации о строении биомакромолекул и взаимном расположении отдельных атомов, составляющих биомакромолекулы. Конкурировать на этом поле зондовая микроскопия не может. Однако у зондовой микроскопии нет конкурентов для того случая, когда нужно детально рассмотреть структуру точечного дефекта или дислокации на поверхности кристалла. Методы ядерного магнитного резонанса или рентгено-структорного анализа считывают сигналы поступающие от многих миллионов одинаковых молекул, что позволяет судить о структуре одной из таких молекул. В этом смысле – это методы интегральные (необходимо много молекул), а зондовая микроскопия – метод локальный и может изучать одиночную молекулу или их небольшой ансамбль.

Аппаратура для сканирующей зондовой микроскопии. Современная медицина становиться все более персонализированной. Методики лечения и новые эффективные терапии неизбежно должны по максимуму соответствовать конкретным особенностям каждого пациента в отдельности. Такие условия формируют высокую потребность в технологических комплексах, способных быстро и всесторонне анализировать биологический материал индивидуального человека на уровне отдельных клеток и биомакромолекул. Для этих целей как нельзя кстати подходит сканирующая зондовая микроскопия. Эффективная интеграция большого количества методов анализа и предельно высокая чувствительность этих методов делает платформу уникальной и необходимой во многих отраслях современной диагностической медицины.

На сегодняшний день атомно-силовая микроскопия – единственный метод, который позволяет продвинуть микрохирургию на наноуровень, удовлетворить возросшие требования к точности, воспроизводимости и автоматизации воздействия на клетки и придать новый импульс развитию клеточных технологий, в том числе и для медицинской практики.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) является современным и перспективным методом, применяемым в научных исследованиях. Основными преимуществами АСМ являются:

– возможность получать трехмерное изображение исследуемых объектов с разрешением до атомарного и молекулярного;

– возможность исследовать объекты, находящиеся в жидкой среде;

– высокая пространственная точность и локализация воздействия методом силовой нанолитографии.

Суть силовой нанолитографии состоит в использовании зонда атомно-силового микроскопа (кантилевера) в качестве инструмента для точечного воздействия на поверхность. Хотя этот метод широко используется для создания микро- и наноразмерных рельефов на неживых объектах (в основном, на синтетических полимерах), на настоящий момент его применение к живым системам ограничивается единичными экспериментами. Поэтому применение АСМ для микрохирургических операций на клетках и клеточных структурах является существенно новым подходом как в отечественной, так и в мировой науке.

Сканирующие зондовые микроскопы производятся в России, США, Германии, Японии, Китае и других странах. По сути дела, сканирующий зондовый микроскоп стал настольным прибором, используемым в реальных нанотехнологиях, в том числе в таких областях, как материаловедение, биология и медицина.

На рис. 1. приведено изображение механической системы сканирующего зондового микроскопа «ФемтоСкан» производства ЗАО «Центр перспективных технологий» и ООО НПП «Центр перспективных технологий» (www.nanoscopy.ru).

В простом контактном режиме зондовый микроскоп можно рассматривать как профилометр с субнанометровым пространственным разрешением (рис. 2).

Рис. 1. Мультифункциональный сканирующий зондовый микроскоп «ФемтоСкан»

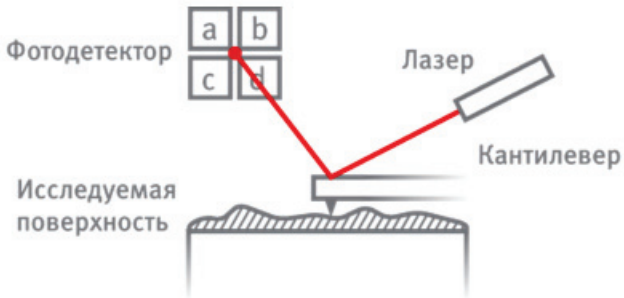


Рис. 2. Принципиальная схема работы атомно-силового микроскопа

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК). Повествование о конкретных объектах начнем с рассказа о главной биологической молекуле – ДНК.

С момента создания туннельного и атомно-силового микроскопа взгляды ученых обратились на наблюдения главнейшей молекулы в биологии – ДНК. Первоначальные попытки наблюдений с помощью туннельного микроскопа были плохо воспроизводимы и не лишены серьезных артефактов. Проблемы туннельной микроскопии были не только в используемой подложке – графите, не обладающем необходимой адсорбционной способностью, но и в более глубоких вопросах туннелирования электронов вблизи поверхности ДНК. Интересно заметить, что при надежном закреплении ДНК на модифицированной поверхности графита

она видна в отрицательном контрасте, то есть как углубление, а не возвышение, как происходит для большинства объектов с конечной электропроводностью [4].

Когда был применен атомно-силовой микроскоп и позаимствованы из электронной микроскопии методы осаждения ДНК на поверхности слюды, то были получены результаты высокой воспроизводимости и информативности (рис. 3 и 4). В водном растворе и ДНК и поверхность свежесколотой слюды имеют отрицательный заряд, и между ними возникают силы кулоновского отталкивания. Вследствие этого необходимо использовать растворы двухвалентных ионов для гашения отрицательного заряда. Хорошие результаты дают эксперименты, когда слюду модифицируют небольшими концентрациями органических веществ: аминопропилтриэтоксисиланом или силатраном. Такая модифицированная поверхность слюды на изображениях дает незначительный фон, не препятствуя получению качественных изображений ДНК.

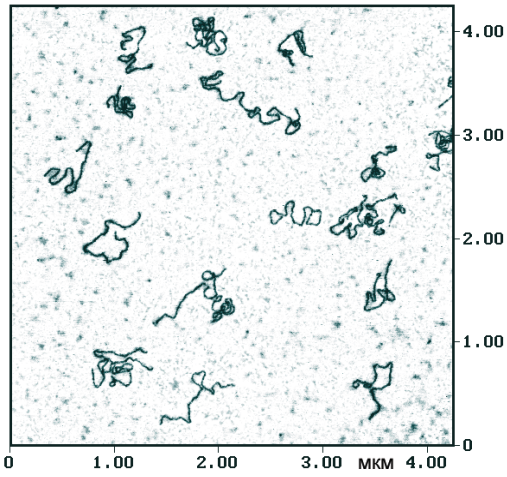


Рис. 3. Молекулы ДНК, осажденные на поверхности слюды в присутствии 1М $NiCl_2$. Наблюдения М.О. Галлямова и др.

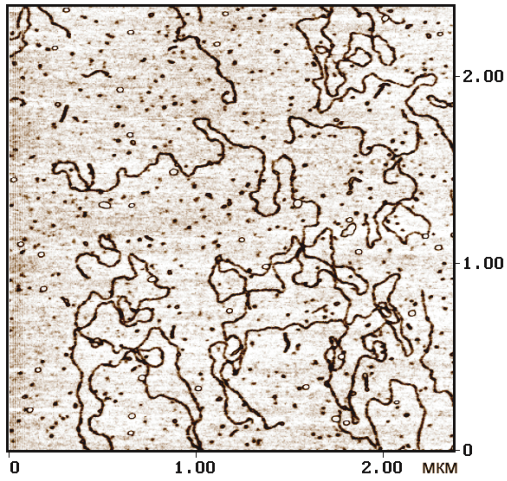


Рис. 4. Молекулы ДНК, осажденные на поверхности слюды в присутствии уранилацетата. Наблюдения М.О. Галлямова

Атомно-силовая микроскопия позволяет наблюдать конформационные состояния биомакромолекул в растворах, в частности, ДНК [5]. При этом надо помнить, что для наблюдения геометрии биомакромолекулы ее необходимо закрепить на подложке. Другими словами, мы наблюдаем конформацию не свободно плавающей в растворе молекулы, а закрепленной на межфазной границе жидкость – твердое тело (рис. 5). Поэтому при интерпретации результатов надо быть уверенным, что подложка оказывает минимальное воздействие.

Рибонуклеиновая кислота (РНК). РНК является более сложным объектом для наблюдения, в связи с тем, что менее жесткая молекула требует более деликатного выделения и нанесения на подложку. В одном из первых наблюдений вирусной РНК [6] для устранения возможных артефактов была использована схема рассмотрения сначала РНК-содержащих вирусных частиц (вирус табачной мозаики), промежуточных стадий частичного разрушения белковой оболочки (рис. 6) и наблюдения свободных концов молекул РНК и момен-

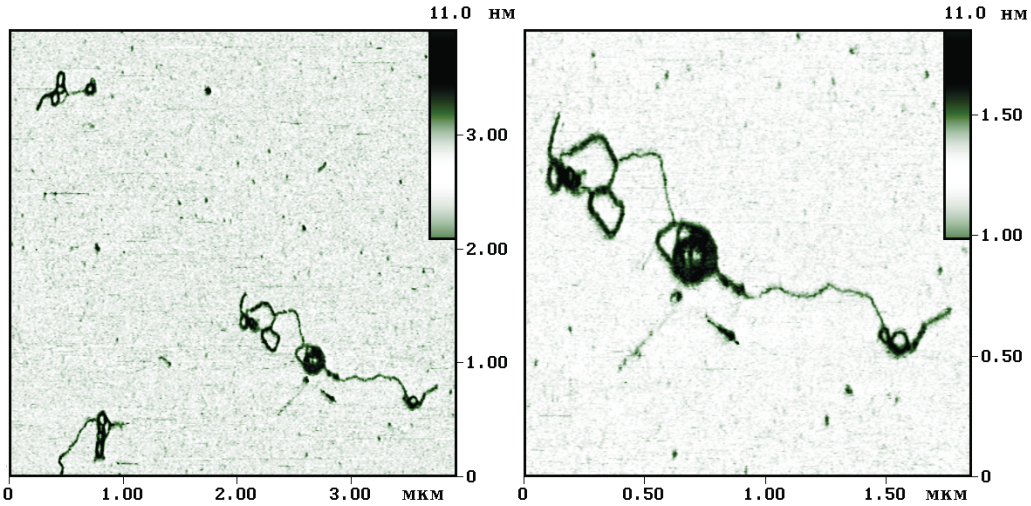


Рис. 5. Наблюдение ДНК в водном растворе изопропанола (50 %). Левый и правый кадр получены с интервалом в несколько минут

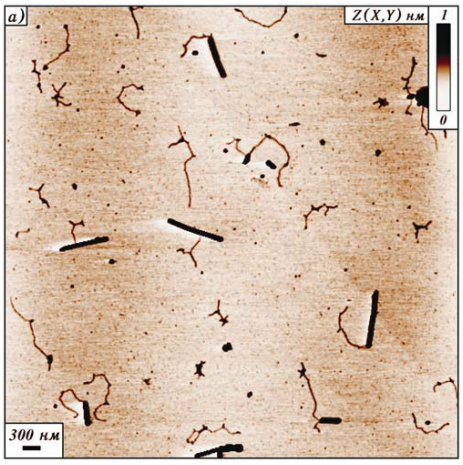


Рис. 6. Частично разрушенные частицы вируса табачной мозаики с выступающими свободными концами РНК. Наблюдения М.О. Галлямова и др.

тов окончательного освобождения РНК от белковой оболочки под действием мочевины (рис. 7). Весьма полезную информацию для молекулярной биологии дали исследования комплексообразования РНК с различными белками, в частности, транспортными.

Белки. *Одиночные молекулы и комплексы.* Размеры отдельных белковых молекул сравнимы с радиусом закругления зонда атомно-силового микроскопа. Субмолекулярное пространственное разрешение удается получить на белках высокой молекулярной массы. Различить упаковку цепей в небольших белках, например, лизоциме (молекулярная масса 14 кД) до сих пор не удавалось. Известен ряд работ, где надежно выявлялись отличия белковых мономеров от димеров и мультимеров (рис. 8) [7].

Зондовую микроскопию можно использовать для регистрации биоспецифического связывания антиген – антитело. Измерения размеров отдельных частиц и достигаемая точность

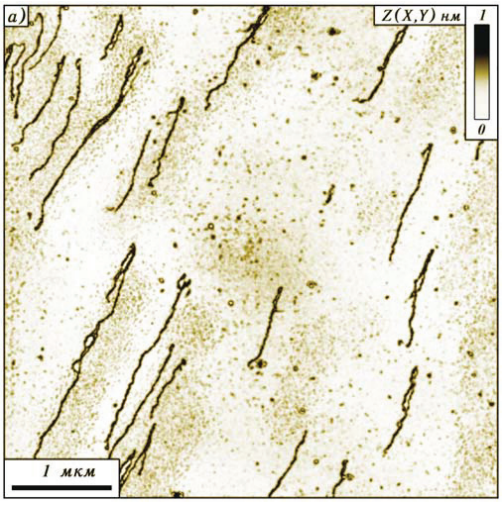


Рис. 7. Полностью освобожденные молекулы РНК. Удаление белковой оболочки частиц вируса табачной мозаики выполнено с помощью диметилсульфоксида. Наблюдения М.О. Галлямова и др.

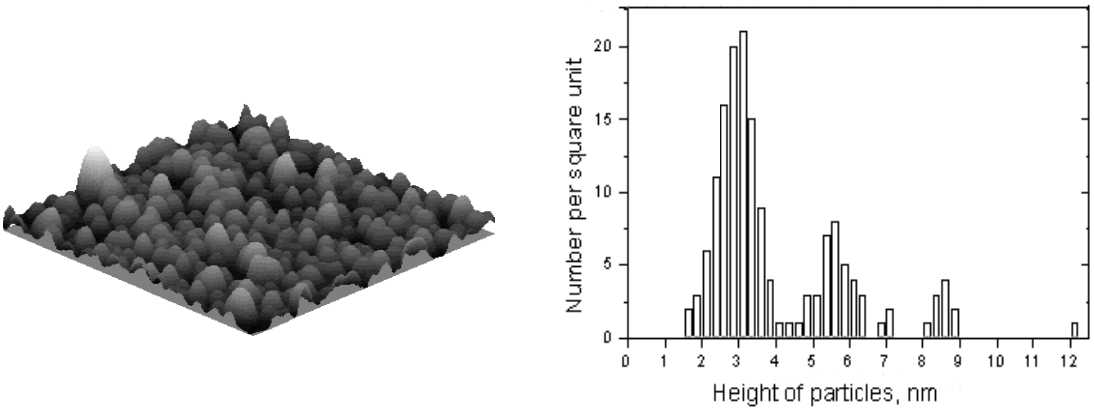


Рис. 8. Трехмерное изображение молекул цитохрома P450 в олигомерной форме, адсорбированных на поверхности слюды. В распределении частиц по высоте присутствует три максимума, соотвествующих: 1) мономерным частицам (высота 3 нм), октамерам (высота 5,5 нм) и комплексам из 12–30 белковых молекул (высота около 8,5 нм)

позволяют отделить одиночные антитела и антигены от их комплексов. Зондовая микроскопия позволяет получить информацию о характере агрегирования белков и связывания с нуклеиновыми кислотами. В работе [8], например, по полученным изображениям определен характер связывания транспортного белка с вирусной РНК (рис. 9).

Кристаллы. При наблюдении белковых кристаллов в насыщенных растворах проявляется существенное достоинство зондовой микроскопии в биологии: возможность наблюдения динамики процессов в жидких средах, естественной среде для многих биологических объектов (рис. 10). Проведенные измерения позволили зарегистрировать кинетику роста дислокационных холмов и двумерных зародышей для многих белковых кристаллов на уровне отдельных молекул или строительных единиц [9, 10].

Например, для кристалла лизоцима (рис. 11) были измерены скорости движения ступеней и изломов, вероятности присоединения и отсоединения строительных единиц, зависимости кинетических параметров от различных факторов (температуры, пересыщения и др.) [11].

Атомно-силовая микроскопия позволяет наблюдать структуру поверхности растущего кристалла с молекулярным разрешением. Изучать упаковку молекул вблизи точечных дефектов, что является недоступным для других методов высокого разрешения. В работе [12] было обнаружено явление реконструкции поверхности, когда упаковка белковых молекул на поверхности кристалла отличается от объемной структуры (рис. 12).

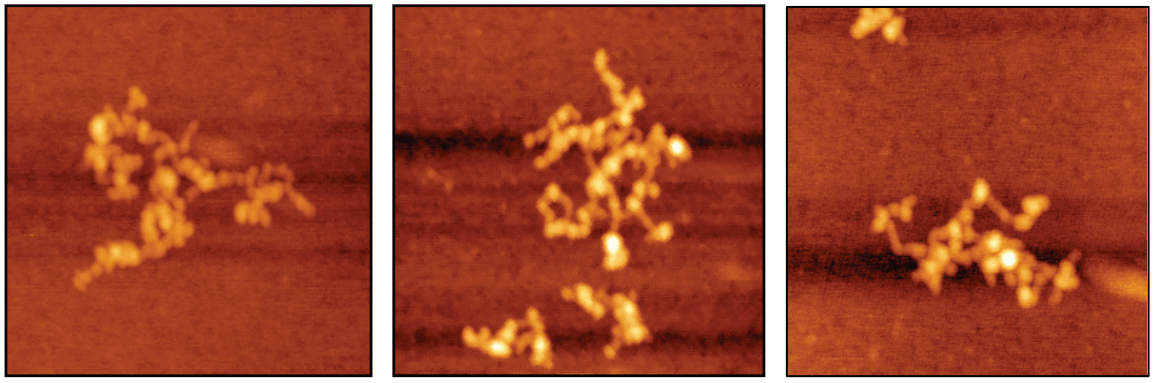


Рис. 9. Кооперативное неспецифическое связывание транспортного белка с вирусной РНК

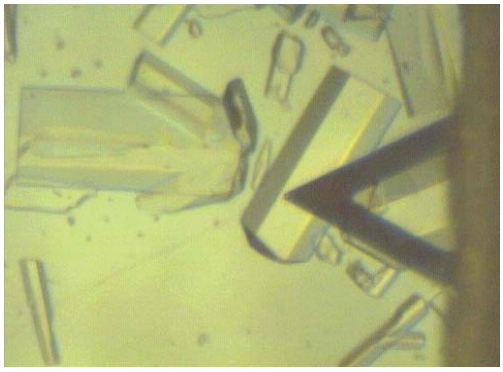


Рис. 10. Оптическое изображение растущего кристалла лизоцима и кантилевера (темный треугольник в правой части фотографии) в процессе сканирования поверхности кристалла

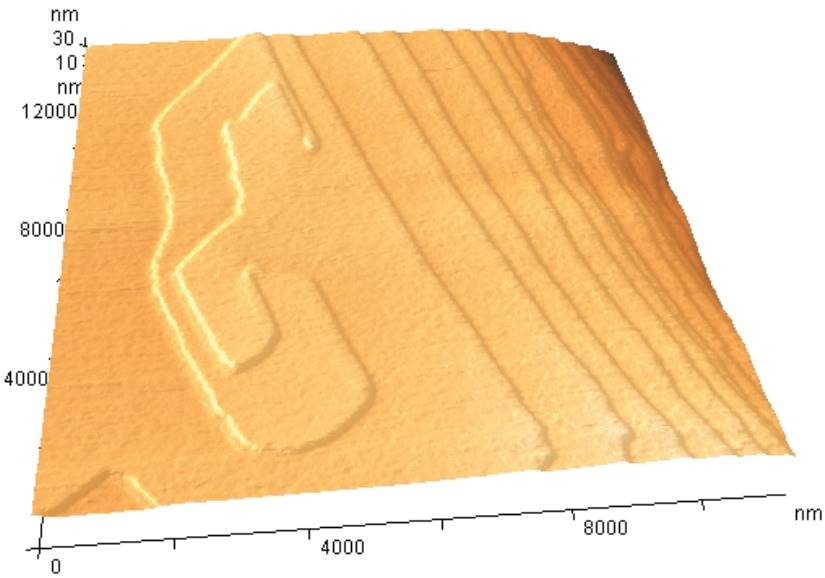


Рис. 11. Изображение двухзаходовой винтовой спирали растущего кристалла лизоцима. Наблюдение в насыщенном растворе

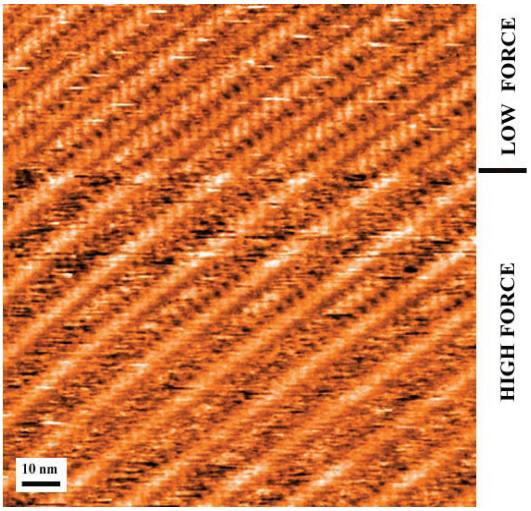


Рис. 12. Соседние ряды белковых молекул видны в различном контрасте, который зависит от величины приложенной силы. В объеме эти ряды считаются эквивалентными. Размер кадра 130 × 130 нм^2. Наблюдения в жидкости

Вирусы. Хотя разрешение зондовой микроскопии при исследовании вирусов проигрывает электронной микроскопии, большая легкость в приготовлении образцов оправдывает применение зондовой микроскопии для качественного анализа морфологии вирусов. И все-таки основное применение методов зондовой микроскопии в вирусологии следует искать не в определении строения вирусов, а в изучении процессов происходящих с ними.

Процессы кристаллизации наблюдали для различных вирусов (рис. 13) [13, 14]. Этапы разрушения белковой оболочки вируса табачной мозаики с освобождением вирусной РНК

зарегистрированы в [5]. Атомно-силовая микроскопия позволяет определять механические свойства наноструктур, так для вирусных частиц были определены значения модуля Юнга при его поперечном сжатии с помощью зонда. Оценочное значение модуля Юнга вируса табачной мозаики составляет величину $E \approx 3 \div 4 \cdot 10^9$ Па, X вируса картофеля обладают меньшей жесткостью $E \approx 8 \cdot 10^8$ Па. В случае применения простых расчетов, основанных модели деформации Герца, получается хорошее согласие с экспериментов, как это продемонстрировано на рис. 14.

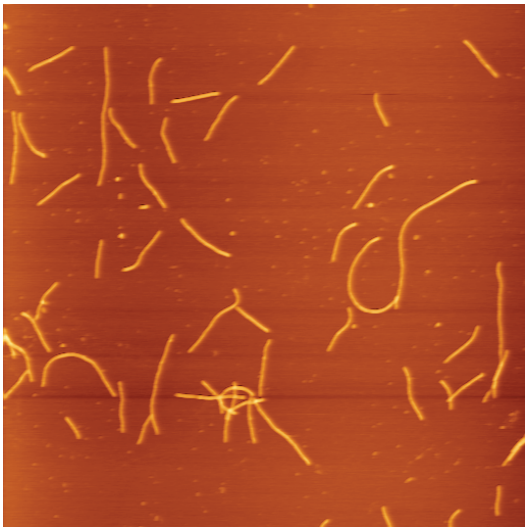


Рис. 13. Изображения X вируса картофеля.
Частицы расположены на слюде. Размер кадра 3×3 мкм^2

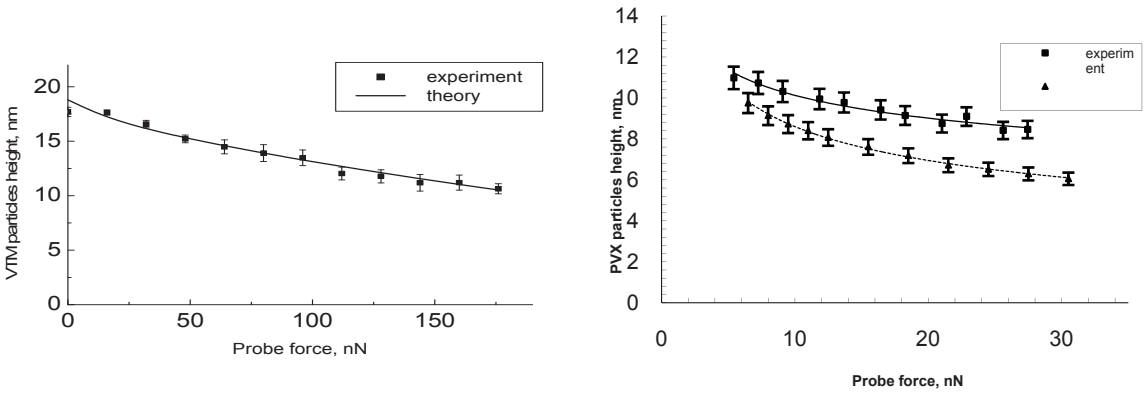
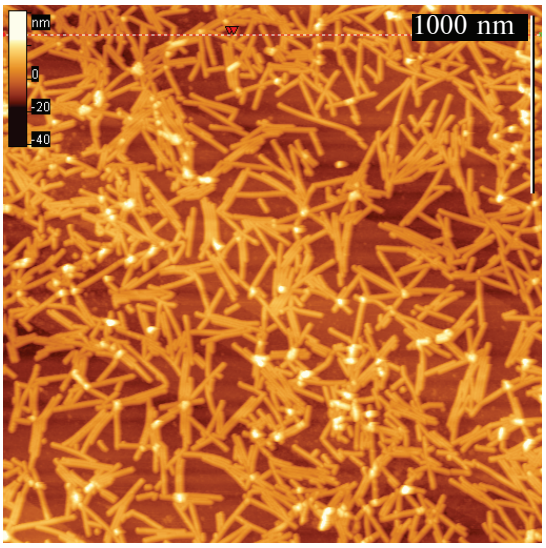


Рис. 14. Зависимость наблюдаемой высоты вирусных частиц от приложенной силы: данные для вируса табачной мозаики – слева, для X вируса картофеля – справа. Теоретические кривые получены в приближении модели Герца. На правом рисунке – верхняя кривая соответствует интактной (неповрежденной) частице, нижняя кривая – вирус с разрушенной РНК с помощью белка РНК-азы

Полезно заметить, что вирус табачной мозаики можно использовать в качестве тестовой структуры [15], как для калибровки атомно-силового микроскопа по Z-перемещению, так и в качестве эталона жесткости (рис. 15).



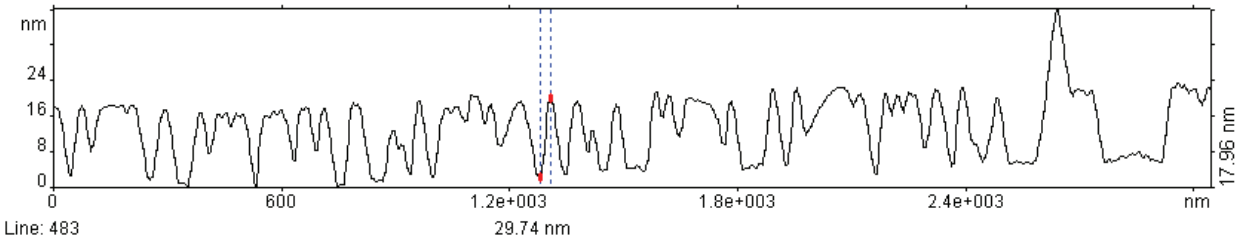


Рис. 15. Изображение частиц вируса табачной мозаики на поверхности графита. Внизу – поперечное сечение, указывающее на высокую однородность частиц по высоте

Недавно было показано, что вирусные частицы могут быть удачным средством доставки наночастиц в ткани человека. Вирусные частицы нашли неожиданное удачное применение в создании новых подходов к экологически безопасному производству наночастиц с использованием растений [16].

Бактериальные клетки. Бактерии можно считать практически идеальным объектом для зондовой микроскопии. Бактерии имеют микронные размеры. Поэтому легко можно наблюдать как бактериальные клетки и их колонии целиком, так и детально изучать отдельные фрагменты клеток [1].

Бактериальные клетки имеют жесткий полимерный каркас, поэтому не претерпевают деформаций при сканировании их поверхности зондом микроскопа. Для наблюдении бактерий на воздухе процедура приготовления тривиальна проста. Выращенные на питательной среде клетки переносят в дистиллированную воду до достижения концентрации около 10^9/мл. Каплю в несколько мкл помещают на поверхность свежесколотой слюды. Вода смачивает слюду, образуя тонкую пленку. После испарения воды (или ее удаления с помощью промокательной бумаги), клетки осаждаются на подложке одиночным образом или формируя монослойные покрытия. В экспериментах показано, что краткосрочное помещение бактерий в дистиллированную воду не приводит к их лизису (разрушению).

Атомно-силовая микроскопия дает трехмерные изображения бактериальных клеток (рис. 16, 17). Данные атомно-силовой микроскопии могут служить дополнительным информативным критерием при составлении определителей бактерий.

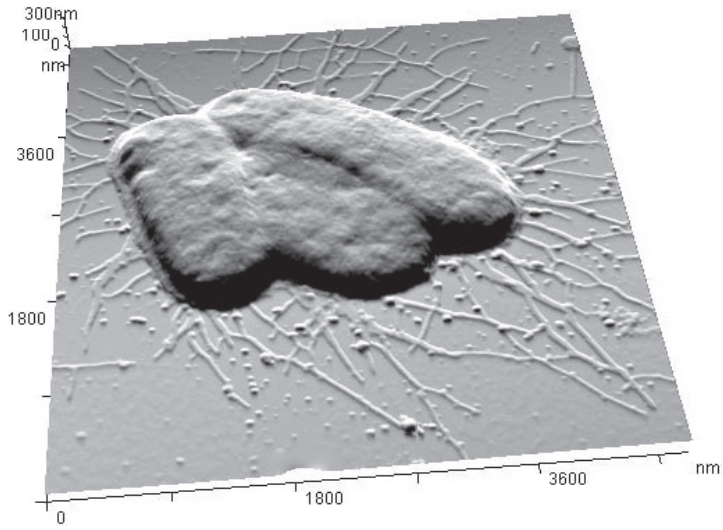


Рис. 16. Трехмерное изображение бактерий Escherichia coli на поверхности слюды. Наблюдения на воздухе

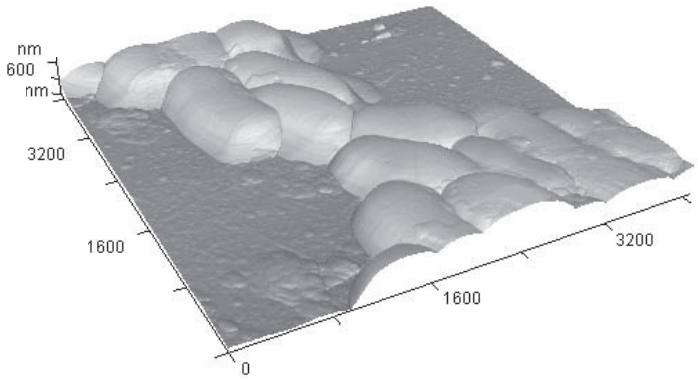


Рис. 17. Изображение бактерий *Helicobacter pilory*

При наблюдении в жидкости контраст получаемых изображений падает, что естественно и объясняется наличием подвижных полимерных цепей наружной мембраны. На рис. 18 приведено изображение бактериальных клеток E.coli в буферном растворе [17].

Атомно-силовая микроскопия позволяет надежно зарегистрировать структурные изменения, происходящие на поверхности наружной мембраны клеточной стенки. На рис. 19 слева представлены изображения родительской бактерии *Escherichia coli*, правое изображение соответствует генно-модифицированной бактерии: в ДНК исходной бактерии был вставлен ген rfb-a3,4, отвечающий за синтез О-специфических боковых цепей липополисахаридов.

Эти цепи на поверхности клетки дают ламелярную структуру, по общей морфологии существенно отличной от структуры поверхности исходной родительской клетки [18].

Клетки высших организмов. Имеются определенные трудности в наблюдении клеток высших организмов [19]. Клетки животных и растений не обладают высокой механической жесткостью. Взаимодействие с зондом во время сканирования приводит к их деформации и увеличению области контакта зонд – поверхность клетки, что соответственно снижает дос-

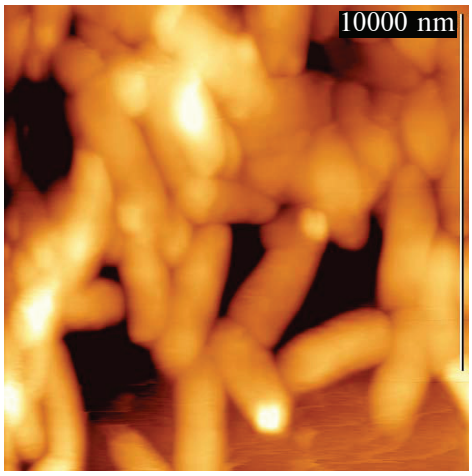


Рис. 18. Изображения бактериальных клеток Escherichia coli JM109 получено в буферном растворе. Клетки иммобилизированы на поверхности слюды с помощью полилизина

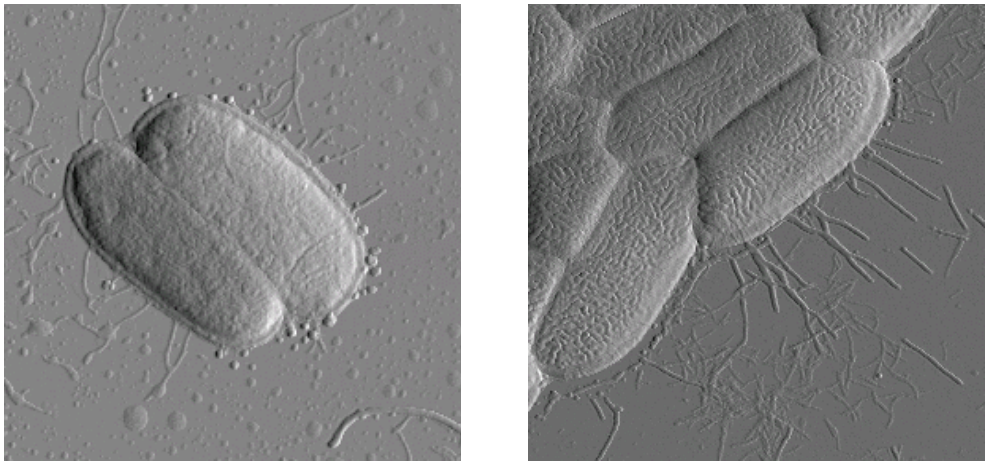


Рис. 19. Наблюдение структурных различий морфологии поверхности родительской и трансдуктантной бактерии, наследующей ген возбудителя дизентерии – бактерии Shigella flexerery, отвечающий за синтез боковых цепей липополисахаридов

тигаемое пространственное разрешение. С другой стороны, правда, зондовая микроскопия дает уникальную возможность измерения не только самой механической жесткости отдельных клеток, но и ее адгезивных и фрикционных свойств.

Зондовая микроскопия позволяет наблюдать динамические процессы, происходящие с клетками. Например, удалось визуализировать движение остеобластов мышей по поверхности стеклянной подложки [20]; процесс образования агрегатов этих клеток и агрегацию фибробластов куриных эмбрионов; были получены серии АСМ-изображений первичных остеобластов мышей в процессе клеточного деления; были исследованы изменения клеточной поверхности, сопутствующие апоптозу клеток остеосаркомы. Интересно отметить, что сканирование клеточной поверхности острием зонда позволяет также визуализировать и

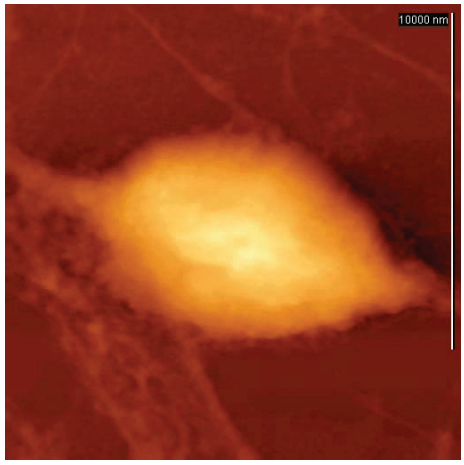


Рис. 20. Изображение нейрона. Размер кадра 13,6 х 13,6 мкм^2

некоторые детали внутреннего строения клетки. На изображении поверхности клетки можно различить расположенные под мембраной элементы цитоскелета, на изображении делящегося остеобласта отчетливо видно раздваивающееся клеточное ядро.

Другие биологические объекты. Зондовая микроскопия позволяет изучать различные другие объекты биологического происхождения – ткани животных, поверхности костей, структуру эмали зубов, поверхностей ногтей и пр. Существенные возможности могут быть достигнуты при наблюдении поверхности листьев и стеблей живых растений.

На рис. 21 приведено трехмерное изображение фрагмента поверхности человеческого волоса. Любопытно заметить, что визуально наблюдаемые более качественные волосы и на микроуровне имеют более совершенную структуру с меньшим количеством дефектов.

Все предыдущее изложение касалось в первую очередь применений зондовой микроскопии для определения морфологии поверхности биологических объектов, получения трех-

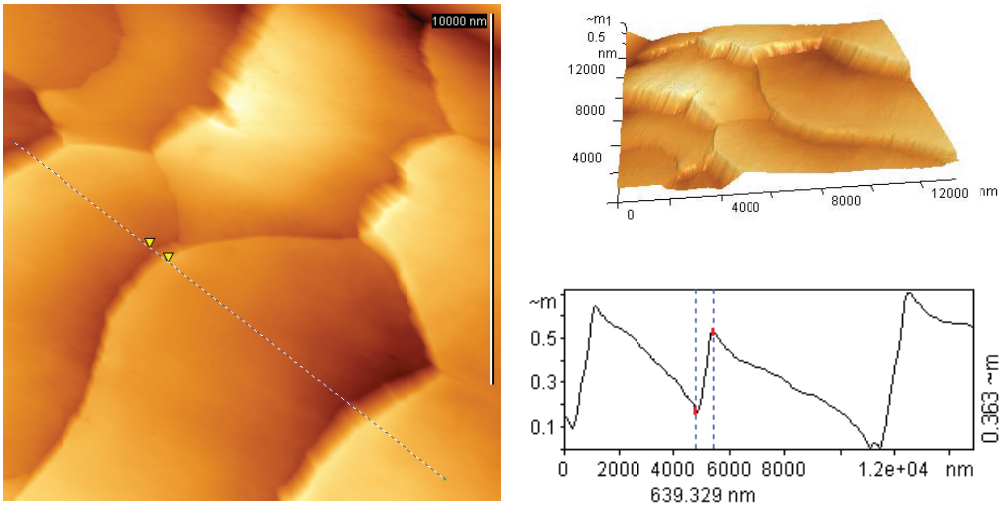


Рис. 21. Структура поверхности человеческого волоса: топография, трехмерное изображение, и профиль сечения

мерных изображений и количественных размеров. Основные данные при изучении кинетики процессов – это цепочки меняющихся во времени трехмерных изображений, например, картины поверхности растущего кристалла.

Другой и весьма важный аспект зондовой микроскопии – это измерение совокупности механических свойств биологических объектов. Эта строгая физическая информация является новой для биологической науки, и ее осмысление в сфере биологических задач, а главное, для практического использования требует времени. Зондовая микроскопия позволяет прямым образом измерить величину механической жесткости объекта, определить силу адгезии, зарегистрировать вариации коэффициента трения – получить трехмерную карту фрикционных свойств поверхности.

Прямые измерения с ДНК (один из ее концов прикреплен к подложке, другой связан с подвижным зондом атомно-силового микроскопа) позволили оценить величину силу химической связи в одиночной биомакромолекулы. Двухцепочечная молекула ДНК разрывается при приложении силы в 100 пН (10^{-10} Н). Атомно-силовая микроскопия позволяет измерить динамику разворачивания одиночной белковой глобулы в линейную цепочку аминокислотных остатков. Сканирования бактериальных монослойных пленок показали, что бактерии Arthrobacter Globophormis в мумифицированной форме более хрупки, чем в вегетативной форме. Обычные живые бактерии могут выдерживать силы при сканировании на уровне 10^{-6} Н, что на несколько порядков выше значений сил, традиционных для сканирования на воздухе. При этих силах мумифицированные бактерии разрушались полностью.

Биологические сенсоры. С самого начала атомно-силовая микроскопия привлекала к себе как новая возможность создания уникальных биологических сенсоров. Вес одной бактерии около 10–13 Н. Такая сила обеспечит дополнительный прогиб кантилевера с жесткостью 0,06 Н/м на 1,6 пм ($1{,}6 \cdot 10^{-12}$м), что находится на уровне предельного разрешения микроскопа по силе, работающего в контактном режиме. Однако, если использовать режим работы микроскопа, когда в кантилевер совершает колебания на резонансной частоте, и частота этих колебаний чувствительна к массе кантилевера, можно измерить массу одной бактерии, как это сделано на примере кишечной палочки (Escherichia coli). По этому принципу строят химические и биологические сенсоры. Масса химического реагента или биологического объекта, присоединившись к кантилеверу изменяет частоту его резонансных колебаний [21].

Измерение сдвига резонансной частоты позволяет судить о массе адсорбированного вещества. Измерения массы наночастиц производят, как правило, на специализированных приборах – атомных весах. В них используется лазерно-оптическая система, как в АСМ, однако для их работы нет необходимости использовать кантилеверы с иглой. Ключевая деталь большинства весов – упругий элемент. В весах для измерения массы хорошо работает геометрический принцип. Чем миниатюрнее весы, тем меньшие массы можно взвешивать. Если идти этим путем, то можно определить массу одной бактерии [22], белка [23] и даже отдельного атома [24].

Высокой чувствительностью обладают кантилеверы камертонного типа [25] и специально изготовленные кантилеверы из пьезоматериалов. Резонансные методы измерения, как правило, обладают более высокой чувствительностью по сравнению со статическими методами. Поэтому любопытен тот факт, что именно конструкции статических биосенсоров оказываются весьма привлекательными для медицинских приложений [26]. Суть метода состоит в следующем. Поверхность одной из сторон кантилевера покрывают монослойной пленкой адсорбирующего вещества с биоспецифическим связыванием. Эта пленка обладает определенным значением поверхностного натяжения. При помещении такого кантилевера в биологическую жидкость на его поверхности может произойти биоспецифическое связывание, при этом адсорбция биологического материала на поверхности кантилевера приводит к изменению поверхностного натяжения пленки и соответствующему изгибу кантилевера. Для создания химических и биологических сенсоров используют кантилеверы с низкой механической жесткостью (рис. 22) [27], если физический принцип построения такого кантилевера прозрачен, то биоло-

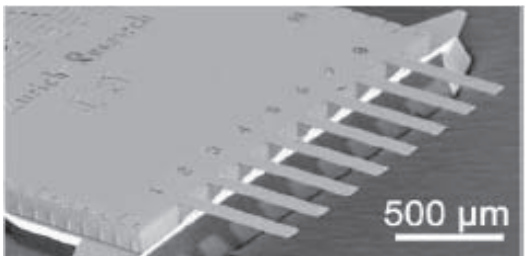


Рис. 22. Система из 8 кантилеверов с различными покрытиями может быть использована в качестве ключевого элемента химического или биологического сенсора

гические аспекты построения такого сенсора гораздо более сложны. Необходим синтез и создания биологически активного покрытия с биоспецифическим связыванием. Кроме того, желательно, чтобы такой биосенсор был многократного использования. А это значит, что при промывке он должен восстанавливать свои функции по адсорбции конкретного биовещества. Создание конкретного биосенсора лежит в основном в плоскости решения биологических проблем, а не вопросов, относящихся непосредственно к технике атомно-силовой микроскопии.

Заключение. Сканирующая зондовая микроскопия делает первые, но очень уверенные шаги в области биомедицинских и биосенсорных приложений.

Сочетая сканирующую зондовую микроскопию с другими аналитическими методами, становится реальным существенное продвижение на пути к решению задач персонифицированной медицины, которая должна учитывать особенности строение индивидуального человека на молекулярном уровне.

Настоящая работа выполнена при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., проект 2012-1.5-12-000-2008-002 (и номер соглашения 14.U02.21.1235).

Список литературы

1. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров / Под ред. И.В. Яминского, Москва, Изд. «Научный мир», 1997. 88 с.

2. Dunlap D.D., Bustamante C. // Images of single-stranded nucleic acids by scanning tunneling microscopy, Nature. 342 204–206 (1989).

3. Clemmer C.R., Beebe T.P. Graphite: A mimic for DNA and other biomolecules in scanning tunneling microscopes studies // Science. 251, pp. 640–642 (1991).

4. Klinov D.V., DubrovinE.V., Yaminsky I.V. Scanning Probe Microscopy of DNA on Mica and Graphite // AIP Conference Proceedings Volume No. 696 (STM'03, Eindhoven University of Technology, July 21–25, 2003 Eindhoven, the Netherlands), pp. 452–456 (2003).

5. Галлямов М.О., Пышкина О.А., Сергеев В.Г.,Яминский И.В. Конденсация ДНК Т4 в водно-спиртовых средах // ПОВЕРХНОСТЬ. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, № 7, с. 88–91 (2000).

6. Drygin Yu.F., Bordunova O.A., Gallyamov M.O.,Yaminsky I.V. Atomic Force Microscopy Examination of TMV and Virion RNA // FEBS letters, 425, pp. 217–221 (1998).

7. Kiselyova O.I., Yaminsky I.V. Atomic force microscopy of protein complexes. In «Atomic Force Microscopy: Biomedical Methods and Applications» (Methods in Molecular Biology, vol. 242), Ed. by P.C. Braga, D. Ricci. Humana Press, 2003, pp. 217–230.

8. Kiselyova O.I., Yaminsky I.V., Karger E.M., Frolova O.Yu., Dorokhov Y.L. and Atabekov J.G. Visualization by atomic force microscopy of tobacco mosaic virus movement protein-RNA complexes formed in vitro // Journal of General Virology, 82, pp. 1503–1508 (2001).

9. Malkin A.J., Kuznetsov Yu.G., McPherson A. In situ atomic force microscopy studies of surface morphology, growth kinetics, defect structure and dissolution in macromolecular crystallization. Journal of Crystal Growth, 196, pp. 471–488, (1999).

10. Malkin A.J., Kuznetsov Yu.G., Glantz W., McPherson A. Atomic force microscopy studies of surface morphology and growth kinetics in thaumatin crystallization. J. Phys. Chem., 100 (28), pp. 11736–11743, (1996).

11. Yaminsky I.V., Gvozdev N.V., Sil'nikova M.I. and Rashkovich L.N. Atomic Force Microscopy Study of Lysozyme Crystallization // Crystallography Reports, vol. 47, Suppl. 1, pp. S149–S158 (2002).

12. Гвоздев Н.В., Рашкович Л.Н., Яминский И.В. Атомно-силовая микроскопия грани (010) кристаллов ромбического лизоцима // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2000, № 8, с. 73–77.

13. Malkin A.J., Land T.A., Kuznetsov Yu.G., McPherson A., DeYoreo J.J. Investigation of virus crystal growth mechanisms by in situ atomic force microscopy. Phys. Rev. Lett., 75 (14), pp. 2778–2781 (1995).

14. Kuznetsov Yu.G., Malkin A.J., Greenwood A., McPherson A. Interferometric studies of growth kinetics and surface morphology in macromolecular crystal growth: canavalin, thaumatin, and turnip yellow mosaic virus. Journal of Structural Biology, 114, pp. 184–196 (1995).

15. Дубровин Е.В., Кирикова М., Новиков В.К., Дрыгин Ю.Ф., Яминский И.В. Изучение особенностей адсорбции вируса табачной мозаики методом атомно-силовой микроскопии. Коллоидный журнал, 2004, в печати.

16. Горелкин П., Калинина Н., Лав А., Макаров В., Тальянский М., Яминский И. Синтез наночастиц с использованием растений. Наноиндустрия, № 7, 2012.

17. Bolshakova A.V., Kiselyova O.I., Filonov A.S., Frolova O.Yu., Lyubchenko Yu.L. and Yaminsky I.V. Comparative studies of bacteria with atomic force microscopy operating in different modes // Ultramicroscopy, 68 (1–2), pp. 121–128 (2001).

18. Yaminsky I.V., Demin V.V., Bondarenko V.V., The differences in cellular surface of hybrid bacteria Escherichia coli K_{12}, inheriting rfb-a3,4 gene of Shigella flexneri as revealed by atomic force microscopy. J. microbiology, epidemiology, and immunology, no. 6, pp. 15–18 (1997).

19. Боровик А.С., Тарасова О.С., Большакова А.В., Яминский И.В. Использование атомно-силовой микроскопии для изучения живых клеток // Успехи современной биологии, 120(2), pp. 217–224 (2000).

20. Kuznetsov Y.G., Malkin A.J., McPherson A. // J. Struct. Biol. 1997, vol. 120, p. 180

21. Kiselev G.A., Yaminsky I.V., *Scanning Probe Microscopy of Biomacromolecules: Instrumentation and Experiments*. In «Frontiers of Multifunctional Integrated Nanosystems», Ed. by E. Buzaneva, P. Schraff. Kluwer Academic Publishers, 2003, pp. 221–228.

22. Burg T.P., Godin M., Knudsen S.M., Shen W., Carlson G., Foster J.S., Babcock K., Manalis S.R. Weighing of biomolecules, single cells and single nanoparticles in fluid. Nature 446, 1066–1069 (26 April 2007).

23. Naik A.K., Hanay M.S., Hiebert W.K., Feng X.L., Roukes M.L. Towards single-molecule nanomechanical mass spectrometry. Nature Nanotechnology 4, pp. 445–450 (2009)

24. Jensen K., Kim Kwanpyo, Zettl A. An atomic-resolution nanomechanical mass sensor. *Nature Nanotechnology* 3, pp. 533–537 (2008).

25. Giessibl F.J., Principle of NC-AFM. Noncontact Atomic Force Microscopy, eds. Seizo Morita and Roland Wiesendanger, Ernst Meyer, Springer, Chap. 211–46 (2002).

26. Hegner M., Arntz Y. Advanced Biosensing Using Micromechanical Cantilever Arrays. Methods in Molecular Biology, vol. 242. Atomic Force Microscopy: Biomedical Methods and Applications. Ed. by P.C. Braga and D. Richi. Humana Press Inc. Totowa, NJ, pp. 39–49.

27. Battiston F.M., Ramsteyer J.–P., Lang H.P., Baller M.K., Gerber Ch., Gimzewski G.K., Meyer E., Guntherodt H.–J. A chemical sensor based on a microfabricated cantilever array with simultaneous resonance – frequency and bending readout // Sensors and Actuators B 77 (2001) pp. 122–131.

References

1. *Skaniruyushchaya zondovaya mikroskopiya biopolimerov. Pod red. I.V. Yaminskogo* (1997) [Scanning probe microscopy of biopolymers. Ed. I.V. Yaminsky]. *Izd. «Nauchnyy mir»* [«Scientific World» Publishers]. Moscow, p. 88.

2. Dunlap D.D., Bustamante C. (1989) Images of single-stranded nucleic acids by scanning tunneling microscopy. Nature. 342, pp. 204–206.

3. Clemmer C.R., Beebe T.P. (1991) Graphite: A mimic for DNA and other biomolecules in scanning tunneling microscopes studies. Science. 251, pp. 640–642.

4. Klinov D.V., Dubrovin E.V., Yaminsky I.V. (2003) Scanning Probe Microscopy of DNA on Mica and Graphite. AIP Conference Proceedings Volume No. 696 (STM'03, Eindhoven University of Technology, July 21–25, 2003 Eindhoven, the Netherlands), pp. 452–456.

5. Gallyamov M., Pyshkina O., Sergeev V., Yaminsky I. (2000) *Kondensatsiya DNK T4 v vodno-spirtovykh sredakh* [T4 DNA condensation in aqueous-alcoholic media]. *POVERKhNOST'. Rentgenovskie, sinkhrotronnye i neytronnye issledovaniya* [Surface. X-ray, synchrotron and neutron studies], no. 7, pp. 88–91.

6. Drygin Yu. F., Bordunova O.A., Gallyamov M.O., Yaminsky I.V. (1998) Atomic Force Microscopy Examination of TMV and Virion RNA. FEBS letters, 425, pp. 217–221.

7. Kiselyova O.I., Yaminsky I.V. (2003) Atomic force microscopy of protein complexes. In «Atomic Force Microscopy: Biomedical Methods and Applications» (Methods in Molecular Biology, vol. 242), Ed. by P.C. Braga, D. Ricci. Humana Press, pp. 217–230.

8. Kiselyova O.I., Yaminsky I.V., Karger E.M., Frolova O.Yu., Dorokhov Y.L. and Atabekov J.G. (2001) Visualization by atomic force microscopy of tobacco mosaic virus movement protein-RNA complexes formed in vitro. Journal of General Virology, 82, pp. 1503–1508.

9. Malkin A.J., Kuznetsov Yu.G., McPherson A. (1999) In situ atomic force microscopy studies of surface morphology, growth kinetics, defect structure and dissolution in macromolecular crystallization - Journal of Crystal Growth, 196, pp. 471–488.

10. Malkin A.J., Kuznetsov Yu.G., Glantz W., McPherson A. (1996) Atomic force microscopy studies of surface morphology and growth kinetics in thaumatin crystallization. J. Phys. Chem., 100 (28), pp. 11736–11743.

11. Yaminsky I.V., Gvozdev N.V., Sil'nikova M.I. and Rashkovich L.N. (2002) Atomic Force Microscopy Study of Lysozyme Crystallization. Crystallography Reports, vol. 47, Suppl. 1, pp. S149–S158.

12. Gvozdeff N., Rashkovich L., Yaminsky I. (2000) *Atomno-silovaya mikroskopiya grani (010) kristallov rombicheskogo lizotsima* [Atomic force microscopy (010) face of orthorhombic lysozyme crystals]. *POVERKhNOST'. Rentgenovskie, sinkhrotronnye i neytronnye issledovaniya* [Surface. X-ray, synchrotron and neutron studies], no. 8, pp. 73–77.

13. Malkin A.J., Land T.A., Kuznetsov Yu.G., McPherson A., DeYoreo J.J. (1995) Investigation of virus crystal growth mechanisms by in situ atomic force microscopy. Phys. Rev. Lett., 75 (14), pp. 2778–2781.

14. Kuznetsov Yu.G., Malkin A.J., Greenwood A., McPherson A. (1995) Interferometric studies of growth kinetics and surface morphology in macromolecular crystal growth: canavalin, thaumatin, and turnip yellow mosaic virus. Journal of Structural Biology, 114, pp. 184–196.

15. Dubrovin E., Kirikova M., Novikov V., Drygin Y., Yaminsky I. (2004) *Izuchenie osobennostey adsorbtsii virusa tabachnoy mozaiki metodom atomno-silovoy mikroskopii. Kolloidnyy zhurnal, v pechati* [Study of features of the adsorption of tobacco mosaic virus by atomic force microscopy. Colloid Journal, in press]

16. Gorelkin P., Kalinina N., Lav A., Makarov V., Tal'yanskiy M., Yaminsky I. (2012) *Sintez nanochastits s ispol'zovaniem rasteniy* [Synthesis of nanoparticles using the plants]. *Nanoindustriya* [Nanotech], no. 7.

17. Bolshakova A.V., Kiselyova O.I., Filonov A.S., Frolova O.Yu., Lyubchenko Yu.L. and Yaminsky I.V. (2001) Comparative studies of bacteria with atomic force microscopy operating in different modes. Ultramicroscopy, 68 (1–2), pp. 121–128.

18. Yaminsky I.V., Demin V.V., Bondarenko V.V. (1997) The differences in cellular surface of hybrid bacteria Escherichia coli K12, inheriting rfb-a3,4 gene of Shigella flexneri as revealed by atomic force microscopy. J. microbiology, epidemiology and immunology, no. 6, pp. 15–18.

19. Borovik A., Tarasova O., Bolshakov A., Yaminsky I. (2000) *Ispol'zovanie atomno-silovoy mikroskopii dlya izucheniya zhivykh kletok* [Using atomic force microscopy to the study of living cells]. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Advances in modern biology], no. 120(2), pp. 217–224.

20. Kuznetsov Y.G., Malkin A.J., McPherson A. (1997) J. Struct. Biol., vol. 120, p. 180

21. Kiselev G.A., Yaminsky I.V. (2003) Scanning Probe Microscopy of Biomacromolecules: Instrumentation and Experiments. In «Frontiers of Multifunctional Integrated Nanosystems», Ed. by E. Buzaneva, P. Schraff. Kluwer Academic Publishers, pp. 221–228.

22. Burg T.P., Godin M., Knudsen S.M., Shen W., Carlson G., Foster J.S., Babcock K., Manalis S.R. (2007) Weighing of biomolecules, single cells and single nanoparticles in fluid. Nature 446, 1066–1069.

23. Naik A.K., Hanay M.S., Hiebert W.K., Feng X.L., Roukes M.L. (2009) Towards single-molecule nanomechanical mass spectrometry Nature Nanotechnology 4, pp. 445–450.

24. Jensen K., Kim Kwanpyo, Zettl A. (2008) An atomic-resolution nanomechanical mass sensor. Nature Nano-technology 3, pp. 533–537.

25. Giessibl F.J. (2002) Principle of NC-AFM. Noncontact Atomic Force Microscopy, eds. Seizo Morita and Roland Wiesendanger, Ernst Meyer, Springer, Chap. 211–46.

26. Hegner M., Arntz Y. Advanced Biosensing Using Micromechanical Cantilever Arrays. Methods in Molecular Biology, vol. 242. Atomic Force Microscopy: Biomedical Methods and Applications. Ed. by P.C. Braga and D. Richi. Humana Press Inc. Totowa, NJ, pp. 39–49.

27. Battiston F.M., Ramsteyer J.–P., Lang H.P., Baller M.K., Gerber Ch., Gimzewski G.K., Meyer E., Guntherodt H.–J. (2001) A chemical sensor based on a microfabricated cantilever array with simultaneous resonance – frequency and bending readout. Sensors and Actuators, vol. 77, pp. 122–131.

ПРОБЛЕМА КОРРЕКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ГОМЕОСТАЗА В СОВРЕМЕННОЙ ТЕРАПИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА И СОСУДОВ

П.А. Галенко-Ярошевский, зав. каф. Фармакологии Кубанского государственного медицинского университета, д-р мед. наук, проф., *Galenko.Yarochevsky@gmail.com*
В.М. Гукасов, гл. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, д-р биол. наук, *gvad@extech.ru*
В.В. Гацура, д-р мед. наук, *tggats@bk.ru*

Авторами рассмотрена стратегия использования возможного лечебного антиоксидантного действия средств общепринятой фармакотерапии гипоксии тканей, ишемии миокарда, артериальной гипертензии.

Ключевые слова: артериальная гипертония, аденозиндифосфат, антиоксидант, блокаторы кальциевых каналов, перекисное окисление липидов, свободнорадикальное окисление.

PROBLEM OF CORRECTION OF OXIDATIVE HOMEOSTASIS IN MODERN THERAPY OF DISEASES OF HEART AND BLOOD VESSELS

P.A. Galenko-Yaroshevski, Head of Department, Pharmacology Kuban Sate Medical University, Ph.D. of Medical Sciences, Professor, *Galenko.Yarochevsky@gmail.com*
V.M. Gukasov, Chief Researcher, SRI FRCEC, Ph.D. of Biology, *gvad@extech.ru*
V.V. Gatsura, Ph.D. of Medical Sciences, *tggats@bk.ru*

The authors examined the possible therapeutic strategy of using antioxidant action means conventional pharmacotherapy tissue hypoxia, ischemia, hypertension.

Key words: arterial hypertension, adenosine diphosphate, antioxidant, calcium channel blockers, lipid peroxidation, free radical oxidation.

Введение. Окислительный гомеостаз является одной из базовых систем поддержания функционального статуса и стабильности клеточных структур в норме и патологии. Из всех изученных аспектов свободнорадикального окисления (СРО), как эндорегуляторной системы, наиболее продуктивным для биологии и медицины направлением в настоящее время является исследование проблемы перекисного окисления липидов (ПОЛ) мембранных структур, позволившее подойти к пониманию его роли в патофизиологии сердца и сосудов и открывшее возможности эффективной регуляции этого процесса.

СРО рассматривается в кардиопатологии как следствие нарушения окислительного фосфорилирования (деэнергизации митохондрий), утечки электронов и снижения потенциала эндогенной антиоксидантной (АО) защиты, ведущее к нарушению окислительного гомеостаза и развитию ПОЛ в мембранных структурах клетки.

В настоящее время назрела необходимость уточнения принципиальных основ коррекции СРО в медицине, в частности в кардиологии, в целях построения более четко аргументированной практики применения АО с учетом следующих основных положений:

1. Применение АО должно проводиться с учетом фазы патологического процесса и компенсаторной роли сдвигов СРО в начальном периоде развития или обострения заболевания.
2. Доказательства лечебного эффекта избирательного прямого действия АО на СРО.
3. Данных оценки прямого влияния на СРО средств стандартной традиционной терапии заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС).

4. Лечебного влияния АО на течение заболевания, не связанного с торможением СРО.

5. Исходного уровня СРО в момент назначения АО и сопоставления его с физиологической нормой.

6. Характера взаимодействия АО и средств специфической терапии на уровне СРО по данным динамики показателей функционального состояния больного.

7. Уровня потребления натуральных экзогенных АО (диетотерапия).

8. Учета индивидуальных сдвигов СРО при функциональных нагрузках, а также в условиях действующих неблагоприятных экофакторов.

9. Необходимости включения данных исследования уровня СРО и его динамики при физиологических нагрузках в медико-биологическую паспортизацию больных с кардиоваскулярной патологией.

Анализ современных данных о роли СРО в генезе ряда заболеваний ССС, являющихся основной причиной смертности населения, подчеркивает все возрастающую актуальность этого направления исследований [1–6].

1. ***Свободнорадикальное окисление и его роль в поддержании окислительного гомеостаза в норме и патологии.*** Система энергообеспечения процессов метаболизма и функциональной активности клеток высокоорганизованных биологических объектов связана с образованием в митохондриях макроэргов в ходе утилизации поступаемого извне кислорода. Биологическое окисление в ходе эволюции приобрело характер процесса, являющегося производным взаимодействия сложнейших регуляторных систем, обеспечивающих гомеостаз клетки.

Концепция лауреата Нобелевской премии академика Н.Н. Семенова о цепных разветвленных реакциях, лежащих в основе кинетики горения и теплового взрыва, в биологическом аспекте явилась базой для становления теории СРО в биологии и медицине и, в частности, для развития исследований в области ПОЛ [7, 8].

Успехи в исследовании возможностей регуляции ПОЛ в значительной мере связаны с разработкой отечественных прецизионных методик оценки кинетики ПОЛ в мембранных структурах тканей, а также комплекса аналитических методов определения потенциала ПОЛ [9].

Открытие супероксиддисмутазы (СОД) и ряда других высокоактивных эндогенных регуляторов ПОЛ [10], а также успехи в разработке синтетических аниоксидантов привлекли всеобщее внимание к проблеме, в том числе и в плане возможной коррекции СРО при сердечно-сосудистой патологии (ССП) [1, 2, 11–13].

Исследования последних десятилетий показали важную роль в регуляции окислительного гомеостаза образующихся свободных радикалов кислорода и систем АО защиты.

Это направление исследований явилось одной из причин интенсивного развития мембранологии, ибо адаптационные и повреждающие эффекты СРО связаны, главным образом, с мембранными структурами клетки.

1.1. ***Источники свободных радикалов кислорода в организме.*** Основным источником $O^{\cdot}_{2-}$, как это общепризнанно, является утечка электронов в дыхательной цепи деэнергизированных митохондрий (главным образом, на уровне коэнзима Q и цитохрома b-566) и микросом. Здесь следует, однако, заметить, что дыхательная цепь митохондрий в физиологических условиях обладает высокой стабильностью и, по мнению O. Miro et al. [14] вероятно, не может рассматриваться как основная причина развития возрастных изменений уровня ПОЛ. Взаимосвязь функционального статуса митохондрий и развития окислительного стресса при патологии ССС детально рассмотрена в одном из последних, обстоятельных обзоров по этой проблеме [15].

Образование $O^{\cdot}_{2-}$ имеет место в ограниченных количествах также при переходе оксигемоглобина в метгемоглобин Hb (Fe^{2+}) + $O_2 \rightarrow O^{\cdot}_{2-}$+ MetHb ($Fe^{3+}$). Последний содержится в крови в концентрации около 3 % от общего гемоглобина (рис. 1, 2).

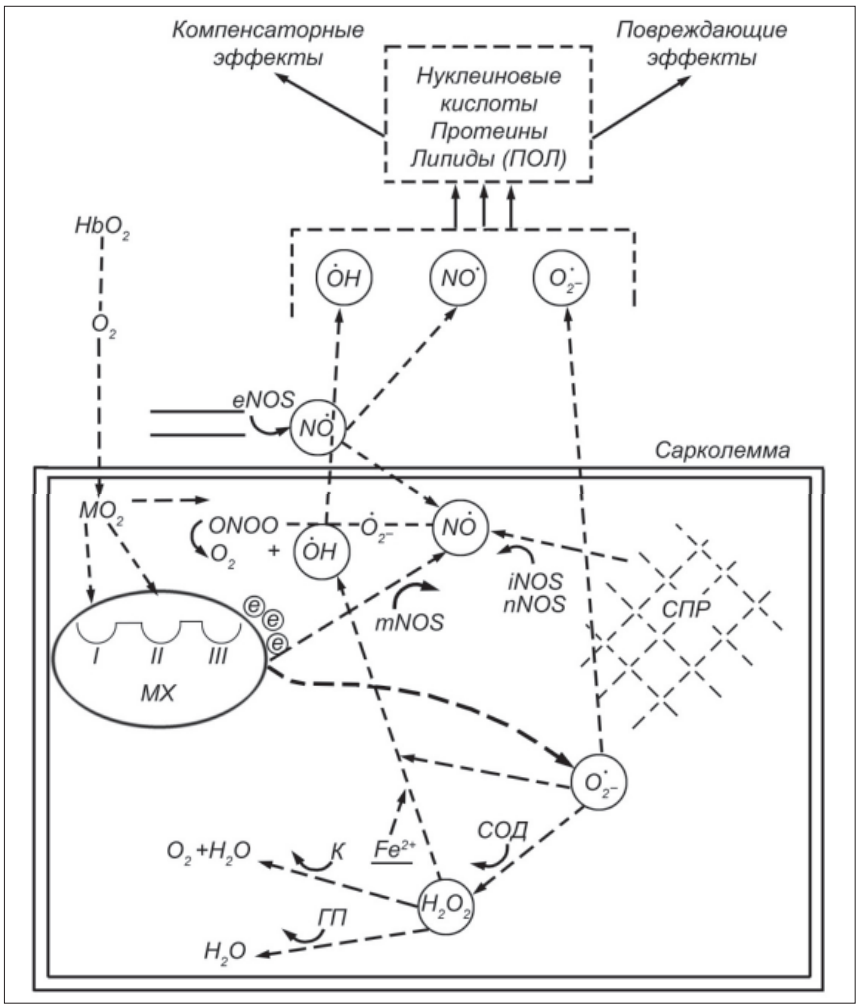


Рис. 1. Схема генеза свободных радикалов кислорода и их участия в поддержании гомеостаза меточных структур

MX — митохондрии; *СИР* — саркоплазматический ретикулум; *I, II, III* — звенья дыхательной цепи *MX*; *M* — миоглобин; *e, n, m, iNOS* — эндотелиальная, нейрональная (саркоплазматическая), митохондриальная и индуцибельная (кининзависимая) NOS; *ГП* – глутатион-пероксидаза; *K* — каталаза

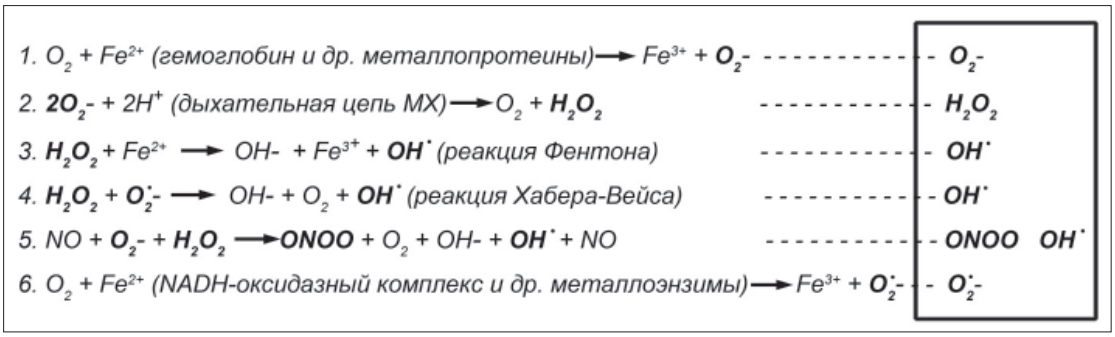


Рис. 2. Основные пути образования активных форм кислорода в митохондриях клетки

Образование $O^{\cdot}_{2-}$ связано также с активностью пероксидаз, альдегидоксидазы, ксантиноксидазы и целого ряда металлопротеинов. В итоге в физиологических условиях в организме содержание $O^{\cdot}_{2-}$ и $OH^{\cdot}$ достигает 5–6 % потребляемого кислорода.

Открытие NO как основного фактора эндотелий-продуцируемой сосудорасширяющей субстанции и присуждение R. Furchgott et al. в 1998 г. Нобелевской премии за доказательство ведущей роли нитроксида в формировании вазодилятаторного действия нитроглицерина вызвало целую серию исследований, посвященных биохимии и фармакологии NO, в том числе и его роли в процессах СРО [16–18].

Локализация синтеза NO и его участие в образовании высокореактивного гидроксильного радикала схематически представлены ниже на рис. 3.

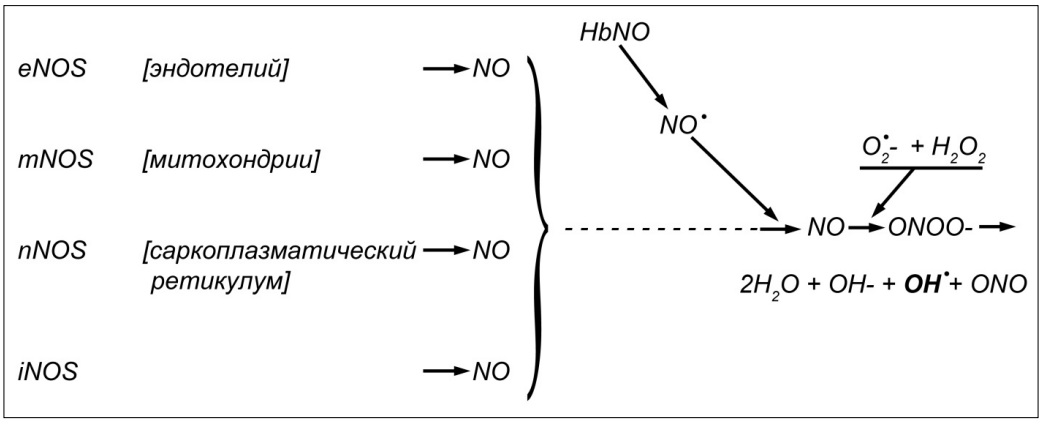


Рис. 3. Схема образование оксида азота, пероксинитрита и гидроксила

Поступая в плазму крови NO связывается с гемоглобином за счет высокого сродства гема (NO связывается в 8000 раз более активно чем O_2), а также цистеина в цепи глобина с образованием S-нитрозотиола [19]. При деоксигенации оксигемоглобина сродство к S-нитрозотиолу снижается и последний поступает в ткани, вызывая вазодилятаторный эффект.

До 90 % нитроксида взаимодействует с супероксидом в мембранных структурах миокарда и гладких мышц. Внутриклеточный NO связан в основном с миоглобином [20, 21].

1.2. ***Основные формы биоактивности свободных радикалов кислорода при ишемической болезни сердца.*** Начальный этап исследования роли СРО в генезе ПОЛ был связан, главным образом, с анализом состояния цепных разветвленных процессов перекисного окисления непредельных жирных кислот (НПЖК), входящих в состав мембранных липопротеинов (см. тезисы докладов конференций «Биоантиоксидант», М., 1983, 1986, 1989, 1993). В зарубежной литературе основные итоги и пути стратегии исследований этой проблемы наиболее полно представлены в обстоятельной монографии [3].

Исследования этого плана составляют существенную часть современной мембранологии и поиска новых подходов в фармакотерапии патологии мембранных структур, в частности, в терапии заболеваний ССС.

В схематической форме ПОЛ мембранных структур слагается из 4 стадий взаимодействия супероксида и гидроксильного радикала с НПЖК фосфолипидов мембран [1, 2]:

1. Инициирование цепи с образованием радикала НПЖК:

$LH + HO^{\cdot} \rightarrow L^{\cdot} + H_2O$.

2. Продолжение цепи:
$L^{\cdot} + O_2 \rightarrow LOO^{\cdot}$ (липодиоксин),
$LOO^{\cdot} + LH \rightarrow LOOH + L^{\cdot}$ (гидродиоксид липида).

3. Разветвление цепи:
$LOOH + Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + HO^{-} + LO^{\cdot}$ (липоксид),
$LO^{\cdot} + LH \rightarrow LOH + L^{\cdot}$ (новая цепь окисления).

4. Обрывы цепи:
$LOO^{\cdot} + LOO^{\cdot} + H^{\cdot} \rightarrow LOH + LO + O_2$ процесс ускоряется под влиянием «ловушек радикалов» и закисных форм металлов с переменной валентностью (Fe^{2+} и др.).

Основные биологические эффекты СРО, определяющие сложную и нередко противоречивую картину их роли в поддержании гомеостаза, схематически представлены на рис. 1, 4 и 6.

Рис. 4. Взаимосвязь СРО с основными эндогенными системами регуляции окислительного обмена

В связи с многочисленными публикациями в последнее десятилетие данных об участии NO в системе СРО представляется целесообразным кратко отметить его основные эффекты, наиболее важные для современной кардиофармакологии. NO, взаимодействуя с супероксидом в митохондриях, приводит к образования ряда производных, снижающих уровень свободного нитроксида. Однако при высоких концентрациях нитроксида при взаимодействии с супероксидом образуется пероксинитрит и в дальнейшем высокоактивный гидроксильный радикал (рис. 5) [16].

NO в высоких концентрациях может вызывать нарушения проницаемости мембран митохондрий (пробои), тормозить активность дыхательной цепи наряду с нарушением кальциевого гомеостаза (модуляция митохондриальных дегидрогеназ) и образованием нитрозотиолов [22, 23], NO и $ONOO^{-}$ могут тормозить СРО в лейкоцитах за счет деактивации НАДФН-оксидазы.

HNO – одноэлектронный продукт восстановления NO обладает выраженным вазодилятаторным действием, вызываемым гуанилатциклазой за счет высвобождения кальцитонин-гензависимого пептида (CGRP) [24].

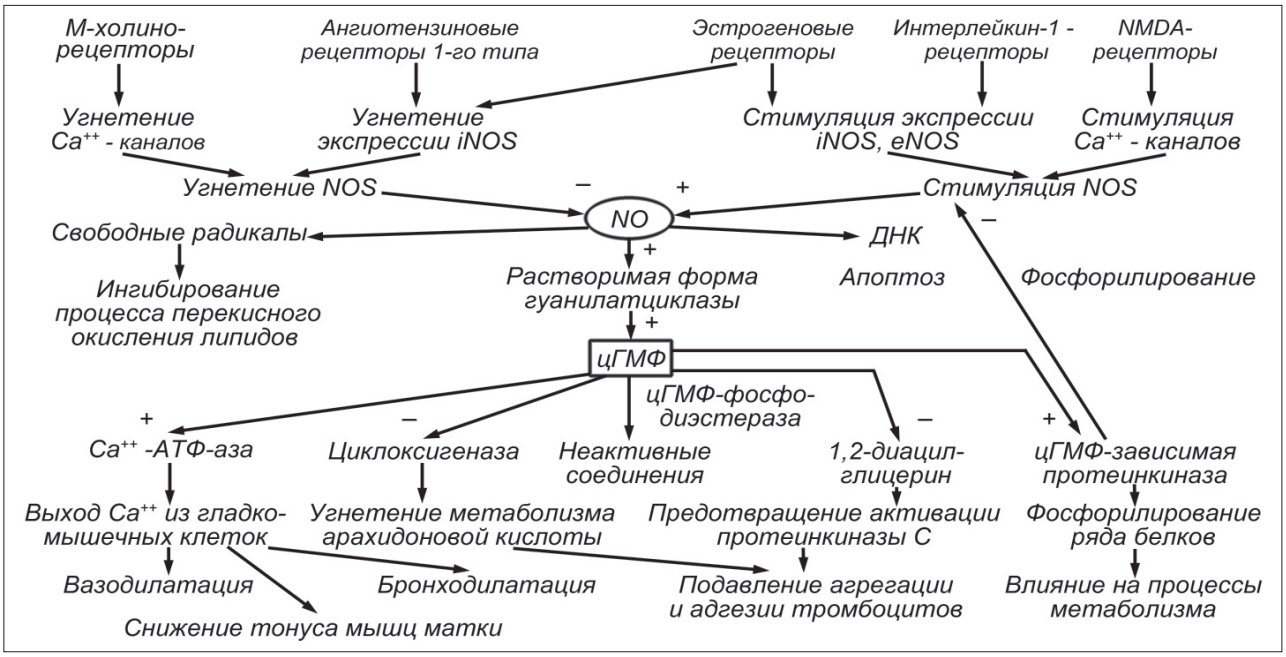


Рис. 5. Регуляция синтеза NO и его основные биологические эффекты

HNO легко проникает через клеточные мембраны и рассматривается как возможный новый тип коронародилятаторов [24].

Анализируя многочисленные экспериментальные данные о потенциальной фармакологической активности NO и производных это ряда, необходимо учитывать видовую специфику активности mtNOS (Mitochondrial Nitric Oxide Synthase) при оценке особенностей действия исследуемых веществ на физиологические параметры. Весьма дискуссионным представляется также вопрос о роли mtNOS в формировании физиологического уровня NO в митохондриях.

2. *Роль антиоксидантной активности средств фармако-профилактики и терапии заболеваний сердца и сосудов в формировании их лечебного эффекта.*

2.1. *Классификация АО.* Общая характеристика структуры и механизма действия основных групп природных и синтетических АО детально рассмотрены в [2] и [3], поэтому ниже будут затронуты лишь вопросы, представляющие непосредственный интерес для анализа этой проблемы в кардиофармакологии.

Наряду с анализом влияния на СРО средств традиционной фармакотерапии заболеваний сердца и сосудов и внедряемых в настоящее время новых препаратов все большее развитие приобретает тенденция целенаправленного применения антиоксидантов и препаратов с выраженной активностью этого типа.

В качестве последних рассматриваются:

1. Эндогенные ферменты-АО (Cu-, Zn-, Mn-, Fe-СОД, каталаза, глутатионпероксидазы, церулоплазмин и др.).

2. Блокаторы метаболизма арахидоновой кислоты по цикло- и лип-оксигеназному путям (индометацин, ацетилсалициловая кислота и др.).

3. Активаторы синтеза NO.

4. Хелаторы и восстановители металлов переменной валентности (деферроксамин, ЭДТА и др.).

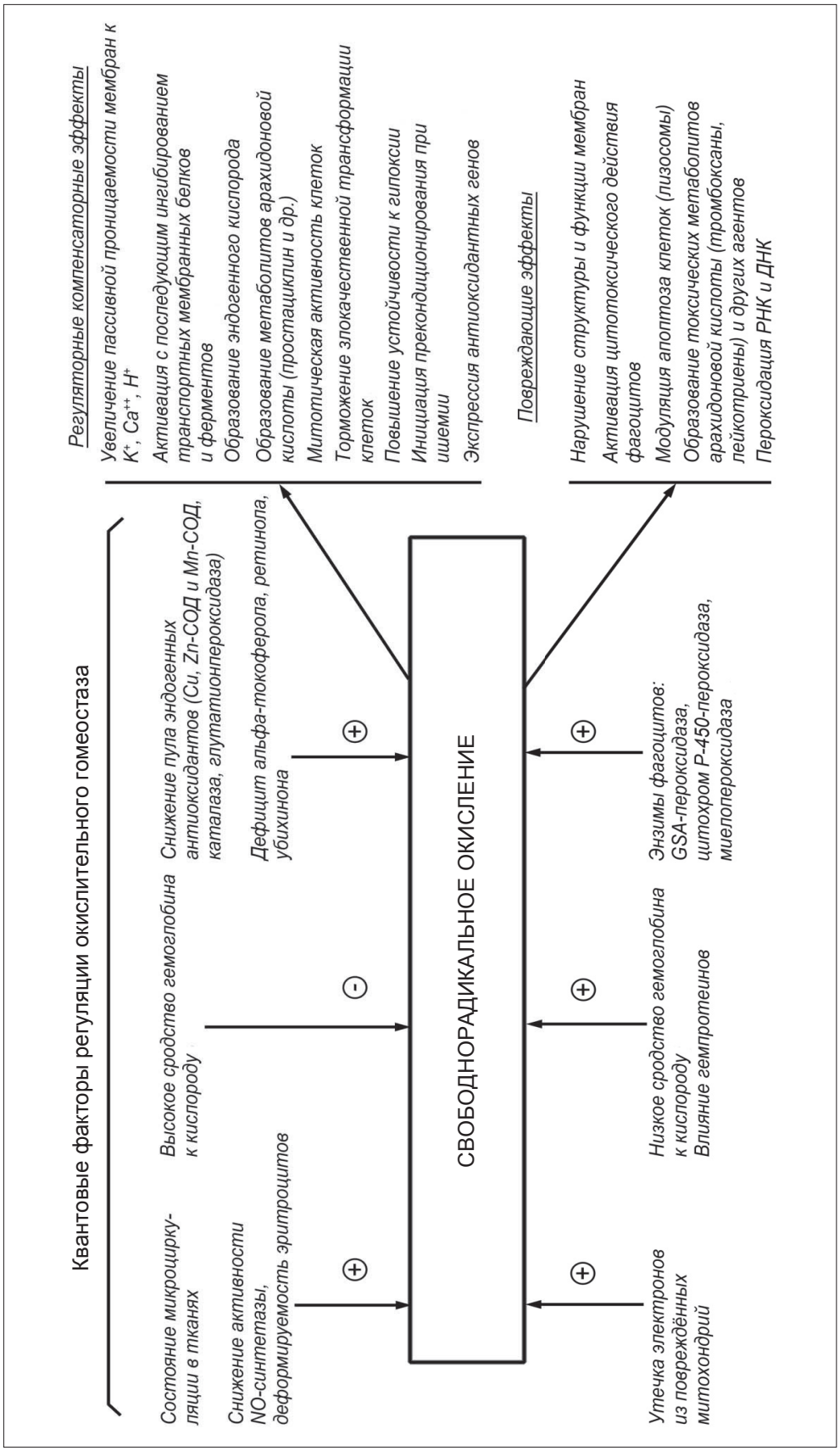


Рис. 6. Основные факторы инициирования СРО и его главные биологические эффекты

5. Ингибиторы фосфолипаз (блокаторы кальциевых каналов и др.).

6. Природные АО (полифенолы, токоферол, убихиноны и др.).

7. Синтетические АО (ионол, пробукол, фенозаны, производные 3,4-дигидропиридина, производные 3-оксипиридина – эмоксипин, мексидол и др., селен-метионин и др.).

8. Мембраностабилизирующие средства (новокаинамид, местные анестетики и др.).

9. Средства нейтрализации метаболического ацидоза.

10. Известные фармакологические препараты с АО действием (β-адреноблокаторы, антагонисты кальция, каптоприл, амиодарон, метилпреднизолон и др).

Современная классификация соединений с АО активностью по механизму действия представляется в следующем виде:

1. Средства, тормозящие развитие ПОЛ.

1.1. Стабилизаторы полиненасыщенных жирных кислот в отношении фосфолипазы A_2 и ингибиторы фосфолипаз [25].

1.2. Стабилизаторы эндогенных ферментных АО систем (СОД, каталаза, глутатионпероксидаза, церулоплазмин) [26].

1.3. Ингибиторы ксантиноксидазы (аллопуринол и др.), миелопероксидазы, циклооксигеназ и других активаторов ПОЛ.

2. Средства, взаимодействующие с активными формами кислорода, гидролипоперекисями и другими первичными продуктами ПОЛ-сборщики, ловушки свободных радикалов (фенольные соединения, флаваноиды, селен и серосодержащие вещества, α-токоферол и другие соединения с этим типом активности).

3. Средства, тормозящие катализ ПОЛ Fe^{2+}, Cu^{2+} и другими металлами с переменной валентностью (дефероксамин, церулоплазмин), гистидинсодержащие дипептиды – карнозин, ансерин [27], полиамины (спермин, спермидин [28]), ЭДТА, цитрат, цианиды и др.

4. Структурные АО, влияющие на стационарность баланса обмена фосфолипидов в мембранных структурах (стероиды и другие мембраностабилизаторы).

5. Донаторы протонов, потенцирующие эффект фенольных и некоторых других АО (аскорбат, цитрат и др.).

6. Факторы квантовой терапии (физиотерапии) – лазерное, инфракрасное излучение, магнитное поле, УВЧ, светотерапия. Влияние указанных воздействий на квантовые механизмы регуляторных процессов поддержания окислительного гомеостаза в тканях и возможность их использования в профилактике и терапии сердечно-сосудистых заболеваний показана в целом ряде исследований [29–32].

2.2. ***Современное состояние исследования АО активности средств фармакотерапии болезней сердца и сосудов.*** Рассматривая основные предпосылки развития окислительного стресса при патологии ССС необходимо учитывать следующие возможные особенности формирования ПОЛ у определенных клинических групп больных:

1. Степень нарушения кислородтранспортной функции крови по тестам сродства гемоглобина к кислороду (СГК) и деформируемости эритроцитов (ДЭ).

2. Уровень гипоксии митохондрий и утечки $O^{\cdot}_{2-}$.

3. Интенсивность метаболического ацидоза.

4. Степень активации фагоцитарной продукции СРО.

5. Уровень активации циклооксигеназного цикла арахидоновой кислоты и сопряженного повреждения липидов, белков, ДНК.

6. Уровень активации гемсодержащих пептидов (миоглобин, гемоглобин, цитохромы) и свободного Fe^{2+} и Cu^{2+} с сопряженным прооксидантным эффектом, и возможным связыванием NO и торможением вазодилятаторного эффекта.

7. Потенциал АО защитных систем, уровень электронакцепторных соединений, биоактивных аминокислот (глутамат, карнозин и др.) и тиолов в экстрацеллюлярной жидкости.

8. Повышение внутриклеточного Ca^{2+}-стимуляция Ca^{2+}-активируемых липосомальных гидролаз и нуклеаз, NOS, увеличение риска образования $ONOO^-$ и $OH^{\cdot}$. Ca^{2+}-индуцированная активация высвобождения арахидоновой кислоты и образования лейкотриенов/простагландинов.

Исследование роли ПОЛ в патогенезе заболеваний ССС и анализ молекулярных механизмов АО терапии [3, 11] создают аргументированные предпосылки для формирования современной стратегии применения АО в кардиофармакологии. Следует при этом, однако, отметить, что, несмотря на доказательные попытки обоснования эффективности АО терапии в области нейропатологии [2], геронтологии [3] и при некоторых других клинических ситуациях, до настоящего времени нет достаточно рациональной стратегии экспериментального и клинического исследования АО активности сердечно-сосудистых средств.

Информация о клиническом применении АО обычно описывает сдвиги ПОЛ на фоне динамики функциональных параметров и общего статуса больного. Исследования, в которых анализируются сдвиги ПОЛ в динамике с учетом исходных данных и реакции ПОЛ на физическую нагрузку, в сравнении с данными, полученными на здоровых волонтерах, являются пока большой редкостью [33–35].

При проведении целенаправленной терапии АО в клинической фармакологии должен соблюдаться ряд условий, которые могли бы обеспечить доказательность основных выводов исследования. В частности, необходимо:

– проводить регистрацию исходного уровня СРО до назначения АО и сдвигов ПОЛ на здоровых волонтерах;

– учитывать стадию развития патологического процесса и компенсаторный (адаптационный) характер сдвигов ПОЛ в начальной фазе развития или обострения хронического заболевания;

– оценивать возможное влияние на ПОЛ средств традиционной терапии заболевания;

– уточнить характер взаимодействия средств стандартной терапии и антиоксидантов на уровне их прямого влияния на ПОЛ и по данным динамики функциональных показателей и общего состояния больного;

– принимать во внимание регулярность и достаточность потребления натуральных экзогенных АО (эффективность диетотерапии, профилактика гликозилирования);

– учитывать уровень эмоциональных и физических стресс-нагрузок, профпатологических и экологических факторов и вредных привычек больного.

Известно, что СРО на начальных этапах патологического процесса является одной из ведущих систем поддержания гомеостаза гипоксических клеток, обеспечивая целый комплекс адаптационных и компенсаторных реакций.

Учет фазы патологического процесса и интенсивности при этом СРО является необходимым условием рационального применения средств, обладающих как прямым, так и косвенным АО действием.

ПОЛ мембранных структур миокарда на первой стадии развития, обратимо повышая проницаемость сарколеммы, способствует выходу из поврежденного кардиомиоцита лактата и других восстановленных метаболитов в период мягкого ацидоза. При дальнейшей интенсификации ПОЛ деструктивные изменения мембранных структур приводят к необратимым сдвигам, и этот процесс может рассматриваться как один из универсальных механизмов дезорганизации и апоптоза кардиомиоцитов.

Антиоксидантная терапия как современное направление регуляции окислительного гомеостаза приобретает особую актуальность в дальнейшем совершенствовании фармакопрофилактики и терапии патологии сердца и сосудов.

Внедрение в практику ряда новых высокоэффективных АО (мексидол (мексикор), СОД и др.), а также достижения витаминологии и диетотерапии открывают новые горизонты в фармакопрофилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний, являющихся основной причиной инвалидизации и смертности населения в современном мире.

С этих позиций представляется необходимым включение показателей уровня СРО в медико-биологическую паспортизацию больных с патологией ССС.

2.3. Диетотерапия как метод снижения дефицита АО при хронической ССП. Общеизвестна точка зрения о том, что более низкий уровень патологии ССС в экономически развитых странах связан с использованием диеты с высоким содержанием натуральных экзогенных АО.

Фрукты, злаки, овощи, чай, красное вино, содержащие такие АО как токоферолы, флаваноиды, каротеноиды, аскорбиновую кислоту, фенолы и ряд других соединений с АО активностью рассматриваются как важные факторы профилактики ССП [3, 4, 36].

Многочисленные исследования посвящены, в частности, анализу антигипоксического действия Gingko biloba, известного адаптогена из средств древней китайской медицины. Положительный эффект экстракта из листьев Gingko biloba связывается с наличием в хлоропластах листьев растения Fe-СОД, ряда флаваноидов и фенольных соединений, обладающих АО активностью [3]. Аналогичная связь АО активности с антигипоксическим эффектом отмечена при исследовании экстракта золотого корня (Rodiola rosea) [37], и многих других фитопрепаратов.

Однако к настоящему времени накоплен и ряд данных, требующих дифференцированной оценки механизма позитивного эффекта натуральных АО в связи с необходимостью пересмотра представлений о формировании их лечебного действия исключительно за счет влияния на СРО. Так, в частности, в условиях эпидемиологических исследований β-каротин не влиял на частоту развития патологии ССС [38], уровень окислительного повреждения ДНК и статус СРО при курении. Отмечена также противоречивость данных о роли аскорбата [38, 39] и витамина Е в профилактике сдвигов СРО при патологии сердца и сосудов [40], и ряд других фактов, требующих предметного, конкретного анализа.

В настоящее время в нашей стране наряду с аргументированными рекомендациями о возможности использования в практической медицине ряда комплексных флаваноидсодержащих препаратов типа «Сосудистый доктор» [41, 42] идет безудержная и непрофессиональная реклама множества пищевых добавок, содержащих экзогенные АО, нейтрализующие свободные радикалы. Последние броско квалифицируются как «убийцы» живых клеток.

Современное состояние представлений о роли влияния экзогенных антиоксидантов на процесс развития ССП настоятельно требует оценки их влияния на СРО (ПОЛ) в формировании позитивного профилактического и лечебного эффектов [43].

С этих позиций при разработке индивидуализированной диетотерапии больных кардиологического профиля важно учитывать:

– уровень ПОЛ и желательно окислительного повреждения ДНК в исходном состоянии и в процессе диетотерапии [44];

– динамику СРО при функциональной (физической) нагрузке;

– какой компонент диеты определяет основной АО эффект;

– оптимальный уровень доз АО в суточном рационе;

– какие стороны фармакологической активности компонентов диеты могут влиять на формирование общего лечебного действия.

Общие основы индивидуализированной диетотерапии в кардиологической практике базируются на устоявшихся и детально разработанных принципиальных положениях:

— ограничение калорийности принимаемой пищи до необходимого минимума;

— профилактика гипергликемии и процессов гликозилирования;

— витаминизирование диеты;

— снижение солевой нагрузки (до 2 г поваренной соли в сутки);

— подбор продуктов, создающих оптимальный фон для реализации лечебного действия средств комбинированной фармакотерапии;

— профилактика метеоризма и запоров;

— создание комфортного статуса у больного при диетотерапии.

Обстоятельное изложение методологии и методов диетотерапии сердечно сосудистых больных детально представлено в ряде специальных руководств [45–47]. Этой проблеме посвящены также специальный обновленный вариант рекомендаций Американской ассоциации диетологов [48] и тематический выпуск журнала Cardiovasc. Res. (2007 г.) Европейского общества кардиологов.

Ранее, в специальном выпуске «Журнала Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева» 1978, № 4, посвященном проблеме питания, были обстоятельно изложены основы химии биологически активных компонентов пищи, влияния нутриентов на редокс-системы клеток, токсикология отдельных продуктов питания и ряд других вопросов [49, 50]. Эти данные представляют интерес для совершенствования диетотерапии и в настоящее время наряду с результатами исследований последних лет, обобщенных в [3].

Исследования в области изыскания средств АО действия, направленных на нейтрализацию окислительного стресса, возникающего при экстремальных воздействиях, в настоящее время проводятся весьма интенсивно [2, 51, 52].

Одно из перспективных современных направлений совершенствования диетотерапии отражено в цикле исследований по методологии индивидуализированной диетотерапии, обобщенном в [47]. На основе анализа роли функционального статуса эритроцитов при нарушениях энергетического гомеостаза автором разработана методика исследования диагностической ценности сдвигов биоэнергетики эритроцитов с определением уровня иммуноглобулинов, АО статуса, Р-теста и других общепринятых биохимических параметров. Особый интерес представляет использование Р-теста, основанного на высокой реактивности эритроцитов на экстракты пищевых продуктов по параметрам скорости оседания эритроцитов. Многолетние исследования автора и его сотрудников позволили достаточно убедительно показать высокую информативность этого теста при выборе схем диетотерапии, дающих высокий лечебный эффект по данным клинических наблюдений.

3. *Основы квантовой (лазерной) коррекции нарушений окислительного гомеостаза.* Целенаправленное использование малых доз электромагнитных излучений, являющихся естественными факторами регуляции биохимических процессов, является основой развития квантовой медицины.

К наиболее широко используемым видам электромагнитных излучений относят низкоэнергетическое лазерное излучение (НЭЛИ), инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, магнитное поле, а также красный свет [1, 31, 53].

Возможности применения методов исследования «волновой активности» лекарственных веществ (ЛВ) при исследовании механизма их действия и направленном поиске более активных соединений в рядах известных ЛВ впервые достаточно подробно были рассмотрены в [54]. В этой работе в прикладном аспекте были предприняты попытки анализа роли квантовых механизмов в конформационной подстройке ЛВ и активных центров рецепторных структур, специфики их формирования в среде зоны взаимодействия ЛВ с рецепторами и влияния на структуру электронных полей, определяющих связывание ЛВ.

Основные механизмы формирования биологического эффекта средств квантовой терапии (фототерапии), были рассмотрены в [55].

Фотобиологический процесс включает три основных стадии взаимодействия квантов света с биомолекулой [56]:

– поглощение квантов света биомолекулой-хроматофором;

– хроматофоры (электронно-возбужденные молекулы) индуцируют образование биологически активных молекул (биорегуляторов-посредников), обладающих сенсибилизирующим действием;

– посредники (фотопродукты) в связи с избытком энергии взаимодействуют с рецепторными структурами клетки и влияют на локальные и системные физиологические функции.

Особенно четко эти процессы просматриваются при рассмотрении реакций фотосинтеза у растений в структурном комплексе, получившем название квантосома [57].

Положительные результаты применения НЭЛИ в комплексной терапии ишемической болезни сердца (ИБС) [58–60] и отдельные сообщения о его положительном влиянии на сродство гемоглобина к кислороду, ДЭ и микроциркуляцию в ишемизированных тканях [61–64] указывают на перспективность использования НЭЛИ в системе терапии ИБС (рис. 7) [55].

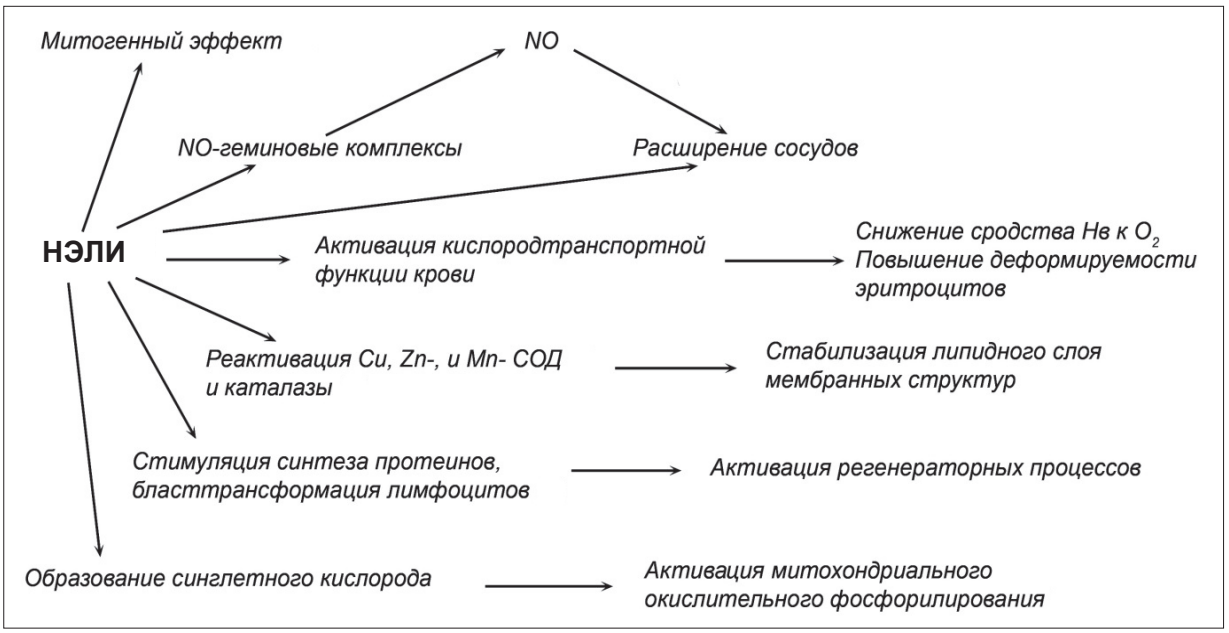


Рис. 7. Основные биологические эффекты НЭЛИ

Весьма интересные возможности повышения окислительного потенциала кислорода в гипоксических тканях выявлены при исследовании влияния НЭЛИ на митохондриальную продукцию АТФ [65–67].

НЭЛИ в определенных условиях приводит к фотореактивации СОД и развитию антирадикального эффекта за счет предотвращения Fe^{3+}-зависимой активации ПОЛ, торможения связывания NO и снижения тонуса сосудов (рис. 8) [68].

При этом возможна фото диссоциация комплексов NO-Hb и других фоточувствительных комплексов NO, распадающихся, в частности, при лазерном облучении [69]. Исследование влияния НЭЛИ на параметры ПОЛ при экспериментальном инфаркте миокарда выявило статистически достоверное торможение ПОЛ в миокарде по тесту определения МДА и светосумме Fe-индуцированной хемилюминесценции [32]. Проведенный к настоящему времени комплекс экспериментальных исследований позволяет приблизиться к пониманию сущности лечебного действия НЭЛИ, как одного из наиболее широко используемых в клинической геронтологической практике методов квантовой терапии.

Современная квантовая фармакология делает лишь первые шаги, позволяющие подойти к анализу ряда базовых положений, определяющих успех ее дальнейшего развития:

1. Динамики электромагнитного излучения как показателя уровня взаимодействия фармакологических веществ с рецепторными структурами.

2. Взаимосвязи исходного и последующего сдвигов излучения при назначении ЛВ с физиолого-биохимическими параметрами функционирования тканей.

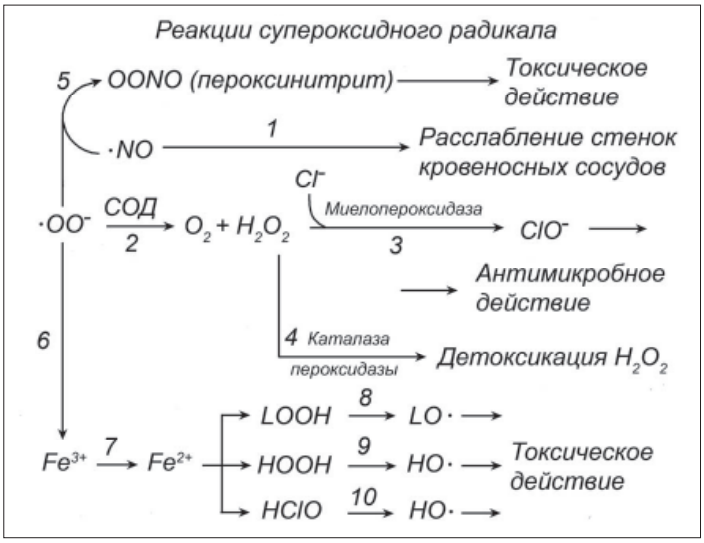


Рис. 8. Влияние фотореактивации СОД, наблюдаемой при лазерном облучении, на некоторые параметры окислительного гомеостаза

1 – расслабление сосудов посредством NO (за счет предотвращения реакции *5*), *2* – образование H_2O_2 в результате дисмутации супероксидных радикалов, *3* – синтез антимикробного вещества гипохлорита, *4* – разложение избытка H_2O_2 каталазой и пероксидазами, *5* – связывание NO, *6–10* – реакции, предотвращение которых влечет за собой антирадикальное действие

3. Влияния электромагнитного излучения на активность фармакологических веществ.

4. Неоднородности биологической активности близких по структуре химических соединений, сопряженной со спецификой их волновой активности.

5. Взаимовлияния ЛВ на электромагнитное излучение при комбинированной фармакотерапии.

«Квантовая паспортизация» основных патофизиологических вариантов клинических заболеваний может открыть новую эру в использовании средств квантовой терапии и оптимизации применения фармакологических средств.

Заключение

Рассматривая современное состояние фармакотерапии заболеваний сердца и сосудов, условно можно выделить три основных аспекта лекарственных воздействий:

1) оптимизация традиционной классической фармакотерапии патологии ССС;

2) область инновационной базовой терапии и вспомогательной индивидуализированной фармакотерапии (метаболическая терапия, генная терапия, квантовая терапия и др.);

3) некоторые ключевые направления совершенствования современной фармакотерапии (активация кислородтранспортной функции крови, нейтрализация метаболического ацидоза, энергообеспечение выживаемости ишемизированного миокарда).

Особую проблему представляет фармакопрофилактика недостаточности миокарда при ИБС с использованием антиатеросклеротических препаратов, противоацидотических средств, антиагрегантов, а также факторов дозированной лечебной физической нагрузки, гипоксического тренинга (прекондиционирования) и др.

Основные направления экспериментальной и клинической фармакотерапии заболеваний ССС, на которых в последнее десятилетие концентрируется внимание фармакологов и специалистов, работающих в области кардиологии, в схематической форме представлены на рис. 9.

Рис. 9. Современные аспекты экспериментальной и клинической фармакотерапии заболеваний ССС

Повышение эффективности использования известных и разрабатываемых противоишемических, гипотензивных и других средств фармакотерапии заболеваний сердца и сосудов в значительной мере связано с учетом их влияния на ПОЛ, ДЭ и СГК.

Развитие исследований в этом направлении требует более широкого внедрения в практику клинико-экспериментальных исследований методов определения СГК, ДЭ и АО статуса пациентов и экспериментальных животных. Несмотря на приоритет отечественных исследователей [9, 70] в разработке доступных для воспроизводства методических установок, экспериментальные медико-биологические лаборатории испытывают острейший дефицит приборов для проведения соответствующих исследований, а клиники — для осуществления медико-лабораторной паспортизации и оценки эффективности лекарственной терапии с учетом сдвигов параметров ПОЛ, СГК и ДЭ.

Поиск и доклиническое исследование специфической активности потенциальных сердечно-сосудистых средств предполагает использование комплекса разнообразных методических приемов оценки их влияния на кислородтранспортную функцию крови.

Особое значение для исследования компенсаторных механизмов при ИБС имеет моделирование феномена *preconditioning* и изучение возможностей генной терапии.

Исследование кардиотонических, противоишемических и гипотензивных средств с использованием указанного выше комплекса методов позволяет охарактеризовать их кардиопротекторный эффект с достаточной полнотой и достоверностью на более высоком научно-методическом уровне, чем это имеет место в традиционной современной фармакологической практике.

Одной из актуальных проблем повышения эффективности применения противоишемических средств является разработка систем их направленного транспорта в зону ишемии миокарда. Как отмечалось ранее, в зоне ишемии развивается метаболический ацидоз со сдвигом pH на 0,3–0,5. Это обстоятельство переводит проблему направленного транспорта лекарственных средств к ишемизированному миокарду в плоскость практической разработки pH-зависимых кондукторов кардиопротекторных веществ или синтеза комплексных соединений, диссоциирующих в кислой среде с высвобождением лекарственных агентов.

На современном этапе поиска новых средств фармакотерапии ИБС весьма перспективными представляются также исследования по разработке стереоселективных кардиотропных средства в ряду эутомеров и предпочтительных конформеров с более высокой специфической активностью.

Нам представляется, что обобщенные в монографии материалы о новых позитивных свойствах ряда фармакологических средств могут привлечь внимание клинических фармакологов и кардиологов в плане разработки новых схем совершенствования индивидуализированной фармакотерапии сердечно-сосудистых заболеваний с учетом особенностей их действия на ПОЛ, СГК, ДЭ и микроциркуляцию в гипоксических тканях.

Помимо прямых медицинских показаний к применению средств коррекции окислительного гомеостаза чрезвычайно важным, а иногда и определяющим успех лечения является учет индивидуальных особенностей больного и специфических условий его работы и быта.

Наиболее существенными из таких факторов, влияющих на стратегию рационального применения АО, являются следующие индивидуальные особенности больного:

– возраст больного и рациональность диеты;
– уровень нейрогенных и физических стрессорных нагрузок;
– наличие вредных привычек – курение, алкогольная интоксикация;
– условия и профпатологические факторы, связанные с трудовой деятельностью;
– экологические факторы — температура, чистота воздуха и др.

Указанные выше основные личностные особенности и специфика условий трудовой деятельности и быта больных существенным образом влияют на антиоксидантный статус пациентов как в исходном состоянии, так и при развитии патологии ССС.

1. Влияние возраста больного на динамику окислительного гомеостаза организма связывается с нарушениями процессов энергообеспечения жизнедеятельности тканей, утечкой электронов из дыхательной цепи митохондрий, повышением образования свободных радикалов и дезорганизацией мембранных структур, вследствие ПОЛ мембран.

В условиях снижения потенциала эндогенных систем АО защиты, дефицита экзогенных АО и активации процессов гликирования в организме происходит накопление в мембранах продуктов СРО–МДА, липофусцина и др. Последний рассматривается как один из маркеров биологического старения тканей. Основные положения свободнорадикальной теории старения и динамика лечебного действия АО в эксперименте с учетом возрастного фактора детально представлены в монографиях [2, 3].

Как уже было отмечено выше, важным профилактическим фактором торможения СРО является рациональная диета с достаточным количеством натуральных АО.

2. Уровень нейрогенных и физических нагрузок.

Как свидетельствуют многочисленные экспериментальные и клинические наблюдения при развитии стрессовых состояний различной этиологии в организме наблюдается повышение уровня ПОЛ и существенные сдвиги потенциала эндогенной АО защиты [2, 71–73].

Учет уровня психогенных нагрузок у больных с ССП является важным элементом рационального планирования комплексной индивидуализированной терапии такой категории пациентов.

С другой стороны, анализ интенсивности физических нагрузок больного также должен быть в поле зрения врача, ибо как гиподинамия, так и завышенные физические нагрузки могут провоцировать развитие СРО и при длительном воздействии вести к дезорганизации липидных слоев мембран [74, 75].

3. Влияние на СРО вредных привычек – курения, алкогольной интоксикации.

Исследование динамики влияния на СРО токсических и канцерогенных веществ табачного дыма показало, что в ткани легких крыс через 2 недели затравки содержание малонового диальдегида и шиффовых оснований повышалось в 2–3 раза при снижении содержания аскорбиновой кислоты на 21 % исходного уровня [76]. Введение алкоголя в эксперименте снижает активность СОД [77] и вызывает преимущественно повышение ПОЛ в зависимости от дозировки и периодики назначения алкоголя [3, 78].

4. Условия и профпатологические факторы, связанные с трудовой деятельностью.

Поддержание окислительного гомеостаза у пациентов с ССП имеет свои специфические черты, связанные с воздействием целого ряда профессиональных факторов. В частности, отмечены особенности формирования уровня СРО у лиц, связанных с анилино-красочным производством [79] при воздействии шума [80] гипо- и гипертермии [81, 82] в условиях радиопатологии [83, 84] и воздействии других профпатологических факторов [3].

5. Экологические факторы – климат, колебания температуры, чистота воздуха и другие антропогенные сдвиги экологии.

Анализу особенностей фармакодинамики лекарственных средств в условиях влияния различных экофакторов посвящена монография [85], знакомство с которой представляется весьма полезным подготовительным этапом при разработке схемы рационального индивидуализированного лечения больных с ССП.

В этом плане представляется весьма перспективным использование возможностей квантовой терапии в поддержании окислительного гомеостаза. Определенного внимания также заслуживает учет циркадианных колебаний функциональных параметров ССС при артериальной гипертензии, ИБС и хронической сердечной недостаточности [86].

6. Учет данных медико-биологической паспортизации пациентов.

В связи с разработкой систем исследования АО статуса в клинических условиях представляется целесообразным проведение регистрации параметров ПОЛ и включение этой информации в историю болезни в процессе медико-биологической паспортизации. Это представляется особенно важным в целях контроля за эффективностью лечения и при возможном переходе заболевания в хроническую форму.

В этом аспекте представляется необходимым безотлагательная организация производства и массового выпуска программно-аппаратурного комплекса по оценке динамики изменений СРО/АО защиты, разработанного В.М. Гукасовым и сотр. (2004 г.) в ГУП ОНПК «Здоровье» (г. Москва).

Весьма перспективными представляются также попытки неинвазивного определения АО статуса пациентов за счет спектрального анализа отраженного света при облучении кожи лазером [87], исследования конденсата выдыхаемого воздуха [88] и некоторые другие.

В процессе выявления динамики СРО в ходе заболевания и уточнения антиоксидантной активности сердечно-сосудистых средств логичным представляется использование следующих основных методических подходов исследования СРО:

1) исследование на модельных системах in vitro с целью определения их липофильности и прямого взаимодействия со свободными радикалами;

2) исследование влияния на Fe^{2+}-стимулированное ПОЛ в суспензиях липосом;

3) исследование Fe^{2+}-стимулированного ПОЛ в микропробах плазмы крови и гомогенатов тканей.

Аналитические материалы, получаемые с помощью указанных выше методик дают лишь первичные данные для ориентации в планировании дальнейшего изучения АО свойств сердечно-сосудистых средств.

Для прогнозирования возможной АО активности важен учет структуры исследуемых соединений и антирадикального эффекта в опытах in vitro [2].

При углубленном исследовании интенсивности и механизма антиоксидантной активности исследуемых соединений чрезвычайно важным представляется уточнение их влияние на пул эндогенных АО (СОД, глутатионпероксидаза, убихиноны и др.).

В методическом плане на этом этапе может быть весьма полезен сборник «Исследование синтетических и природных антиоксилантов in vitro и in vivo» (отв. ред. Е.Б. Бурлакова. Москва, «Наука», 1992 г.) и обстоятельные аналитические обзоры современных методов исследования свободных радикалов [89] и [3].

Исследование пула основных энзимов АО защиты (Cu, Zn-СОД, каталаза, глутатионпероксидаза) является также необходимой предпосылкой формирования рациональной тактики использования АО активности средств фармакотерапии сердечно-сосудистых заболеваний.

Наряду с регистрацией динамики параметров ПОЛ под влиянием применяемых в фармакотерапии заболеваний ССС средств представляется крайне полезным одновременное получение информации о их влиянии на сродство гемоглобина к кислороду и деформируемость эритроцитов.

Как следует из анализа современных данных исследований по проблеме окислительного гомеостаза и, в частности, коррекции СРО, это направление продолжает оставаться в кардиологии одним из важнейших возможных аспектов совершенствования комплексной фармакотерапии заболеваний ССС.

Список литературы

1. Владимиров Ю.А., Азизова О.А., Деев А.И. и др. Свободные радикалы в живых системах // Итоги науки и техники. М., 1991. Т. 29. 250 с.

2. Дюмаев К.М., Воронина Т.А., Смирнов Л.Д. Антиоксиданты в профилактике и терапии патологий ЦНС. М., 1995. 272 с.

3. Halliwell B., Gutteridge J. Free radicals in biology and medicine. Ed. 4. Oxford, 2007, p. 851.

4. Halliwell B. Antioxidant defence mechanism from the beginning to the end (of the beginning) // Free Rad. Res. 1999, vol. 31, pp. 261–272.

5. Shah A., Sauer H. Transmitting biological information using oxygen: Reactive oxygen species as signaling molecules in cardiovascular pathophysiology // Cardiovasc. Res. 2006, vol. 71, № 2, pp. 191–194.

6. Acker T., Fandrey J., Shah A. The good, the bad and the ugly in oxygensensing: ROS, cytochromes and prolylhydroxylases // Cardiovasc. Res. 2006, vol. 71, № 2, pp. 195–207.

7. Эмануэль Н.М. Антиоксиданты и увеличение продолжительности жизни // Физиол. журн. СССР. 1984. Т. 30, № 1. С. 1–8.

8. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах // М. 1972. 272 с.

9. Гукасов В.М. Разработка и использование высоких медико биологических технологий в эндоэкологии: автореф. дис. докт. биол. наук. М., 2004. 62 с.

10. McCord J., Fridovich L. The utility of superoxide dismutase in studying free radical reactions. 1. Radicals generated by the interaction of sulfite, dimethyl sulfoxide and oxygen // J. Biol. Chem. 1969, vol. 244. pp. 6056–6063.

11. Биленко М.В. Ишемические и реперфузионные повреждения органов // Москва. 1989. 368 с.

12. Гацура В.В., Смирнов Л.Д. Кардиопротекторные свойства некоторых синтетических антиоксидантов // Хим. фарм. журн. 1992. Т. 24. № 1112. С. 10–15.

13. Ланкин В.З., Тихазе А.К, Беленков Ю.Н. Свободнорадикальные процессы в норме и при патологических состояниях (Пособие для врачей). Москва. РКНПК МЗ РФ. 2001. 78 с.

14. Miro O., Casademont J., Casals E. et al. Aging is associated with increased lipid peroxidation in human hearts, but not with mitochondrial respiratory chain enzyme defects // Cardiovasc. Res. 2000, vol. 47. № 3, pp. 624–631.

15. Rocha M., Victor V. Targeting antioxidants to mitochondria and cardiovascular diseases: The effects of mitoquinone // Med. Sci Monit 2007, vol. 13, № 7, pp. 132–145.

16. Шимановский Н.Л., Гуревич К.С. Роль оксида азота в механизмах действия лекарственных веществ // Международн. медицинский журнал. Харьков. 2000. Т. 6, № 1, с. 104–107.

17. Kojda G., Kottenberg K. Regulation of basal myocardial function by NO // Cardiovasc. Res. 1999, vol. 41, № 3, pp. 514–523.

18. Davidson S. Duchen M. Effects of NO on mitochondrial function in cardiomyocytes: Pathophysiological relevance // Cardiovasc. Res. 2006, vol. 71, № 1, pp. 10–21.

19. Godecke A. On the impact of NO globulin interactions in the cardiovascular system // Cardiovasc. Res. 2006, vol. 69, № 2, pp. 309–317.

20. Flogel U., Merx M., Godecke A. et al. Myoglobin: a scavenger of bioactive NO // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2001, vol. 98, pp. 735–740.

21. Rayner B., Wu B., Raftery M. et al. Human Snitrosooxymyoglobin is a store of vasoactive nitric oxide // J. Biol. Chem. 2005, vol. 280, pp. 9985–9993.

22. Галенко-Ярошевский П.А., Гацура В.В. Антипероксидантная активность сердечнососудистых средств. Краснодар, 2009. 238 с.

23. Razavi H., Hamilton J., Feng Q. Modulation of apoptosis by nitric oxide: implications in myocardial ischemia and heart failure // Pharmacol. Ther. 2005, vol. 106, pp. 147–162.

24. Favaloro J., KempHarper B. The nitroxyl anion (HNO) is a potent dilatator of rat coronary vasculature // Cardiovasc. Res. 2007, vol. 73, № 3, pp. 587–596.

25. Jones R., Prasad M., Engelman R. et al. Direct scavenging of free radicals by captopril, an angiotensin converting enzyme inhibitor // J. Mol. a. Cell. Cardiol. 1989, vol. 21, Suppl. II, p. 130.

26. McCord J. The evolution of free radicals and oxidative stress // Am. J. Med. 2000, vol. 108, pp. 652–659.

27. Дупин А.М., Беманандзара М., Стволинский С.И. и др. Мышечные дипептиды природные ингибиторы перекисного окисления липидов // Биохимия. 1987. Т. 52. № 5. С. 782–787.

28. Kecskemeti V., Varga Sz., Matkovisc B. Cardioprotective, antioxidant effect of polyamines // J. Mol. a. Cell. Cardiol. 1996, vol. 28, № 5, p. 77.

29. Самойлова А.К, Дуткевич И.Г. Фотобиологические процессы в клетках и плазме крови и их роль в лечебнооздоровительном действии УФизлучения // «Механизмы влияния облучений ультрафиолетовыми лучами крови на организм человека и животных». Ленинград. 1985. С. 50–56.

30. Провоторов В.М., Заземская Е.В. Клиническая эффективность лечения больных острыми пневмониями с применением медикаментозной и квантовой коррекции системы перекисное окисление липидов антиоксиданты // Терапевт. арх. 1992. Т. 64, № 3. С. 29–32.

31. Потемкин Л.А. Квантовофармакологический синергизм повышения работоспособности организма. Коррекция энергодефицита и метаболизма в спорте. М., 2003. 94 с.

32. Гацура С.В., Гладких С.П., Титов М.Н. Влияние низкоэнергетического лазерного излучения на размеры экспериментального инфаркта миокарда, перекисное окисление липидов и сродство гемоглобина к кислороду // Бюл. эксперим. биологии и медицины. 2004. Т. 137, № 4. С. 403–405.

33. Дудаев В.А., Бородкин В.В., Аббуд А., Дюков И.В. Применение антиоксиданта убинона в комплексном лечении больных ишемической болезнью сердца // Кардиология. 1989. Т. 39. № 1. С. 48–52.

34. Молчанов А.В. Значение свободнорадикального окисления в возникновении обострения или ухудшения течения терапевтических заболеваний и методы его коррекции на стационарном этапе лечения: автореф. дис. дра мед. наук. Екатеринбург, 2004. 47 с.

35. Дриницина С.В. Клиническое значение показателей интенсивности свободнорадикальных процессов и ЭКГ высокого разрешения у больных ишемической болезнью сердца: дис. докт. мед. наук. М., 2005. 252 с.

36. Lampe J. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanism of action in human experimental studies // Am. J. Clin. Nutr. 1999, vol. 70, pp. 475–490.

37. Саратиков А.С., Краснов Е.А. Родиола розовая (Золотой корень). Томск. 2004. 292 с.

38. Rimm E., Stampfer M. The role of antioxidants in preventive cardiology / E. Rimm // Curr. Opin. Cardiol. 1997, vol. 12, pp. 188–194.

39. Hinz B., Schroder H. Vitamin C attenuates nitrate tolerance independently of its antioxidant effect // FEBS Lett. 1998, vol. 428, pp. 97–99.

40. Kushi L. Vitamin E and heart disease: a case study // Am. J. Clin. Nutr. 1999, vol. 69, pp. 1322–1329.

41. Ивашев М.Н., Ивашева Э.М., Ныркова Т.О. Влияние антиоксиданта «сосудистый доктор» на параметры центральной гемодинамики при экспериментальном инфаркте миокарда // XII Росс, национальный конгресс «Человек и лекарство». Тез. докл. М. 2005. С. 666.

42. Федоров В.С., Ныркова Л.Е. Растительный антиоксидант «Сосудистый доктор» в лечении сердечнососудистых заболеваний // Сборник материалов 14 Российского национального конгресса «Человек и лекарство» М. 2007. С. 33.

43. Грацианский Н.А. Очередное (окончательное?) подтверждение неэффективности антиоксидантных витаминов в профилактике коронарной болезни сердца // Кардиология. 2002. Т. 42. № 2. С. 85–86

44. Halliwell B. Lipid peroxidation, antioxidants and cardiovascular disease: how should we move forward? // Cardiovasc. Res. 2000, vol. 47, № 3, pp. 410–419.

45. Кудрин А.Н. Фармакология селенсодержащих биоантиоксидантов // Тез. 1 Росс. нац. конгресса «Человек и лекарство». М. 1992. С. 414.

46. Борец В.М. Витамины и сердечнососудистые заболевания. Минск, 1984. 112 с.

47. Розенталь В.М. Индивидуальное питание. М. 2005. 544 с.

48. Lichtenstein A., Appel J.L., Brands M. et al. Summary of American Heart Association Diet and Lifestyle Recommendations. Revision 2006 // Arterioscler. Throm. Vasc. Biol. 2006, vol. 26, № 10, pp. 2186–2191.

49. Спиричев В.В., Конь И.Я. Жирорастворимые витамины и мембраны // Журн. Всесоюзн. хим. обва им. Д.И. Менделеева. 1978. № 4. С. 425–434.

50. Гаппаров М.М, Лашнева Н.В. Характер питания и его влияние на некоторые свойства редокссистем клетки // Журн. Всесоюзн. хим обва им. Д.И. Менделеева. 1978. № 4. С. 418–424.

51. Первушин С.В., Куркин В.А., Тархова В.М. и др. Исследования по разработке комплексного экопротектора биоантиоксидантного действия // Тез. докл. VI Росс. нац. конгресса «Человек и лекарство». М. 1999. С. 455.

52. Яснецов В.В., Правдивцев В.А., Иванов Ю.В. и др. Применение антиоксидантов при экстремальных воздействиях и некоторой экспериментальной патологии // Тез. докл. VI Росс. нац. конгресса «Человек и лекарство». М. 1999. С. 491.

53. Плетнев С.Д. [ред.] Лазеры в клинической медицине: руководство для врачей. М.: Медицина. 1996. 432 с.

54. Richards W.G. Quantum Pharmacology. Butterworths. London, 1977. P. 213.

55. Галенко-Ярошевский П.А., Гацура В.В. Перспективы развития современной фармакологии в XXI веке. Краснодар: Просвещение Юг, 2011. 163 с.

56. Потапенко А.Я. Действие света на человека и животных / ISSEP. Междунар. Соросовская программа образования в области точных наук. Энциклопедия // Современное естествознание. М., 2000. Т. 8. Молекулярные основы биологических процессов. С. 280–287.

57. Ленинджер А. Биохимия. М., 1976. 957 с.

58. Кипшидзе Н.Н., Чапидзе Г.Э., Марсагишвили Л.А. и др. Влияние внутрисосудистого облучения крови гелийнеоновым лазером на маркеры зоны ишемического повреждения сердечной мышцы у больных острым инфарктом миокарда // Кардиология. 1990. Т. 30, № 4. С. 44–47.

59. Сторожаков Г.И., Михайлова С.Д., Гукова С.Ю. и др. Влияние лазерного облучения на течение ишемических аритмий сердца // Вестн. аритмологии. 2000. № 17. С. 65.

60. Титов М.Н., Радаева А.А., Никифорова А.А. Эффективная лазерная медицина // Сборник трудов. М., 2003. 160 с.

61. Кожекин В.В., Решелько А.А., Ткачев А.М., Жук С.А. Внутривенное лазерное облучение крови и кислородтранспортная функция // Анестезиология и реаниматология. 1999. Т. 42, № 1. С. 42–43.

62. Гацура С.В. Кислородзависимые факторы формирования противоишемического действия блокаторов кальциевых каналов, эналаприла, лозартана и низкоэнергетического лазерного излучения: автореф. дис. д–ра мед. наук. Ст. Купавна. 2004. 43 с.

63. Spodaryk K. The influence of lowpower laser energy on red blood cell metabolism and deformability // Clin. Hemorheol. Microcirc. 2001, vol. 25, № 3–4, pp. 145–151.

64. Berlin G., Challoner K., Woodson R. Low O_2 affinity erythrocytes improve performance of ischemic myocardium // J. Appl. Physiol. 2002, vol. 92, № 3, pp. 1267–1276.

65. Козлов В.И., Буйлин В.А., Самойлов Н.Г., Марков И.И. Основы лазерной физио и рефлексотерапии. Самара Киев, 1993. 216 с.

66. Гладких С.П., Алексеев Ю.В., Истомин Н.П. Триггерные молекулярные механизмы формирования биологических эффектов при низкоэнергетической лазерной терапии // Лазеринформ. М., 1996. С. 7–11.

67. Гладких С.П., Полонский А.К., Сторожаков Г.И., Алексеев Ю.В. Методы расчета оптимальных световых доз при низкоэнергетической лазерной терапии // Лазеринформ. М., 1998. С. 32–33.

68. Владимиров Ю.А. Лазерная терапия: настоящее и будущее // Соросовский образов. журн. 1999. № 12. С. 2–8.

69. Владимиров Ю.А. Биологические основы лазерной терапии // ISSEP. Междунар. Соросовская программа образования в области точных наук. Энциклопедия. Современное естествознание. М., 2000. Т. 8. Молекулярные основы биологических процессов. С. 288–293.

70. Лисовская И.Л., Шурхина Е.С., Атауллаханов Ф.И. и др. Филь трационноосмотический метод оценки распределения эритроцитов по реологическим параметрам. Обоснование и практические приложения // Тематол. и трансфузиол. 1999. № 3. С. 20–24.

71. Екимов Е.К, Петрова В.А. Антиоксиданты модуляторы стрессреакции в эксперименте и клинике // Тез. докл. IV конф. «Биоантиоксидант». Москва. 1992. Т. 2. С. 74.

72. Каплан Е.Я. Дифференцированное применение антиоксидантов при стрессовых состояниях с позиции системных представлений // Тез. докл. IV конф. «Биоантиоксидант». Москва. 1992. Т. 2. С. 56.

73. Либе М.Л. Эффект фенольного антиоксиданта на радренорецепторы мозга крыс при эмоциональноболевом стрессе // Тез. докл. 1У конф. «Биоантиоксидант». Москва. 1992. Т. 2. С. 106.

74. Сейфулла Р.Д., Борисова И.Г. Проблемы фармакологии антиоксидантов // Фармакол. и токсикол., 1990. Т. 53. № 6. С. 3–10.

75. Михайлов С.С., Фактор Э.А. Применение антиоксидантных средств для коррекции пероксидации липидов в организме спортсменов // Тез. докл. 1У конф. «Биоантиоксидант». Москва. 1992. Т. 2. С. 64.

76. Жигачева И.В. Курение и содержание продуктов перекисного окисления липидов в митохондриях печени и ткани легких / И.В. Жигачева, Е.Я. Каплан, Ю.В. Пахомов // Тез. докл. 4 конф. «Биоантиоксидант». М., 1992. Т. 2. С. 123.

77. Ledig M., M'Paria JR, Mandel P. SOD activity in rat brain during acute and chronic alcohol intoxication // Neurochem. Res. 1981, vol. 6, pp. 385.

78. Adachi J., Matsushita S., Yoshioka N. et al. Plasma PCOOH as a new marker of oxidative stress in alcoholic patients // J. Lipid Res. 2004, vol. 45, № 5, pp. 967–971.

79. Алиев А.А., Гаджиев Р.А., Эфендиева Л.Т. и др. Прогноз генетического риска у лиц, профессионально контактирующих с вредностями анилинокрасочного производства, и коррекция его альфатокоферолом // Тез. докл. 4 конф. «Биоантиоксидант». М., 1992 . Т. 2. С. 87.

80. Мелконян М.М., Мелик-Агаева Е.А. Регуляция метаболизма липидов и состояние антиоксидантной системы крови женщин, работающих в условиях воздействия шума // Тез. докл. 4 конф. «Биоантиоксидант». М., 1992. Т. 2. С. 97.

81. Агафонова О.В., Лосев А.С. Антиоксидантная терапия холодовых повреждений в эксперименте // Тез. докл. 4 конф. «Биоантиоксидант». М., 1992. Т. 2. С. 68.

82. Василькова Т.В., Кухта В.К. Активность антиоксидантной защиты эритроцитов при гипотермии организма // Тез. докл. 4 конф. «Биоантиоксидант». М., 1992. Т. 2. С. 105.

83. Нейфах Е.А., Иваненко Г.Ф., Шаленко В.Н. и др. Пероральная коррекция липоперекисной патологии у ликвидаторов аварии ЧАЭС // Тез. 4 Рос. нац. конгр. «Человек и лекарство». М., 1997. С. 86.

84. Никонов В.В., Хименко Л.П. Аспекты применения антиоксидантов у «ликвидаторов» аварии на ЧАЭС // Тез. 4 Рос. нац. конгр. «Человек и лекарство». М., 1997. С. 71.

85. Каркищенко Н.Н. Клиническая и экологическая фармакология в терминах и понятиях: тезаурус. М., 1995. 304 с.

86. Арушанян А.Б. Некоторые аспекты хронофармакологии сердечнососудистых средств // Эксп. и клин. фармакол., 2000 Т. 63, № 6, с. 67–75.

87. Hata T. Noninvasive Rhaman spectroscopic detection of carotenoids in human skin / T. Hata [et al.] // J. Invest. Dermatol. 2000, vol. 115, pp. 441–448.

88. Rahman I., Kelly F. Biomarkers in breath condensate: a promising noninvasive technique in free radical research // Free Radic. Res. 2003, vol. 37, pp. 1253–1266.

89. Tarpey M., Wink D., Grisham M. Methods for detection of reactive metabolites of oxygen and nitrogen in vitro and in vivo considerations // Am. J. Physiol. 2004, vol. 286, pp. 431–444.

References

1. Vladimirov Y.U., Azizova O.A., Deyev A.I., etc. (1991) *Svobodnye radikaly v zhivykh sistemakh* [Free radicals in living systems].*Itogi nauki i tekhniki* [Appl.], Moscow, vol. 29, p. 250.

2. Diumayev K.M., Voronina T.A., Smirnov L.D. (1995) *Antioksidanty v profilaktike i terapii patologii TsNS* [Antioxidants in the prevention and treatment of pathologies of the Central nervous system], Moscow, p. 272.

3. Halliwell B., Gutteridge J. (2007) Free radicals in biology and medicine. Ed. 4. Oxford, pp. 851.

4. Halliwell B. Antioxidant defence mechanism from the beginning to the end (of the beginning). Free Rad. Res., vol. 31, pp. 261–272.

5. Shah A., Sauer H. (1999) Transmitting biological information using oxygen: Reactive oxygen species as signaling molecules in cardiovascular pathophysiology. Cardiovasc. Res. 2006, vol. 71, no. 2, pp. 191–194.

6. Acker T., Fandrey J., Shah A. (2006) The good, the bad and the ugly in oxygensensing: ROS, cytochromes and prolylhydroxylases. Cardiovasc. Res., vol. 71, no. 2, pp. 195–207.

7. Emanuel N.M. (1984) *Antioksidanty i uvelichenie prodolzhitel'nosti zhizni* [Antioxidants and increased life expectancy]. *Fiziol. zhurn. SSSR* [Journal of Physiology. USSR], vol. 30, no. 1, p. 18.

8. Vladimirov Y.A., Archakov A.I. (1972) *Perekisnoe okislenie lipidov v biologicheskikh membranakh* [Peroxide oxidation of lipids in biological membranes], Moscow, p. 272.

9. Gukasov V.M. (2004) *Razrabotka i ispol'zovanie vysokikh mediko biologicheskikh tekhnologii v endoekologii.: avtoref. dis. .. dokt. biol. nauk* [Development and use of high biomedical technologies in endoecology.: Avtoref. diss. Ph.D. of Biology], Moscow, p. 62.

10. McCord J., Fridovich L. (1969) The utility of superoxide dismutase in studying free radical reactions. 1. Radicals generated by the interaction of sulfite, dimethyl sulfoxide and oxygen. J. Biol. Chem., vol. 244, pp. 6056–6063.

11. Bilenko M.V. (1989) *Ishemicheskie i reperfuzionnye povrezhdeniya organov* [Ischemic and reperfusion damage to organs], Moscow, p. 368.

12. Gatsura V.V., Smirnov L.D. (1992) *Kardioprotektornye svoistva nekotorykh sinteticheskikh antioksidantov* [Cardioprotector. Some properties of synthetic antioxidants] *Khim. farm. zhurn.* [Chem. Pharm. Journe], vol. 24, no. 1112, pp. 10-15.

13. Lankin B.3., Tikhaze A.K, Belenkov Y.N. (2001) *Svobodnoradikal'nye protsessy v norme i pri patologicheskikh sostoyaniyakh (Posobie dlya vrachei)* [Free-radical processes in normal and pathological conditions (Manual for doctors)]. *RKNPK MZ RF* [Research Center of Russian Ministry of Health], Moscow, p. 78.

14. Miro O., Casademont J., Casals E. et al. Aging is associated with increased lipid peroxidation in human hearts, but not with mitochondrial respiratory chain enzyme defects. Cardiovasc. Res. 2000, vol. 47, no. 3, pp. 624–631.

15. Rocha M., Victor V. (2007) Targeting antioxidants to mitochondria and cardiovascular diseases: The effects of mitoquinone. Medical Sciences Monit., vol. 13, no. 7, pp. 132–145.

16. Shimanovsky N.L. Gurevich K.C. (2000) *Rol' oksida azota v mekhanizmakh deistviya lekarstvennykh veshchestv* [The Role of nitric oxide in the mechanisms of action of medicinal substances, international]. *Mezhdunarodn. meditsinskii zhurnal* [Medical journal], Kharkov, vol. 6, no. 1, pp. 104-107.

17. Kojda G., Kottenberg K. (1999) Regulation of basal myocardial function by NO. Cardiovasc. Res., vol. 41, no. 3, pp. 514–523.

18. Davidson S., Duchen M. (2006) Effects of NO on mitochondrial function in cardiomyocytes: Pathophysiolo-gical relevance. Cardiovasc. Res., vol. 71, no. 1, pp. 10–21.

19. Godecke A. (2006) On the impact of NO globulin interactions in the cardiovascular system. Cardiovasc. Res., vol. 69, no. 2, pp. 309–317.

20. Flogel U., Merx M., Godecke A. et al. (2001) Myoglobin: a scavenger of bioactive NO. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 98, pp. 735–740.

21. Rayner B., Wu B., Raftery M. et al. (2005) Human Snitrosooxymyoglobin is a store of vasoactive nitric oxide. J. Biol. Chem., vol. 280, pp. 9985–9993.

22. Galenko-Yaroshevsky P.A., Gatsura V.V. (2009) *Antiperoksidantnaya aktivnost' serdechnososudistykh sredstv* [Antiperoxidant activity of cardiovascular agents], Krasnodar, p. 238.

23. Razavi H., Hamilton J., Feng Q. (2005) Modulation of apoptosis by nitric oxide: implications in myocardial ischemia and heart failure. Pharmacol. Ther., vol. 106, pp. 147–162.

24. Favaloro J., KempHarper B. (2007) The nitroxyl anion (HNO) is a potent dilatator of rat coronary vasculature. Cardiovasc. Res., vol. 73. no. 3, pp. 587–596.

25. Jones R., Prasad M., Engelman R. et al. (1989) Direct scavenging of free radicals by captopril, an angiotensin converting enzyme inhibitor. J. Mol. a. Cell. Cardiol., vol. 21. Suppl. II, p. 130.

26. McCord J. The evolution of free radicals and oxidative stress. Am. J. Med. 2000, vol. 108, pp. 652–659.

27. Dupin A.M., Bemanandzara M., Stvolinsky S.I., etc. (1987) *Myshechnye dipeptidy prirodnye ingibitory perekisnogo okisleniya lipidov* [Muscle dipeptides natural inhibitors of lipid peroxidation]. *Biokhimiya* [Biochemistry], vol. 52, no. 5, pp. 782–787.

28. Kecskemeti V., Varga Sz., Matkovisc B. (1996) Cardioprotective, antioxidant effect of polyamines. J. Mol. a. Cell. Cardiol., vol. 28, no. 5, p. 77.

29. Samoilova A.K, Dutkiewicz I.G. (1985) *Fotobiologicheskie protsessy v kletkakh i plazme krovi i ikh rol' v lechebnoozdorovitel'nom deistvii UFizlucheniya* [Photobiological processes in cells and plasma, and their role in health improving action of ultraviolet radiation]. *«Mekhanizmy vliyaniya obluchenii ul'trafioletovymi luchami krovi na organizm cheloveka i zhivotnykh»* [«Mechanisms of influence of irradiation, ultraviolet rays of the blood on the human body and animals»], Leningrad, pp. 50–56.

30. Provotorov V.M., Zazemskaya E.V. (1992) *Klinicheskaya effektivnost' lecheniya bol'nykh ostrymi pnevmoniyami s primeneniem medikamentoznoi i kvantovoi korrektsii sistemy perekisnoe okislenie lipidov antioksidanty* [Clinical efficacy of treatment of patients with acute pneumonia with the use of medication and quantum correction system, lipid peroxidation, antioxidants]. *Terapevt. arkh.* [Therapist. Architect], vol. 64, no. 3. pp. 29–32.

31. Potemkin L.A. (2003) *Kvantovofarmakologicheskii sinergizm povysheniya rabotosposobnosti organizma. Korrektsiya energodefitsita i metabolizma v sporte* [Quantum pharmacological synergies improve the health of the organism. Correction of energy and metabolism in sport], Moscow, p. 94.

32. Gatsura S.V., Gladkikh S.P., Titov, M.N. (2004) *Vliyanie nizkoenergeticheskogo lazernogo izlucheniya na razmery eksperimental'nogo infarkta miokarda, perekisnoe okislenie lipidov i srodstvo gemoglobina k kislorodu* [Effect of low-energy laser radiation on the size of experimental myocardial infarction, lipid peroxidation and the affinity of hemoglobin for oxygen]. *Byul. eksperim. biologii i meditsiny* [Byull. Experimental biology and medicine], vol. 137, no. 4, pp. 403–405.

33. Dudayev V.A, Borodkin V.V., Abboud A., Dyukov I.V. (1989) *Primenenie antioksidanta ubinona v kompleksnom lechenii bol'nykh ishemicheskoi bolezn'yu serdtsa* [The use of antioxidant ubinon in complex treatment of patients with coronary heart disease]. *Kardiologiya* [Cardiology], vol. 39. no. 1, pp. 48–52.

34. Molchanov A.V. (2004) *Znachenie svobodnoradikal'nogo okisleniya v vozniknovenii obostreniya ili ukhudsheniya techeniya terapevticheskikh zabolevanii i metody ego korrektsii na statsionarnom etape lecheniya: avtoref. diss. dokt. med. nauk* [Value of free radical oxidation in the occurrence of acute or worsening of the flow of therapeutic diseases and methods of its correction during inpatient treatment: Avtoref. diss. Ph.D. of Medical Sciences], Ekaterinburg, p. 47.

35. Drinitsina S.V. (2005) *Klinicheskoe znachenie pokazateley intensivnosti svobodnoradikal'nykh protsessov i EKG vysokogo razresheniya u bol'nykh ishemicheskoy bolezn'yu serdtsa: diss. dokt. med. nauk* [The clinical significance of indicators of the intensity of free radical processes and high-resolution ECG in patients with coronary heart disease: Ph.D. of Medical Sciences], Moscow, p. 252.

36. Lampe J. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanism of action in human experimental studies. Am. J. Clin. Nutr. 1999, vol. 70, pp. 475–490.

37. Saratikov S.A.S., Krasnov E.A. (2004) *Rodiola rozovaya (Zolotoi koren')* [Rhodiola rosea (Golden root)], Tomsk, p. 292.

38. Rimm E., Stampfer M. The role of antioxidants in preventive cardiology. E. Rimm. Curr. Opin. Cardiol. 1997, vol. 12, pp. 188–194.

39. Hinz B., Schroder H. (1998) Vitamin C attenuates nitrate tolerance independently of its antioxidant effect. FEBS Lett., vol. 428, pp. 97–99.

40. Kushi L. (1999) Vitamin E and heart disease: a case study. Am. J. Clin. Nutr., vol. 69, pp. 1322–1329.

41. Ivashev M.S., Ivasheva A.M., Nirkova T.U. (2005) *Vliyanie antioksidanta «sosudistyi doktor» na parametry tsentral'noi gemodinamiki pri eksperimental'nom infarkte miokarda* [The Influence of antioxidant «vascular doctor» on the parameters of Central hemodynamics in experimental myocardial infarction]. *XII Ross, natsional'nyi kongress «Chelovek i lekarstvo». Tez. dokl.* [The XII Ross, national Congress «Man and medicine». TEZ. Report], Moscow, p. 666.

42. Fedorov V.S., Nirkova L.E. (2007) *Rastitel'nyi antioksidant «Sosudistyi doktor» v lechenii serdechnososudistykh zabolevanii* [Herbal antioxidant «Vascular doctor» in treatment of cardiovascular diseases]. *Sbornik materialov 14 Rossiiskogo natsional'nogo kongressa «Chelovek i lekarstvo»* [Proceedings of the 14th Russian national Congress «Man and medicine»], Moscow, p. 33.

43. Grazianskiy N.A. (2002) *Ocherednoe (okonchatel'noe?) podtverzhdenie neeffektivnosti antioksidantnykh vitaminov v profilaktike koronarnoi bolezni serdtsa* [The next (final?) confirmation of the inefficiency of antioxidant vitamins in the prevention of coronary heart disease]. *Kardiologiya* [Cardiology], vol. 42, no. 2, pp. 85–86.

44. Halliwell B. (2000) Lipid peroxidation, antioxidants and cardiovascular disease: how should we move forward? Cardiovasc. Res., vol. 47, no. 3, pp. 410–419.

45. Kudrin A.N. (1992) *Farmakologiya selensoderzhashchikh bioantioksidantov* [Pharmacology of selenium containing bioantioxidants] *Tez. 1 Ross. nats. kongressa «Chelovek i lekarstvo»* [Proc. 1 Ross. NAC. Congress «Man and medicine»], Moscow, p. 414.

46. Borec V.M. (1984) *Vitaminy i serdechnososudistye zabolevaniya* [Vitamins and cardiovascular disease], Minsk, p. 112.

47. Rosenthal V.M. (2005) *Individual'noe pitanie* [Personalized nutrition], Moscow, p. 544.

48. Lichtenstein A., Appel J.L., Brands M. et al. (2006) Summary of American Heart Association Diet and Lifestyle Recommendations. Revision. Arterioscler. Throm. Vasc. Biol., vol. 26, no. 10, pp. 2186–2191.

49. Spirichev V.V., Kon I.Y. (1978) *Zhirorastvorimye vitaminy i membrany* [Fat-soluble vitamins and membranes] *Zhurn. Vsesoyuzn. khim. obva im. D.I. Mendeleeva* [Journal. All-Union Chemical Obva. Named after D. Mendeleev], no. 4, pp. 425–434.

50. Gapparov M.M., Pasichnyi N.V. (1978) *Kharakter pitaniya i ego vliyanie na nekotorye svoistva redoks-sistem kletki* [Nature of power and its influence on some properties of redoxsystems cells]. *Zhurn. Vsesoyuzn. khim obva im. D.I. Mendeleeva* [Russian J. Phys. All-Union Chemical OBVA named after D. Mendeleev], no. 4, pp. 418–424.

51. Pervushin S.V., Kurkin V.A., Tarkhova V.M., etc. (1999) *Issledovaniya po razrabotke kompleksnogo ekoprotektora bioantioksidantnogo deistviya* [Studies to develop a comprehensive ecoprotector bioantioxidant actions]. *Tez. dokl. VI Ross. nats. kongressa «Chelovek i lekarstvo»* [Proc. Dokl. VI Ross. NAC. Congress «Man and medicine»], Moscow, p. 455.

52. Yasnetsov V.V., Pravdivtsev V.A., Ivanov Y.V., etc. (1999) *Primenenie antioksidantov pri ekstremal'nykh vozdeistviyakh i nekotoroi eksperimental'noi patologii* [Application of antioxidants during extreme influences and some experimental pathology]. *Tez. dokl. VI Ross. nats. kongressa «Chelovek i lekarstvo»* [Abstracts. Dokl. VI Ross. NAC. Congress «Man and medicine»], Moscow, p. 491.

53. Pletnev S.D. (edit) (1996) *Lazery v klinicheskoi meditsine: rukovodstvo dlya vrachei* [Lasers in clinical medicine: a guide for physicians]. *Meditsina* [Medicine], Moscow, p. 432.

54. Richards W.G. (1977) Quantum Pharmacology. Butterworths. London, p. 213.

55. Galenko-Yaroshevsky P.A., Gatsura V.V. (2011) *Perspektivy razvitiya sovremennoi farmakologii v XXI veke* [Prospects of development of modern pharmacology in the XXI century] *Prosveshchenie Yug* [Education of the South], Krasnodar, p. 163.

56. Potapenko Y.A. (2000) *Deistvie sveta na cheloveka i zhivotnykh, ISSEP. Mezhdunar. Sorosovskaya programma obrazovaniya v oblasti tochnykh nauk. Entsiklopediya* [Action of light on human and animal, ISSEP. International Soros educational program in the sphere of exact Sciences. Encyclopedia]. *Sovremennoe estestvoznanie* [Modern science], Moscow, vol. 8, Molecular basis of biological processes, pp. 280–287.

57. Leninger A. (1976) *Biokhimiya* [Biochemistry], Moscow, p. 957.

58. Kipshidze N.N., Chapidze G.E., Marsagishvili L.A. et al. (1990) *Vliyanie vnutrisosudistogo oblucheniya krovi geliineonovym lazerom na markery zony ishemicheskogo povrezhdeniya serdechnoi myshtsy u bol'nykh ostrym infarktom miokarda* [The impact of intravascular blood irradiation of gelium-neon laser markers zone ischemic damage to the heart muscle in patients with acute myocardial infarction]. *Kardiologiya* [Cardiology], vol. 30, no. 4, pp. 44–47.

59. Storojakov G.I., Mikhailova S.D., Gukova S.Y. et al. (2000) *Vliyanie lazernogo oblucheniya na techenie ishemicheskikh aritmii serdtsa* [The influence of laser irradiation on the course of ischemic cardiac arrhythmias]. *Vestn. aritmologii* [Vestn. Arrhythmology], no. 17, p. 65.

60. Titov M.N. Radaev A.A., Nikiforov A.A. (2003) *Effektivnaya lazernaya meditsina* [Effective laser medicine]. *Sbornik trudov* [Collection of the works], Moscow, 160 p.

61. Kozhekin V.V., Reshel'ko A.A., Tkachev A.M., Zhuk S.A. (1999) *Vnutrivennoe lazernoe obluchenie krovi i kislorodtransportnaya funktsiya* [Intravenous laser irradiation of blood and oxygentransport function]. *Anesteziologiya i reanimatologiya* [Anesthesiology and resuscitation], vol. 42, no. 1. pp. 42–43.

62. Gatsura S.V. (2004) *Kislorodzavisimye faktory formirovaniya protivoishemicheskogo deistviya blokatorov kal'tsievykh kanalov, enalaprila, lozartana i nizkoenergeticheskogo lazernogo izlucheniya: avtoref. diss. d-ra med. nauk. St. Kupavna* [Oxigen dependent factors of formation of antiishemic actions of calcium channel blockers, enalapril, losartan and low-energy laser radiation: Synopsis of Theses of Ph.D. of Medical sciences. Article. Kupavna], p. 43.

63. Spodaryk K. (2001) The influence of lowpower laser energy on red blood cell metabolism and deformability. Clin. Hemorheol. Microcirc., vol. 25, no. 3–4, pp. 145–151.

64. Berlin G., Challoner K., Woodson R. (2002) Low O_2 affinity erythrocytes improve performance of ischemic myocardium. J. Appl. Physiol., vol. 92, no. 3, pp. 1267–1276.

65. Kozlov V.I., Builin V.A., Samoilov N.G., Markov I.I. (1993) *Osnovy lazernoi fizio i refleksoterapii* [Fundamentals of laser physiotherapy and reflexology]. *Samara Kiev* [Samara Kiev], 216 p.

66. Gladkih S.P., Alekseev, J.V., Istomin N.A. (1996) *Triggernye molekulyarnye mekhanizmy formirovaniya biologicheskikh effektov pri nizkoenergeticheskoi lazernoi terapii* [Trigger molecular mechanisms of biological effects at low-energy laser therapy]. *Lazerinform* [Laserinform] Moscow, pp. 7–11.

67. Gladkih S.P., Polonsky A.K., Storojakov G.I., Y. Alekseev (1998) *Metody rascheta optimal'nykh svetovykh doz pri nizkoenergeticheskoi lazernoi terapii* [Methods of calculation of optimal light doses in the low-energy laser therapy]. *Lazerinform* [Laserinform], Moscow, pp. 32–33.

68. Vladimirov Y.A. (1999) *Lazernaya terapiya: nastoyashchee i budushchee* [Laser therapy: present and future]. *Sorosovskii obrazov. zhurn.* [Soros images. Journal], no. 12, pp. 2–8.

69. Vladimirov Y.A. (2000) *Biologicheskie osnovy lazernoi terapii. ISSEP. Mezhdunar. Sorosovskaya programma obrazovaniya v oblasti tochnykh nauk. Entsiklopediya* [Biological fundamentals of laser therapy, ISSEP. INTL. Soros educational program in the sphere of exact Sciences. Encyclopedia]. *Sovremennoe estestvoznanie* [Modern science], Moscow, Molecular basis of biological processes, vol. 8, pp. 288–293.

70. Lisovskaya I.L., Shurkhina Y.S., Ataullakhanov F.I. et al. (1999) *Fil'tratsionnoosmoticheskii metod otsenki raspredeleniya eritrotsitov po reologicheskim parametram. Obosnovanie i prakticheskie prilozheniya* [Tratsion osmotic method of assessing the distribution of erythrocytes by rheological parameters. Rationale and practical application]. *Tematol. i transfuziol* [Тematol. and transfusiol], no. 3, pp. 20–24.

71. Ekimov E.K., Petrov V.A. (1992) *Antioksidanty modulyatory stressreaktsii v eksperimente i klinike* [Antioxidants modulators of stress reactions in experiment and clinic]. *Tez. dokl. IV konf. «Bioantioksidant»* [Theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2, p. 74.

72. Kaplan E. (1992) *Differentsirovannoe primenenie antioksidantov pri stressovykh sostoyaniyakh s pozitsii sistemnykh predstavlenii* [Differential application of antioxidants in stress conditions from a position of system views]. *Tez. dokl. IV konf. «Bioantioksidant»* [Theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2, p. 56.

73. Liebe M.L. (1992) *Effekt fenol'nogo antioksidanta na padrenoretseptory mozga krys pri emotsional'nobolevom stresse* [The effect of a phenolic antioxidant on radrenoreceptors brain of rats under emotionally painful stress]. *Tez. dokl. 1U konf. «Bioantioksidant»* [Theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2, p. 106.

74. Seyfulla R., Borisov I.G. (1990) *Problemy farmakologii antioksidantov* [Problems of pharmacology antioxidants]. *Farmakol. i toksikol.* [Pharmacology and toxicology], vol. 53, no. 6, pp. 3–10.

75. Mikhailov S.S., Factor E.A. (1992) *Primenenie antioksidantnykh sredstv dlya korrektsii peroksidatsii lipidov v organizme sportsmenov* [Application of antioxidant agents for the correction of lipid peroxidation in the organism of athletes]. *Tez. dokl. 1V konf. «Bioantioksidant»* [Theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2, p. 64.

76. Jigatcheva I.V. (1992) *Kurenie i soderzhanie produktov perekisnogo okisleniya lipidov v mitokhondriyakh pecheni i tkani legkikh* [Smoking and content of lipid peroxidation products in the mitochondria of liver and lung tissue]. *Zhigacheva I.V., Kaplan E.Ya., Pakhomov Yu.V., tez. dokl. 4 konf. «Bioantioksidant»* [Jigatcheva I.V., Kaplan E.Ya., Pakhomov Yu.V., theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2, p. 123.

77. Ledig M., M'Paria JR, Mandel P. (1981) SOD activity in rat brain during acute and chronic alcohol intoxication. Neurochem. Res., vol. 6, p. 385.

78. Adachi J., Matsushita S., Yoshioka N., et al. (2004) Plasma PCOOH as a new marker of oxidative stress in alcoholic patients. J. Lipid Res., vol. 45, no. 5, pp. 967–971.

79. Aliev A.A., Hajiyev R.A., Efendiyeva L.T., etc. (1992) *Prognoz geneticheskogo riska u lits, professional'no kontaktiruyushchikh s vrednostyami anilinokrasochnogo proizvodstva, i korrektsiya ego al'fatokoferolom* [Weather and other genetic risk for persons professional contact with the harmfulness of aniline production, alphatocopherol and correction]. *Tez. dokl. 4 konf. «Bioantioksidant»* [Theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2. p. 87.

80. Melkonian M.M., Melik-Agaev E.A. (1992) *Regulyatsiya metabolizma lipidov i sostoyanie antioksidantnoi sistemy krovi zhenshchin, rabotayushchikh v usloviyakh vozdeistviya shuma* [Regulation of lipid metabolism and antioxidant system of the blood of women working in conditions of noise]. *Tez. dokl. 4 konf. «Bioantioksidant»* [Theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2, pp. 97.

81. Agafonova O.V., Losev A.S. (1992) *Antioksidantnaya terapiya kholodovykh povrezhdenii v eksperimente* [Antioxidant therapy of cold damage in the experiment]. *Tez. dokl. 4 konf. «Bioantioksidant»* [Theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2, p. 68.

82. Vasylkova T.V., Kuchta V.K. (1992) *Aktivnost' antioksidantnoi zashchity eritrotsitov pri gipotermii organizma* [Activity of antioxidant protection of erythrocytes in the body hypothermia]. *Tez. dokl. 4 konf. «Bioantioksidant»* [Theses of Report at the IV, Conference «Bioantioxidant»], Moscow, vol. 2, p. 105.

83. Neifach E.A., Ivanenko G.F., Shalenko V.N. and other (1997) *Peroral'naya korrektsiya lipoperekisnoi patologii u likvidatorov avarii ChAES* [Oral pathology correction lipoperekisnoy liquidators of Chernobyl]. *Tez.4 Ros. nats. kongr. «Chelovek i lekarstvo»* [Tez. 4 Ros. nat. Congress». Man and Medicine»], Moscow, p. 86.

84. Nikonov V.V., Khimenko L.P. (1997) *Aspekty primeneniya antioksidantov u «likvidatorov» avarii na ChAES* [Aspects of the use of antioxidants for «liquidators« of the Chernobyl accident]. *Tez. 4 Ros. nats. kongr. «Chelovek i lekarstvo»* [Proc. 4 Ros. Nat. Congress. «Man and Medicine»], Moscow, p. 71.

85. Karkishchenko N.N. (1995) *Klinicheskaya i ekologicheskaya farmakologiya v terminakh i ponyatiyakh: tezaurus* [Clinical pharmacology and environmental terms and concepts in: thesaurus], Moscow, p. 304.

86. Arushanyan A.B. (2000) *Nekotorye aspekty khronofarmakologii serdechnososudistykh sredstv* [Some aspects of cardiovascular chronopharmacology funds]. *Eksp. i klin. farmakologiya* [Exp. and the wedge. Pharmacology], vol. 63, no. 6, pp. 67–75.

87. Hata T. (2000) Noninvasive Rhaman spectroscopic detection of carotenoids in human skin. T. Hata (et al.) J. Invest. Dermatol., vol. 115, pp. 441–448.

88. Rahman I., Kelly F. (2003) Biomarkers in breath condensate: a promising noninvasive technique in free radical research. Free Radic. Res., vol. 37, pp. 1253–1266.

89. Tarpey M., Wink D., Grisham M. (2004) Methods for detection of reactive metabolites of oxygen and nitrogen in vitro and in vivo considerations. Am. J. Physiol., vol. 286, pp. 431–444.

ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ НИР, ОКР/ОТР

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

В статье анализируется технология информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР. Рассмотрены вопросы описания с позиций информационного подхода. Информационный подход вносит в анализ и оптимизацию технологий и систем управления количественную меру неопределенности и информации, благодаря чему оказывается возможным использовать количественно-качественный аппарат теории информации.

Ключевые слова: технология информационно-аналитической поддержки принятия решений, информационный подход, неопределенность, информация.

INFORMATION TECHNOLOGY APPROACH TO THE DESCRIPTION OF INFORMATION AND ANALYTICAL DECISION MAKING SUPPORT IN THE SPHERE OF R&D MANAGEMENT

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

The article analyzes the technology of information and analytical decision making support in the sphere of R&D management. These issues are described herein using an informational approach. Information approach introduces the quantitative measure of uncertainty and information to the analysis and optimization technologies and management systems, so that it is possible to use quantitative and qualitative information apparatus of the theory.

Key words: technology of information and analytical decision making support, informational approach, uncertainty, information.

Анализ сферы управления научно-исследовательскими, опытно-конструкторскими и технологическими работами (НИР, ОКР/ОТР), проводимыми по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса Российской Федерации (НТК), и прототипа информационной системы подготовки аналитических документов (ИСПАД) в составе Федерального реестра экспертов Минобрнауки России позволяет сделать вывод о том, что функционирование подсистем прототипа направлено на решение следующих основных задач:

– формирование данных о состоянии, направлениях и динамике развития сферы исследований и разработок, их оценивание (интерполяция, фильтрация, экстраполяция) и представление экспертам-аналитикам;

– выработка экспертами-аналитиками гипотез в форме аналитических документов с предложениями по тематике исследований по приоритетным направления развития НТК;

– проверка представленных экспертами-аналитиками гипотез и формирование предложений Заказчику.

Совокупность названных задач определяет содержание понятия «переработка и передача информации в АСУ». При этом целью процесса переработки информации в системе информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР является формирование Заказчиком технического задания и объемов финансирования на проведение исследований и разработок. Декомпозиция названной цели позволяет сформировать требования к переработке информации:

– минимизация затрат на получение и переработку информации;

– минимизация времени на получение данных и формирование информационных массивов для экспертов-аналитиков;

– максимизация достоверности представляемых Заказчику аналитических документов.

На этапе постановки задачи эксперту-аналитику на проведение исследований по тематическому направлению маловероятно ожидать оперативного формирования достоверного аналитического отчета, удовлетворяющего требованиям Заказчика. Поэтому на начальных стадиях процесса информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР основное внимание уделяется информационной поддержке эксперта-аналитика, а на заключительных стадиях – адекватности оценки экспертом-аналитиком реального состояния сферы исследований и разработок в рамках тематического направления. При этом в рамках ИСПАД формирование предложений по тематике исследований осуществляется поступательно в направлении все более полной и адекватной оценки приоритетного направления развития НТК, возможности и целесообразности проведения исследований.

Анализ процесса информационно-аналитической поддержки принятия решений (ИАППР) в сфере управления НИР, ОКР/ОТР показывает, что общий характер изменения достоверности разрабатываемых аналитических документов может быть описан логистическими кривыми вида (рис. 1).

$$D(t_i)=\frac{b}{1+\frac{b-a}{a}e^{-c_{t_i}}} \qquad (1)$$

где a – начальный уровень достоверности аналитического документа; b – конечный уровень достоверности аналитического документа; c – интенсивность совершенствования аналитического документа, определяемая уровнем подготовки эксперта-аналитика и техническими возможностями ИСПАД.

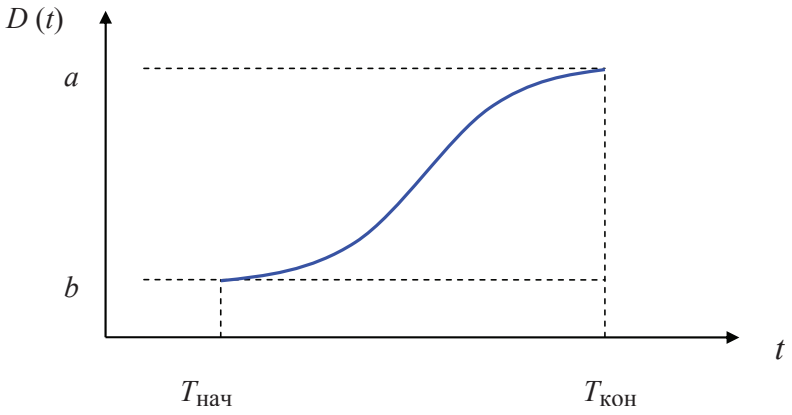


Рис. 1. Характер изменения достоверности разрабатываемых аналитических документов

При этом информационная неопределенность (Н) принятия решения по предлагаемой тематике исследований и разработок связана с достоверностью представленных экспертом-аналитиком аналитических документов $D(t_i)$ в момент времени t в интервале $T_{нач} < t < T_{кон}$ и может быть определена как

$$\text{Н}(t) = h[(b - D(t)] = h\frac{ab\,e^{-c(t-T_{нач})}}{1+\frac{b-a}{a}e^{-c(t-T_{нач})}}, \qquad (2)$$

где h – коэффициент пропорциональности, определяемый уровнем подготовки экспертов-аналитиков и техническими возможностями ИСПАД.

Характер зависимости информационной неопределенности Н(t) и удельных затрат на подготовку аналитического документа Ц$_y$(t) имеет вид, приведенный на рис. 2 [1].

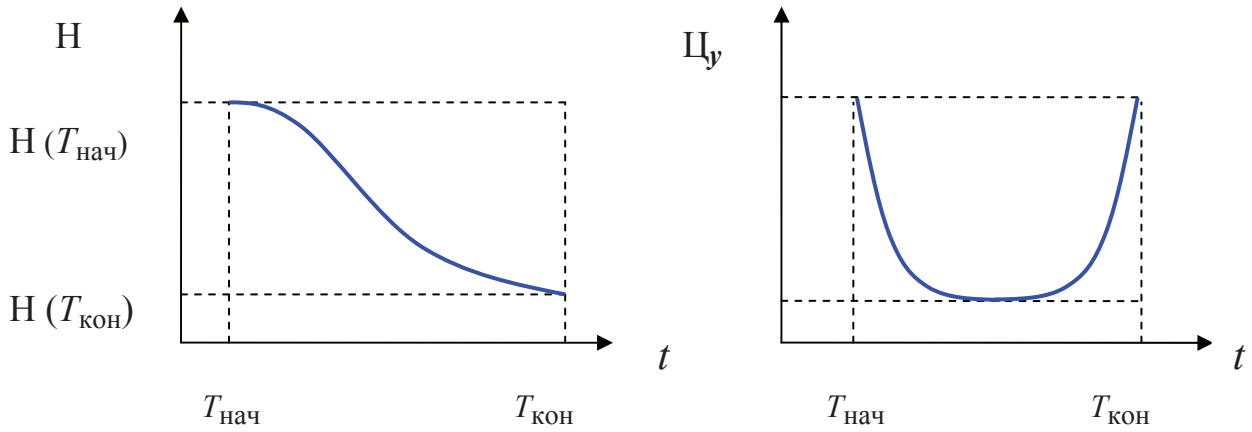


Рис. 2. Характер изменения информационной неопределенности (Н) в ходе подготовки аналитического документа и удельных затрат (Ц$_y$) на формирование информационных массивов

Количество информации о тематическом направлении исследований, получаемое в ходе формирования экспертом аналитического документа может быть представлена как разность вида [1]:

$$I = \text{Н}(T_{нач}) - \text{Н}(T_{кон}). \qquad (3)$$

Для системного анализа, оценки и оптимизации пространственно-временных свойств технологии ИАППР в сфере управления НИР, ОКР/ОТР, проводимых по приоритетным направлениям развития НТК, необходимо выбрать единую систему мер, позволяющую описать входящие в нее объекты или множества моделей, отражающих совокупность их свойств, независимо от выбранной системы отсчета.

В соответствии с принципом отражения для исследования сущности информационных систем последние должны быть наблюдаемы посредством информации, отражающей различные стороны их функционирования и получаемой от внутренних элементов и внешних объектов [1].

Информационный подход вносит в анализ и оптимизацию технологии ИАППР в сфере управления НИР, ОКР/ОТР количественную меру неопределенности и информации. Благо-

даря этому оказывается возможным в различных предметных областях и применительно к исследованию объектов различной природы использовать одинаковый количественно-качественный аппарат теории информации [1].

В процессе формирования тематики НИР, ОКР/ОТР, проводимых по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса Российской Федерации, Заказчик (действующий через эксперта-администратора) и Разработчик тематики (эксперт-аналитик) образуют кибернетическую систему. В рамках кибернетической системы Заказчик является органом управления, задающим цель создания и контролирующим через подчиненные организации процесс создания инновационной продукции, а Разработчик является объектом управления, производящим продукцию с заданными свойствами (аналитические документы).

Взаимодействие Заказчика и эксперта-аналитика на этапе формирования тематики НИР, ОКР/ОТР осуществляется через специализированную организацию, обеспечивающую организационную и информационную поддержку подготовки аналитических документов (рис. 3).

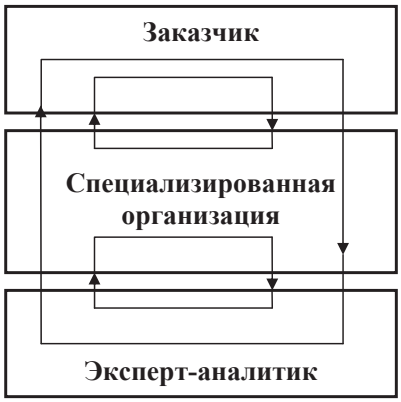


Рис. 3. Схема взаимодействия Заказчика и эксперта-аналитика в процессе разработки тематики НИР, ОКР/ОТР

Информационное описание системы управления НИР, ОКР/ОТР позволяет установить основные закономерности, определяющие ее функционирование как единого целого [1].

Применительно к 3-х уровневой организации информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР организационно-иерархическая структура представлена на рис. 4.

На нижнем уровне системы управления НИР, ОКР/ОТР находится экспертное сообщество, на верхних уровнях – контуры организационного управления, связанные между собой потоками различной информации.

Информация, циркулирующая в системе управления НИР, ОКР/ОТР (рис. 4) проявляется в процессе подготовки пилотных аналитических отчетов и других документов в видах:

– осведомляющей информации, поступающей от экспертов-аналитиков в виде аналитических документов и от экспертов-администраторов в виде информационных массивов БД ИСПАД, формируемых на основе анализа информационных источников ($I^{И}$);

– управляющей информации, поступающей от органов управления к экспертам ($I^{У}$).

Формальное описание технологии информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР проведем с позиций информационно-кибернетического системного подхода [30], особенно важное значение в котором имеют уравнения информационного баланса и необходимые условия наблюдаемости и управляемости.

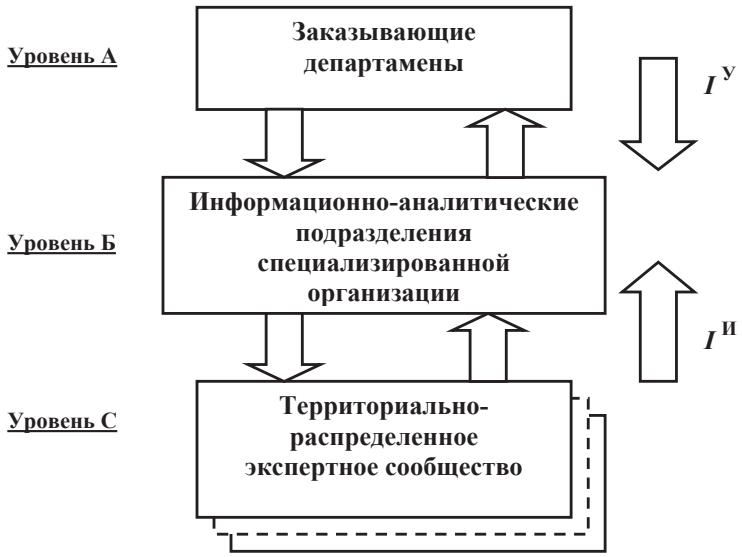


Рис. 4. Организационно-иерархическая структура правления сферой НИР, ОКР/ОТР

С использованием свойств иерархической аддитивности информационной энтропии в многоуровневой системе [1, 2] информационную неопределенность (энтропию – H) системы ИАППР в сфере управления НИР, ОКР/ОТР можно описать выражением вида:

$$H^{АБС} = H^{А} + H^{Б/А} + H^{С/АБ} = H^{С} + H^{Б/С} + H^{А/БС}, \tag{4}$$

где $H^{А}$, $H^{С}$ – информационная неопределенность на уровнях А и С (заказывающие управления и эксперты-аналитики);
$H^{Б/А}$ – информационная неопределенность на уровне Б, после того как состояние на уровне А полностью определилось;
$H^{С/АБ}$ – информационная неопределенность на уровне С, после того как состояние на уровнях А и Б полностью определилось;
$H^{Б/С}$ – информационная неопределенность на уровне Б, после того как состояние на уровне С полностью определилось;
$H^{А/БС}$ – информационная неопределенность на уровне А, после того как состояние на уровнях Б и С полностью определилось.

Выражение для информационных потоков, циркулирующих в процессе информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР, может быть представлено в виде:

$$\begin{aligned} I_{А}^{И} &= H^{А} - H^{А/БС}, \quad I_{С}^{У} = H^{С} - H^{С/АБ}, \\ I_{Б}^{И} &= H^{Б} - H^{Б/С}, \quad I_{Б}^{У} = H^{Б} - H^{Б/А}. \end{aligned} \tag{5}$$

После несложных преобразований выражение (4) принимает вид:

$$I_{А}^{И} + I_{Б}^{И} = I_{С}^{У} + I_{Б}^{У}. \tag{6}$$

Информационное равенство (6) получило название уравнения информационного баланса [1] и справедливо для процессов информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР.

В случае невыполнения условия (6) в системе ИАППР в сфере управления НИР, ОКР/ОТР могут складываться следующие ситуации:

– неполнота осведомляющей информации для органов управления о состоянии сферы исследований и разработок по приоритетному направлению развития научно-технологического комплекса ($I_{АБ}^{И} < I_{БС}^{У}$);

– избыток осведомляющей информации для информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР ($I_{АБ}^{И} > I_{БС}^{У}$).

В первом случае не удается достичь требуемого уровня качества предложений по тематике проведения НИР, ОКР/ОТР и обоснованности (объективности) принятия решения о возможности их финансирования из государственного бюджета. Дефицит осведомляющей информации в системе информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР должен устраняться за счет увеличения количества и повышения качества информационных источников, использования накопленного опыта на предыдущих этапах формирования тематики НИР, ОКР/ОТР, увеличения количества и повышения качества привлекаемых экспертов-аналитиков.

Во втором случае избыток осведомляющей информации ведет к перегрузке аппаратно-программных комплексов информационной системы подготовки аналитических документов, затрат на поиск и обработку информации, дополнительной загрузке привлекаемых для формирования информационных массивов экспертов.

В процессе информационно-аналитической поддержки принятия решений требование информационного баланса для различных условий, складывающихся в сфере управления НИР, ОКР/ОТР, выполнить достаточно сложно. Проще выполнить условие наблюдаемости в кибернетической системе [1]:

$$I_{С}^{У} + I_{Б}^{У} \le I_{А}^{И} + I_{Б}^{И} . \qquad (7)$$

Сила неравенства (7) определяется алгоритмом функционирования системы информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР. Для меняющейся внешней среды в сфере исследований и разработок и структуры управления НИР, ОКР/ОТР невозможно обеспечить условие наблюдаемости, исходя из постоянных неизменных алгоритмов управления, реализуемых в ИСПАД. Эту задачу способны решить адаптивные системы управления. Кроме того, управление НИР, ОКР/ОТР, вследствие его сложности, пространственной и временной распределенности протекает, как правило, в условиях неполной информации о предметной области сферы исследований и разработок. Одним из путей устранения (или уменьшения) дефицита данных из доступных информационных источников является использование экспертной информации, что связано с формированием и поддержанием в актуальном состоянии экспертного сообщества в научно-технической сфере.

Таким образом:

– формальное описание технологии информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР с применением информационно-кибернетического системного подхода может быть положено в основу дальнейших исследований особенностей информационного обеспечения процесса подготовки аналитических документов для формирования тематики приоритетных научных исследований;

– в качестве основных методологических принципов организации информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР целе-

сообразно принять принципы информационно-кибернетического системного подхода и условий соблюдения информационного баланса и наблюдаемости в кибернетической системе;

– условие соблюдения информационного баланса определяет требования к количественным и качественным характеристикам взаимодействия в процессе информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере управления НИР, ОКР/ОТР, степень невыполнения которых определяет величину риска Заказчика.

Список литературы

1. Глазов Б.И. Методологические основы информационно-кибернетической системотехники. М.: РВСН, 1992 г., 170 с.

2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Издание третье, исправленное. М.: Наука, 1964 г., 576 с.

References

1. Glazov B. (1992) *Metodologicheskie osnovy informatsionno-kibernetic heskoy sistemotekhniki* [Methodological foundations of information and cyber systems engineering]. *RVSN* [RVSN], Moscow, p. 170.

2. Wentzel E. (1964) *Teoriya veroyatnostey. Izdanie tret'e, ispravlennoe* [Probability Theory. Third edition, revised]. *Nauka* [Nauka Publishers], Moscow, p. 576.

ВЫБОР РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО РАНЖИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

С.Н. Бухарин, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. физ.-мат. наук, *bsn@extech.ru*
Н.А. Дивуева, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *tus@extech.ru*
Е.А. Марышев, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. тех. наук, *emarysh@extech.ru*

В статье рассматриваются два подхода к выбору результирующего ранжирования на основании ранжирований, указанных экспертами. Выбор результирующего ранжирования, основанный на отыскании матрицы Кемени, может быть положен в основу методики оценки компетентности экспертов.

Ключевые слова: результирующее ранжирование, медиана Кемени, матрица отношений, матрица разногласий, метод Дельфи.

THE CHOICE OF THE RESULTING RANKINGS

S.N. Buharin, Leading Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Physics and Mathematics, *bsn@extech.ru*
N.A. Divueva, Head of Department, SRI FRCEC, *tus@extech.ru*
E.A. Maryshev, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, *emarysh@extech.ru*

This article describes two approaches to the selection of the resulting ranking based on the rankings, which have been specified by experts. Select the result ranking based on finding the matrix Kemeny, can be the basis for the methodology for assessing the competence of experts.

Key words: resulting ranking, Kemeny median, matrix relation, matrix differences, Delphi method.

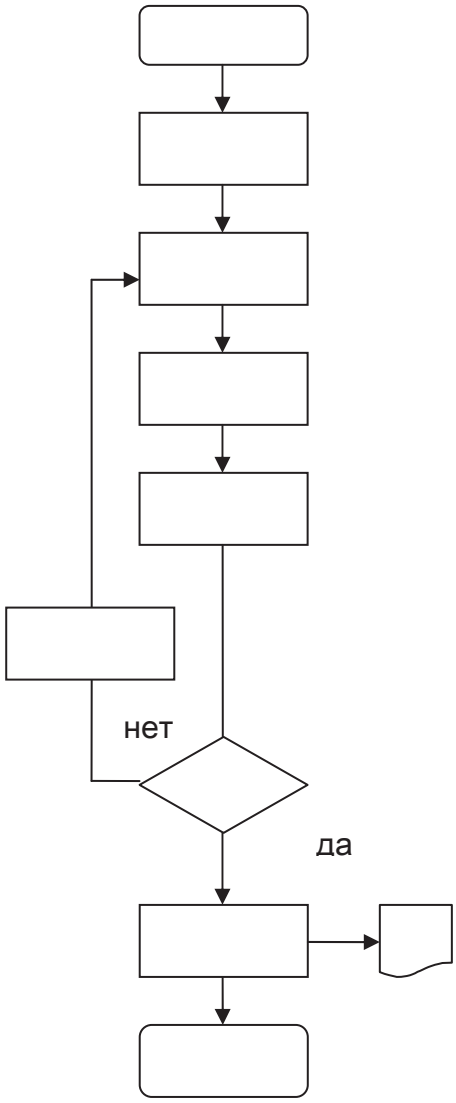
Методы экспертных оценок имеют важное значение при принятии решений на различных уровнях управления, позволяя организовать работу со специалистами-экспертами и обеспечить обработку их мнений, которые обычно выражены как в количественной, так и в качественной форме.

В настоящей работе рассматриваются два метода обработки экспертной информации с целью получения результирующего ранжирования.

Одним из решений задачи выбора результирующего ранжирования является использование методов группового выбора, позволяющих структурировать множество альтернатив при разных мнениях экспертов. В методах поддержки принятия решений, по возможности, обрабатывают все экспертные суждения без исключения. К исключению прибегают в редких случаях, например, для борьбы с манипулированием, т. е. сознательным искажением экспертами своих оценок с целью лоббирования тех или иных альтернатив. В качестве примера метода группового выбора без исключения можно привести метод Дельфи [1].

Метод представляет собой многоэтапную процедуру оценки альтернатив экспертами, работающим изолированно друг от друга. В результате последовательных итераций позиции экспертов сближаются, формируются обобщенные оценки, что позволяет получить наиболее объективное представление об объекте экспертизы (см. табл.).

Общая схема процедуры Дельфи

№ п/п	Общая схема	Описание операции
		Начало процесса
1		Формирование блока входящей информации
2		Оценка альтернатив
3		Обработка рабочей группой ответов и оценок данных экспертами
4		Выявление крайних мнений и мнений, которых придерживается большинство
5		Сообщение экспертам крайних мнений и мнения большинства
6		Принятие решения
7		Заполнение протокола результатов экспертной оценки
8		Окончание процесса

Алгоритм процедуры

1. Формирование блока входящей информации.

1.1. Каждому изолированному друг от друга эксперту выдается исходная информация для оценивания альтернатив.

1.2. Каждому эксперту отдельно ставится задача экспертной оценки.

2. Оценка альтернатив.

2.1. Эксперты производят оценку альтернатив.

2.2. Результаты передаются рабочей группе.

3. Обработка рабочей группой ответов и оценок, данных экспертами.

4. Выявление крайних мнений и мнения, которого придерживается большинство.

4.1. Выявляются крайние мнения, высказанные экспертами – $M_к$.

4.2. Выявляется мнение, которого придерживается большинство экспертов – $M_в$.

4.3. Оценивается «разброс мнений» $\Delta = | M_к - M_в |$.

5. Сообщение экспертам крайних мнений и мнения большинства.

5.1. Эксперты рассматривают предоставленную рабочей группой информацию.

5.2. Эксперты принимают решения на основе полученной информации.

5.3. Эксперты письменно обосновывают, почему изменили ранее принятое решение или остались с прежним мнением.

5.4. Мнения экспертов передаются в рабочую группу.

6. Принятие решения.

6.1. Если «разброс мнений» равен нулю ($\Delta = 0$), то процедура экспертных оценок Дельфи заканчивается.

6.2. Если «разброс мнений» имеет место ($\Delta \neq 0$), то организуются последующие итерации.

7. Заполнение протокола результатов экспертной оценки. В протокол заносятся результаты обоснованного и согласованного решения экспертов.

8. Окончание процедуры.

Вся процедура может быть проведена в виртуальном пространстве с помощью Интернета. Для участия в методе Дельфи привлекаются специалисты, информация о которых занесена в базу данных Реестра экспертов, заполняемую и поддерживаемую с помощью процедуры формирования группы экспертов.

Метод Дельфи является одним из наиболее распространенных методов эвристического анализа, обеспечивая согласованность мнений экспертной группы и выработку конечных рекомендаций. Тем не менее, следует учитывать, что применение данного метода предъявляет высокие требования к компетенции, квалификации и объективности модератора рабочей группы; кроме того, следует учитывать значительное время, затрачиваемое на реализацию итерационного процесса экспертизы.

Для построения обобщенной ранжировки альтернатив часто рекомендуется использовать метод «медианы Кемени». Эксперты ранжируют альтернативы по принятым критериям. Затем задается способ определения расстояния между полученными оценками (ранжированиями). После этого определяют ранжирование, сумма расстояний от которого до всех полученных ранжирований минимальна. Эта ранжирование выражает итоговое мнение экспертов.

Пусть задано конечное множество $X = \{x_1, ..., x_n\}$, состоящее из n вариантов, представленных для оценивания комиссии, состоящей из m экспертов. Задача состоит в построении итогового варианта из множества X.

Расчет медианы Кемени является одним из способов выбора результирующего ранжирования, который сводится к решению задачи отыскания такого упорядочения альтернатив, то есть строк и столбцов матрицы потерь, чтобы сумма их элементов, расположенная над диагональю, была минимальна. То есть, путем поиска такого упорядочения альтернатив, при котором сумма расстояний от ответов экспертов до текущей переменной достигает минимума.

Известно, что информацию о ранжированиях $P_1, ..., P_m$ можно представить в виде матрицы отношений $\|p_{ij}^1\|, ..., \|p_{ij}^m\|$ [2, 4] или матриц парных сравнений, элементы которых характеризуют число экспертов, считающих альтернативу a_i более предпочтительной, чем альтернативу a_j. При введении мер близости, как правило, рассматривают матрицы потерь $\|r_{ij}\|$ [3].

Введем определение матрицы потерь. Расстояния от произвольного ранжирования P, которому соответствует матрица $\|p_{ij}\|$ до всех ранжирований $P_1, ..., P_m$, указанных экспертами, которым соответствуют матрицы отношений $\|p_{ij}^1\|, ..., \|p_{ij}^m\|$, определяется по формуле:

$$\sum_{\nu=1}^{m} d(P, P_\nu) = \sum_{i<j} \sum_{\nu=1}^{m} d_j\,(P, P_\nu),$$

где $d_{ij}(P, P_\nu) = \left| p_{ij}^{(\nu)} - p_{ij} \right|$.

Следует отметить, что при $p_{ij} = 1$

$$d_{ij}(P, P_\nu) = \begin{cases} 0, \text{ если } p_{ij}^{(\nu)} = 1, \\ 1, \text{ если } p_{ij}^{(\nu)} = 0, \\ 2, \text{ если } p_{ij}^{(\nu)} = -1 \end{cases}.$$

Элемент матрицы потерь r_{ij} определяется как $r_{ij} = \sum_{\nu=1}^{m} d_{ij}(P, P_\nu)$ при $p_{ij} = 1$. Таким образом, матрицы потерь определяются ранжированиями P_1, ..., P_m и не зависят от ранжирования P.

В настоящее время медиана Кемени[1] считается одним из наиболее обоснованных способов выбора результирующего ранжирования на основании ранжирований, указанных экспертами. Определение медианы Кемени в формальном виде можно представить следующим образом:

$$M^*(P_1, ..., P_m) = \text{Arg min} \sum_{\nu=1}^{m} d_{ij}(P, P_\nu) .$$

То есть результирующие ранжирования – это те значения x, при которых достигает минимума указанная сумма расстояний от ответов экспертов до текущей переменной, по которой и проводится минимизация.

[1] Чтобы охарактеризовать свойства коллективных предпочтений, вводятся три определения. Нейтральность – симметричность относительно перестановки альтернатив. Согласованность – мнение комиссии совпадает с общим мнением любых двух ее подкомиссий. Кондорсетовость – из того, что $s_{ij} > s_{ji}$, где s_{ij} число экспертов, считающих x_i более предпочтительной, чем x_j, следует, что $(..., x_i, x_j, ...) \notin F(V)$, где V – ранжирование подгруппы экспертов, а $F(V)$ – общее мнение подгруппы.

Выбор медианы основан на том, что медиана Кемени – единственное результирующее строгое ранжирование, являющееся нейтральным, согласованным и кондорсетовым. Таким образом, медиана удовлетворяет принципу выбора Кондорсе, не приводя к парадоксу Кондорсе. Парадокс Кондорсе – парадокс теории общественного выбора, впервые описан маркизом Кондорсе в 1785 г. Он заключается в том, что при наличии более двух альтернатив и более двух избирателей коллективная ранжировка альтернатив может быть цикличной (не транзитивна), даже если ранжировки всех избирателей не являются цикличными (транзитивны). Таким образом, волеизъявления разных групп избирателей, каждая из которых представляет большинство, могут вступать в парадоксальное противоречие друг с другом. Обобщен теоремой «о невозможности Эрроу».

Известны пять принципов, которым должно удовлетворять результирующее решение. Они были проанализированы Эрроу:

1) независимость – расширение или сужение множества альтернатив при сохранении отношений на общем подмножестве альтернатив не меняет на нем результирующего отношения;

2) универсальность множества допустимых отношений – для любой тройки альтернатив должны найтись отношения такие, что первое связывает все три альтернативы попарно, второе и третье только первые две альтернативы и требование транзитивности результирующего отношения;

3) условие монотонности – если какой-то эксперт изменил свое мнение в пользу результирующего отношения, то оно от этого не изменится;

4) ненавязанность – для любой пары альтернатив существуют множества отношений, такие, что для первого множества пара альтернатив принадлежит оптимальному решению, а для второго нет;

5) отсутствие диктатора – нет эксперта, мнение которого определяет решение, независимо от остальных экспертов;

Медиана Кемени удовлетворяет 2–5 условиям Эрроу, не удовлетворяя лишь условию 1.

Из всего сказанного можно заключить, что медиану Кемени можно считать одним из наиболее корректных результирующих отношений.

Задача отыскания медианы Кемени для ранжирования, таким образом, сводится к задаче отыскания такого упорядочения альтернатив, то есть строк и столбцов матрицы потерь, чтобы сумма их элементов, расположенная над диагональю, была минимальна. То есть, задача отыскания медианы Кемени является следующей задачей оптимизации [3]:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} r_{ij}x_{ij} \to \min,$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1, i \in \{1,...,n\}, \qquad \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, j \in \{1,...,n\}, \qquad x_{ij} = \begin{cases} 1, \\ i, j \in \{1,...,n\}. \\ 0 \end{cases}$$

В настоящее время известно несколько алгоритмов поиска медианы Кемени [3].

Приведем пример выбора результирующего ранжирования. Три эксперта оценивают пять альтернатив:

1. Теоретическое исследование и численное моделирование процессов теплопереноса и процесса диссипации электромагнитного излучения металлическими и магнитными фрактальными антеннами.
2. Изучение изобарных конфигураций в основном состоянии легких ядер.
3. Развитие квантовой теории поля и проверка фундаментальных свойств Стандартной Модели на ускорителях частиц и ядер.
4. Фундаментальные закономерности влияния атомной и электронной структуры новых наноструктурированных материалов для хранения водорода на их функциональные свойства.
5. Исследование процессов получения и дообогащения стабильных изотопов, а также изучение их свойств.

Задача заключается в ранжировании перечисленных направлений исследований по приоритетам. В результате экспертной оценки были получены следующие ранжирования:

$$P_1 = \begin{pmatrix} a_3 \\ a_5 \\ a_2 \\ a_4 \\ a_1 \end{pmatrix} \;..\; P_2 = \begin{pmatrix} a_3 \\ a_5 \\ a_4 \\ a_2 \\ a_1 \end{pmatrix}.\; P_3 = \begin{pmatrix} a_5 \\ a_3 \\ a_2 \approx a_4 \\ a_1 \end{pmatrix}.$$

Соответствующие данным ранжированиям матрицы отношений:

$$M(P_1) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}, M(P_2) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}, M(P_3) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Вычисление матрицы разногласий дало следующий результат:

$$\left\| r_{ij} \right\| = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ 0 & 0 & 6 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 6 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Применение эвристического и комбинированного алгоритмов вычисления медианы Кемени привели к одинаковому результату:

$$P_r = \begin{pmatrix} a_3 \\ a_5 \\ a_2 \approx a_4 \\ a_1 \end{pmatrix}.$$

Матрица отношений имеет вид:

$$M(P_r) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Расстояния ранжирований, проведенных экспертами, до результирующего ранжирования, соответственно: $d\ (P_1, P_r) = 2$; $d\ (P_2, P_r) = 2$; $d\ (P_3, P_r) = 1$.

В результате наиболее близким к результирующему оказалось ранжирование, полученное в результате оценивания третьим экспертом.

Наличие явного фаворита среди представленных альтернатив, малое количество оцениваемых альтернатив и экспертов делает представленный пример тривиальным, однако, он демонстрирует возможности описанного метода выбора результирующего ранжирования. Данный метод приобретает актуальность в отсутствии фаворита, разброса мнений экспертов и наличия значительного числа альтернатив. Кроме того, медиана Кемени может быть использована при решении задачи оценки компетентности экспертов по величине разброса расстояний их оценок от результирующего ранжирования (медианы Кемени).

Результаты и выводы

1. В работе представлены два подхода в решении задачи выбора результирующего ранжирования. В первом случае задача решается путем определения медианы Кемени, при котором сумма расстояний от оценок экспертов до результирующего ранжирования достигает минимума. При этом оценки экспертов остаются неизменными. Во втором случае – при использовании метода Дельфи, оценки экспертов могут изменяться в сторону их сближения в результате информационных воздействий, организованных модератором.

Метод выбора результирующего ранжирования может быть использован для решения задачи оценки компетентности экспертов.

Список литературы

1. Цыганов В.В., Бухарин С.Н. Информационные войны в бизнесе и политике. Теория и методология. М.: Академический проект. 2007.

2. Кемени Дж., Снелл Дж., Томпсон Дж. Введение в конечную математику. М.: 1963. С. 486.

3. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. М.: 2009.

4. Бухарин С.Н., Дивуева Н.А. Меры близости на информационном пространстве // Информационные войны. 2013. № 4.

References

1. Tsyganov V., Bukharin S. (2007) *Informatsionnye voyny v biznese i politike. Teoriya i metodologiya* [Information war in business and politics. Theory and methodology]. *Akademicheskiy proekt* [Academic project], Moscow.

2. Kemeny J., Snell J., Thompson J. (1963) *Vvedenie v konechnuyu matematiku* [Introduction to finite mathematics], Moscow, p. 486.

3. Litvak B. (2009) *Ekspertnaya informatsiya. Metody polucheniya i analiza* [Expert information. Methods of obtaining and analysis], Moscow.

4. Bukharin S., Divuyeva N. (2013) *Mery blizosti na informatsionnom prostranstve* [Proximity measures at the information space]. *Informatsionnye voyny* [Information wars], no. 4.

РАЗВИТИЕ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

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

В статье приведены основные количественные показатели, характеризующие уровень финансирования гражданской науки. Отражен опыт Великобритании по реформе управления финансами. Проанализированы основные подходы к реформированию бюджетного процесса в Российской Федерации. Акцентировано внимание на финансовом обеспечении реализации Государственной программы «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 гг.

Ключевые слова: ассигнования на гражданскую науку, реформирование бюджетного процесса, программно-целевой метод, государственная программа.

DEVELOPMENT OF PROGRAM-TARGET METHOD OF RESEARCH PLANNING

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

The article presents the main quantitative indicators characterizing the level of civil science funding. The experience of the UK on the reform of financial management is reflected. The article shows the basic approaches to the reform of the budget process in the Russian Federation. The attention is focused on the financial support of the Federal Program «Development of Science and Technology» for 2013–2020.

Key words: allocations for civil science, reforming the budget process, program-target method, federal program.

Важнейшим фактором, определяющим состояние научного потенциала и, в конечном итоге, результативность научной и научно-технической деятельности, является финансовое обеспечение выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Политика государственной поддержки научных исследований, включая их финансирование из средств национальных бюджетов, осуществляется всеми странами, стремящимися к повышению своего социально-экономического и технологического уровня развития. Такая политика характерна и для Российской Федерации. Динамика выделяемых из федерального бюджета ассигнований на выполнение НИОКР отражает тенденцию их постоянного роста (табл. 1) [1].

Таблица 1

Ассигнования на гражданскую науку из средств федерального бюджета

	Ед. изм.	2007 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.
Гражданская наука – всего	млрд руб.	132,70	219,05	313,90	355,92
Фундаментальные исследования	млрд руб.	54,77	83,20	91,68	86,69
Прикладные исследования	млрд руб.	77,93	135,86	222,21	269,30

Количественной мерой, косвенно отражающей отношение государства и общества к развитию науки, технологий и техники, служат объемы выделения и расходования денежных средств. Они могут характеризоваться различными финансовыми показателями. В их числе – показатель, отражающий долю ассигнований на гражданскую науку из средств федерального бюджета в расходах федерального бюджета (табл. 2) [1].

Данные табл. 2 свидетельствуют, что в 2007–2012 гг. в расходах федерального бюджета максимальное значение показателя доли ассигнований на гражданскую науку в целом составляло 2,87 % (2011 г.).

Таблица 2

Ассигнования на гражданскую науку из средств федерального бюджета в расходах федерального бюджета и их доля в валовом внутреннем продукте

	Ед. изм.	2007 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.
Ассигнования на гражданскую науку в расходах федерального бюджета – всего	%	2,22	2,27	2,87	2,76
Фундаментальные исследования в расходах федерального бюджета	%	0,91	0,86	0,84	0,67
Прикладные исследования в расходах федерального бюджета	%	1,30	1,41	2,03	2,09
Ассигнования на гражданскую науку в валовом внутреннем продукте	%	0,40	0,56	0,58	0,57
Фундаментальные исследования в валовом внутреннем продукте	%	0,16	0,21	0,17	0,14
Прикладные исследования в валовом внутреннем продукте	%	0,23	0,35	0,41	0,43

Рост общей величины этого показателя в 2007–2011 гг. сменился падением в 2012 г., при этом отмечался устойчивый рост расходов на прикладные исследования (с 1,30 % в 2007 г. до 2,09 % в 2012 г.).

Федеральный закон РФ от 01.07.1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» (ст. 15) закрепил множественность источников финансирования. Во внутренних затратах на исследования и разработки доля средств бюджетов остается превалирующей, составив в 2012 г. 66,0 % [1].

Поэтому ключевой задачей государственной финансовой политики в области исследований и разработок является получение наибольшей эффективности от вложения бюджетных средств в научные исследования. Начато реформирование финансирования науки в рамках общей реформы бюджетного процесса страны с целью получения конкретных результатов, необходимых для удовлетворения федеральных государственных нужд.

Реформирование бюджетного процесса, к которому в Российской Федерации приступили с начала 2000-х годов, основывалось на модели бюджетирования, ориентированного на результат (БОР). Этот подход широко использовался в развитых странах еще в 1990-е годы [2, 3, 4]. Он заключался в использовании метода исполнения бюджета в соответствии с утвержденным планом, ориентированным на ожидаемые и фактические результаты предоставления бюджетных услуг.

Так, в Великобритании реформа управления финансами, получившая название «инициатива движения вперед», включала проведение комплексного анализа государственных расходов, в ходе которого было рассмотрено распределение бюджетных ресурсов между стать-

ями расходов. Новый подход включал разработку следующих документов: Соглашения о бюджетных услугах и Соглашение о качестве услуг. Эти документы устанавливали цели и задачи каждого ведомства, целевые значения показателей качества и объема бюджетных услуг и ожидаемого эффекта от их предоставления.

Формирование бюджета основывалось на обсуждении конечных результатов, достигнутых при реализации Соглашения о бюджетных услугах.

Интересной представляется действующая в Великобритании система увязки приоритетов на национальном, региональном и муниципальном уровнях. Верхний уровень представлен пятилетним стратегическим планом развития территории. Среднесрочный уровень представлен двухлетним планом-графиком мероприятий по реализации стратегии (обновляется и уточняется по итогам каждого финансового года) и трехлетним финансовым планом (бюджет). Целевые ориентиры плана-графика и финансового плана конкретизируют долгосрочные цели, отраженные в стратегическом плане.

Опыт Великобритании показал, что применение БОР позволило определить подходы к решению следующих задач:

– распределение бюджетных ресурсов не по видам затрат, а по стратегическим целям;

– контроль над издержками на бюджетные услуги путем выбора наиболее экономичного способа их предоставления;

– сравнение расходных программ и выбор наиболее экономичных из них по результатам оценки эффективности и результативности расходов;

– сопоставление услуг с точки зрения их качества с подобными услугами в других странах, регионах и городах;

– повышение прозрачности и обоснованности бюджетных расходов;

– смещение акцента с внешнего контроля за целевым расходованием средств на повышение внутренней ответственности и внутреннего контроля за эффективностью расходов и др.

В Российской Федерации базовым документом в области управления финансами стала Концепция реформирования бюджетного процесса в РФ в 2004–2006 гг. (далее – Концепция), принятая в соответствии с постановлением Правительства РФ от 22.05.2004 г. № 249 «О мерах по повышению результативности бюджетных расходов» (далее – постановление № 249) [5].

Заложенная в Концепции система бюджетного планирования, ориентированная на результат, предусматривала:

1. Изменение системы организации бюджетного процесса, ее ориентирование на достижение общественно значимых результатов.

2. Управление бюджетными результатами, в рамках которых бюджет формируется, исходя из планируемых целей и результатов государственной политики.

3. Расширение сферы применения программно-целевых методов планирования в рамках бюджетных целевых программ (федеральных целевых и ведомственных целевых программ).

4. Ведение мониторинга результативности бюджетных расходов и качества управления бюджетными средствами.

5. Проведение внутреннего аудита бюджетных затрат и результатов деятельности администраторов бюджетных средств.

6. Учет объемов бюджетных ресурсов по методу начислений.

7. Изменение порядка разработки и рассмотрения проекта федерального бюджета на очередной год и перспективного финансового плана.

Изменение системы организации бюджетного процесса основывалось на следующих принципах:

– ориентация бюджетного процесса на выработку четких бюджетных приоритетов;

– привязка бюджетных расходов к функциям (услугам, видам деятельности) и программам субъектов бюджетного планирования;

– обоснование конечных целей осуществления бюджетных расходов.

Среди других принципов, которые предусматривались моделью бюджетного планирования, ориентированного на результат, можно отметить:

– формирование каждым субъектом бюджетного планирования собственного бюджета;

– укрупнение плановых позиций;

– выстраивание системы внутреннего контроля;

– расширение самостоятельности администраторов бюджетных средств (субъектов бюджетного планирования), включая подведомственные организации (в рамках принятых ограничений);

– установление горизонта планирования в три года;

– распределение бюджетных ресурсов между администраторами бюджетных средств с целью эффективной реализации бюджетных программ в соответствии со среднесрочными приоритетами и долгосрочными прогнозами социально-экономического развития.

Программа повышения эффективности бюджетных расходов на период до 2012 г. (далее – Программа 2012 г.) [6], разработанная Минфином России, была ориентирована на достижение конечных общественно значимых и измеримых результатов, переход к программной структуре расходов бюджетов, широкое внедрение программно-целевых принципов организации деятельности органов власти, государственных заданий для учреждений.

Такой подход предусматривает прямую взаимосвязь между распределением бюджетных ресурсов и фактическими или планируемыми результатами их использования. Достижение этой взаимосвязи могло быть достигнуто за счет обеспечения долгосрочной сбалансированности и устойчивости бюджетной системы России. Ее основные принципы: консервативность экономических прогнозов, положенных в основу бюджетного планирования; сокращение бюджетного дефицита и государственного долга; ограниченное использование нестабильных (зависящих от внешних условий) доходов для финансирования «длящихся» расходов; предсказуемость налоговой политики; создание необходимых финансовых резервов и др.

Речь также шла о внедрении международных стандартов в сфере государственного (муниципального) финансового контроля.

Кроме того в Программе 2012 г. предусматривалось изменение подхода к составлению федерального бюджета. Базовый принцип заключался в том, что все расходы должны быть программными и целевыми, оформленными в виде больших бюджетных программ, за реализацию которых отвечают министерства-координаторы. Ведомства как субъекты бюджетного планирования получают средства под достижение конкретных целей.

Если ранее доля программных расходов составляла примерно 15 % расходной части бюджета, то результатом внедрения Программы 2012 г. должно было стать ее возрастание.

Основной инструмент повышения эффективности бюджетных расходов, с точки зрения Минфина России, – это долгосрочные целевые программы (ДЦП). Предполагалось, что именно ДЦП, осуществляемые в соответствии с планом (картой ДЦП), содержащим перечень целей, целевых индикаторов ДЦП, приоритетных направлений, задач и мероприятий с указанием сроков их выполнения, а также финансовых средств и их источников, должны заменить действующие федеральные целевые программы. В основу разработки и реализации ДЦП закладывались следующие принципы:

– формирование программ, исходя из четко определенных долгосрочных целей социально-экономического и технологического развития и индикаторов их достижения;

– установление для программ измеримых результатов, как правило, двух типов: конечных результатов, характеризующих удовлетворение потребностей внешних потребителей и непосредственных, характеризующих объемы и качество оказания государственных услуг, прогнозируемых при заданных внешних условиях;

– охват программами всех сфер деятельности органов исполнительной власти и, соответственно, большей части находящихся в их распоряжении бюджетных ассигнований, других материальных ресурсов, а также интеграция регулятивных и финансовых инструментов;

– планирование и использование бюджетных ассигнований на исполнение связанных с ДЦП ведомственных целевых программ, направленных на достижение непосредственных результатов деятельности соответствующего органа исполнительной власти;

– определение органа исполнительной власти, отвечающего за реализацию ДЦП (конечных результатов), и органов, реализующих входящие в ее состав ведомственные целевые программы (достижение непосредственных результатов);

– наделение органов исполнительной власти и их должностных лиц, осуществляющих управление долгосрочными и (или) ведомственными целевыми программами, полномочиями, необходимыми и достаточными для достижения целей программ в соответствии с принципами и требованиями проектного управления;

– проведение регулярной оценки эффективности реализации долгосрочных и ведомственных целевых программ с возможностью их корректировки или досрочного прекращения, а также установление ответственности должностных лиц в случае их неэффективной реализации.

В Программе 2012 г. отдельным блоком были намечены основные мероприятия, направленные на повышение эффективности бюджетных расходов на науку и инновационную деятельность. Они включали:

– вовлечение в гражданский оборот объектов интеллектуальной собственности, созданных за счет бюджетных средств;

– создание механизма межведомственной координации НИОКР;

– учет рейтингов организаций (ученых), конкурсное распределение бюджетных средств между организациями;

– совершенствование программы фундаментальных исследований, повышение статуса и оптимизацию функций академий наук;

– совершенствование государственной системы учета, распоряжения и контроля за эффективным использованием прав Российской Федерации на результаты научно-технической деятельности, созданных за счет средств федерального бюджета;

– создание института независимой оценки деятельности научных организаций в соответствии с международной практикой.

В 2010 г. в Программу 2012 г. распоряжением Правительства РФ от 12.11.2010 г. № 1996-р [7] были внесены изменения. Эти изменения сводились к тому, что долгосрочные целевые программы формулировались как Государственные программы; были исключены предложения по мероприятиям, направленным на повышение эффективности бюджетных расходов на науку и инновационную деятельность и т. д.

Альтернативой документу, предложенному Минфином России, стали карты проектов по реализации «Основных направлений деятельности правительства» (ОНДП). Базой для разработки карт проектов стали положения «Концепции долгосрочного развития Российской Федерации до 2020 года», которая утверждена распоряжением Правительства РФ от 17.11.2008 г. № 1662-р [8].

Карты проектов, в отличие от ДЦП, предложенных Минфином России, ближе к формату федеральных целевых программ.

Для более широкого применения методов среднесрочного бюджетного планирования, ориентированного на результат, субъекты бюджетного планирования (в лице органов исполнительной власти) представляли в Правительственную комиссию по повышению результативности бюджетных расходов и Минфин России проекты докладов о результатах и основных направлениях своей деятельности (далее – ДРОНД).

Положение о ДРОНД утверждено постановлением № 249 с последующими изменениями, внесенными постановлением Правительства РФ от 23.12.2004 г. № 838 [6]. Это положение действовало до 1 января 2013 г.

Из анализа Положения о ДРОНД следует, что оно носит временный характер, однако иных по содержанию методических рекомендаций по составлению докладов в последующем разработано не было.

Практика составления ДРОНД предшествующих лет выявила ряд недостатков, препятствующих объективной оценке деятельности субъектов бюджетного планирования в лице федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ). Речь, в частности, идет об отсутствии достаточного набора ключевых измеримых показателей эффективности и результативности деятельности ФОИВ по основным направлениям их деятельности в соответствии со стратегическими целями государства.

Весьма показательно, что и в настоящее время Министерство образования и науки РФ формирует проектировки расходов не по всей науке, а только по подведомственным организациям (выполняющих исследования и разработки в рамках государственных заданий). Представляется более целесообразным, чтобы Минобрнауки России формировало объемы и перечень научно-технической продукции для государственных нужд в масштабе всего научно-технического комплекса страны.

Направления совершенствования федеральными органами исполнительной власти процесса программно-целевого планирования были определены в постановлении Правительства РФ от 06.04.2011 г. № 252 «О внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ по вопросам совершенствования процесса программно-целевого планирования в федеральных органах власти» [10].

В основе управления бюджетными ресурсами заложен программно-целевой метод планирования, который в настоящее время рассматривается в качестве важного инфраструктурного элемента государственной финансовой политики. Формирование бюджета направлено на обеспечение взаимосвязи между общественно значимыми конечными результатами и бюджетными ресурсами на основе финансирования программной и непрограммной деятельности ФОИВ.

Этот метод планирования предполагает формирование специального организационно-процедурного механизма, когда финансовые ресурсы направляются не в отдельные научные институты, а в исследовательские программы. При реализации программно-целевого планирования решается комплекс социально-экономических и организационных задач: поддержка актуальных направлений научных исследований, подготовка кадров, стимулирование малого инвестиционного бизнеса в выполнении программ, привлечение бизнеса к реализации результатов НИОКР.

Переход к программному формату бюджета стал важным результатом современного этапа совершенствования управления финансами. В Бюджетном послании Президента РФ о бюджетной политике в 2013–2015 гг. [11], Указе Президента РФ от 07.05.2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» [12] поставлены задачи по последовательному внедрению в деятельность органов исполнительной власти программно-целевых методов управления и переходу к программному бюджету на основе государственных программ.

Правовую основу для разработки и реализации государственных программ, а также утверждения программного бюджета составляет Федеральный закон от 07.05.2013 г. № 104-ФЗ «О внесении изменений в Бюджетный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты РФ в связи с совершенствованием бюджетного процесса» [13]. На 2014 г. и плановый период 2015 и 2016 гг. бюджеты ФОИВ составляется в программной форме.

Инструментом среднесрочного планирования являются государственные программы (ГП), представляющие собой увязанные по ресурсам, исполнителям и срокам осуществления мероприятия исследовательского, научно-технического и иных видов деятельности, обеспечивающих эффективное решение конкретных задач в области научно-технического и инновационного развития государства.

Принципы формирования ГП определены в Методических указаниях по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации (далее – Методические указания ГП РФ) (приказ Минэкономразвития от 26.12.2012 г. № 817) [14], в их числе:

– формирование ГП на основе долгосрочных целей социально-экономического развития и индикаторов их достижения и учета положений стратегических документов, утвержденных Президентом РФ или Правительством РФ, и отдельных решений Президента РФ или Правительства РФ;

– интеграция государственных регулятивных и финансовых мер для достижения целей ГП;

– наличие у ответственного исполнителя, соисполнителей и участников реализации ГП полномочий и ресурсов, необходимых и достаточных для достижения целей ГП;

– проведение регулярной оценки результативности и эффективности реализации ГП (в том числе внешней экспертизы с привлечением независимых экспертов), оценки их вклада в решение вопросов модернизации и инновационного развития экономики с возможностью их корректировки или досрочного прекращения.

Методические указания ГП РФ также включают механизм обоснования дополнительных бюджетных ассигнований для достижения целей ГП, которые призваны консолидировать субсидии бюджетам субъектов РФ в рамках ключевых направлений государственной политики в сферах совместного ведения (с установлением условий и критериев эффективности их реализации) посредством механизма распределения дотаций.

Учитывая предшествующий положительный опыт реализации федеральных целевых программ (ФЦП), Методическими указаниями ГП РФ предусматривается формирование ГП с включением в их состав ФЦП.

До последних лет именно ФЦП являлись основным объектом государственной финансовой политики. Они использовались как инструменты реализации приоритетных задач государства и одновременно как форма бюджетного и внебюджетного финансирования науки. Только за период 2010–2011 гг. реализовывалось около 50 ФЦП. Анализ их результатов привел к выводу, что финансирование на основе целевых программ является более прогрессивным, чем базовое финансирование и поэтому увеличение доли бюджета на их финансирование способствовало более эффективному расходованию бюджетных средств.

Министерство образования и науки РФ является основным исполнителем и координатором Государственной программы «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 гг. (далее – ГП «Развитие науки и технологий») [15]. На ее реализацию Министерству образования и науки РФ предусматривалось выделение ассигнований из федерального бюджета на 2013 г. в сумме 54 715,3 млн руб., на 2014 г. – 24 005,0 млн руб., на 2015 г. – 31 740,7 млн руб.

Уменьшение финансирования ГП «Развитие науки и технологий» в 2014 г. по сравнению с 2013 г. более чем в два раза связано с тем, что реализация отдельных разделов программы и подпрограмм ограничивалась 2013 годом. В число таких ФЦП вошли «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (финансирование которой в 2013 г. составляло 19 907,8 млн руб.), «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы» (с объемом финансирования в 16 854,6 млн руб.), «Мировой океан» (11,7 млн руб.).

Что касается отдельных подпрограмм ГП «Развитие науки и технологий», то:

– начиная с 2014 г. для Минобрнауки России не предусмотрены средства из бюджета на реализацию мероприятий подпрограммы «Фундаментальные научные исследования»;

– расходы бюджета на выполнение работ по подпрограмме «Институциональное развитие научно-исследовательского сектора» были запланированы на 2013 г. в размере 9170,0 млн руб., на 2004 г. больше на 49,4 % по сравнению с предыдущим годом (13 696,5 млн руб.) и на 2015 г. – больше на 67,2 % по сравнению с 2014 г. (22 895,3 млн руб.);

– стабильным предполагается ежегодное финансирование подпрограммы «Международное сотрудничество в сфере науки» в размере 6037,1 млн руб., 6533,7 млн руб. и 6065,3 млн руб. в 2013–2015 гг. соответственно;

– на финансирование подпрограммы «Обеспечение реализации Государственной программы» предусмотрено 2577,9 млн руб., 2774,9 млн руб. и 2780,1 млн руб. по годам соответственно.

Следует отметить, что в 2007–2013 гг. более трети ассигнований, выделяемых на исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники, приходилось на НИОКР, которые выполнялись в рамках федеральных целевых программ. Из них более 90 % составили расходы на ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники» на 2007–2013 гг.

Для эффективной реализации ГП необходимо соблюдение следующих условий:

– учитывать возможные неблагоприятные тенденции развития экономики и социальной сферы;

– обеспечивать скоординированное использование финансовых и материальных ресурсов различной ведомственной, отраслевой и региональной принадлежности.

Отмечая необходимость координации между различными уровнями исполнительной власти, следует отметить, что Конституцией РФ определена, аналогично государственному устройству, трехуровневая бюджетная система. Эффективность бюджетной системы может быть достигнута только в случае создания институциональных стимулов длительного действия не только для федеральных, но и для региональных и муниципальных органов власти по рациональному использованию финансовых средств, предназначенных для финансирования научно-технических проектов, выполняемых в рамках целевых программ и подпрограмм.

Заключение

Развитие программно-целевого метода планирования исследований и разработок основывается на ориентации на разработку четких приоритетов, реализуемых в рамках государственных программ. Эффективность их реализации предполагает скоординированное использование финансовых и материальных ресурсов различной ведомственной, отраслевой и региональной принадлежности. И здесь важным направлением политики по повышению эффективности бюджетных расходов на науку является усиление роли института независимой экспертизы.

Использование внешней экспертизы должно стать одним из элементов контроля результативности и эффективности реализации проектов, выполняемых в рамках государственных программ, оценки их вклада в решение вопросов модернизации и инновационного развития экономики с возможностью их корректировки.

Список литературы

1. Наука России в цифрах: 2014. Available at: http://www/extech.csrs.ru.

2. Обзор международного опыта внедрения бюджетирования, ориентированного на результат [Электронный ресурс]. Available at: http://www.rostu-comp.ru/content/view/143/.

3. Изотенков А.А., Смольская Е.М. Бюджетирование, ориентированное на результат: зарубежный опыт и возможность применения в России. Available at: http://www.rane-brf.ru.

4. Жилина Е.А. Международный опыт бюджетирования, ориентированного на результат, как механизм повышения качества предоставления государственных и муниципальных услуг. Available at: http://www.ego.uapa.ru/ru/ru-ru/issue/2012/03/02.

5. Постановление Правительства РФ от 22.05.2004 г. № 249 «О мерах по повышению результативности бюджетных расходов» // Российская газета. 2004. 1 июня.

6. Распоряжение Правительства РФ от 30.06.2010 г. № 1101-р. Об утверждении программы Правительства РФ по повышению эффективности бюджетных расходов на период до 2012 года и плана мероприятий по ее реализации в 2010 году». Министерство финансов РФ. Available at: http://www.minfin.ru.

7. Распоряжение Правительства РФ от 12.11.2010 г. № 1996-р «Изменения, которые вносятся в план мероприятий по реализации в 2010 году Программы Правительства Российской Федерации по повышению эффективности бюджетных расходов на период до 2012 года». Available at: http://www.rg.ru/2010/11/24/effektivnost-site-dok.html.

8. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 г. № 1662-р (ред. от 08.08.2009 г.) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года». Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90601.

9. Постановление Правительства РФ от 23.12.2004 г. № 838 «О внесении изменений в положение о докладах о результатах и основных направлениях деятельности субъектов бюджетного планирования». Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88770.

10. Постановление Правительства РФ от 06.04.2011 г. № 252 «О внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации по вопросам совершенствования процесса программно-целевого планирования в федеральных органах власти». Available at: http://www.rg.ru/2011/04/12/effektivnost-site-dok.html.

11. Бюджетное послание Президента РФ о бюджетной политике в 2013–2015 гг. Available at: http://www.kremlin.ru/acts/15786.

12. Указ Президента РФ от 07.05.2012 № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике». Available at: http://www.rg.ru/2011/04/12/dok.html.

13. Федеральный закон от 07.05.2013 г. № 104-ФЗ «О внесении изменений в Бюджетный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием бюджетного процесса» // Российская газета. 14 мая 2013.

14. Приказ Минэкономразвития от 26.12.2012 г. № 817 «Об утверждении Методических указаний по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации» // Российская газета. 22 февраля 2013 г.

15. Распоряжение Правительства РФ от 20.12.2012 г. № 2433-р «Об утверждении государственной программы “Развитие науки и технологий” на 2013–2020 годы». Available at: http://минобрнауки.рф/документы/2966.

References

1. *Nauka Rossii v tsifrakh: 2014* [Russian Science in figures: 2014]. Available at: http://www.extech.csrs.ru.

2. *Obzor mezhdunarodnogo opyta vnedreniya byudzhetirovaniya, orientirovannogo na rezul'tat (Elektronnyy resurs)* [Review of international experience in the implementation of the budgeting focused on result (WEB Resource)]. Available at: http://www.rostu-comp.ru/content/view/143/.

3. Izotenkov A., Smolskaya E. *Byudzhetirovanie, orientirovannoe na rezul'tat: zarubezhnyy opyt i vozmozhnost' primeneniya v Rossii* [Results oriented Budgeting: foreign experience and the ability to use in Russia]. Available at: http://www.rane-brf.ru.

4. Zhilina E. *Mezhdunarodnyy opyt byudzhetirovaniya, orientirovannogo na rezul'tat, kak mekhanizm povysheniya kachestva predostavleniya gosudarstvennykh i munitsipal'nykh uslug* [International experience in results-oriented budgeting, as a mechanism to improve the quality of public and municipal services]. Available at: http://www.ego.uapa.ru/ru/ru-ru/issue/2012/03/02.

5. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 22.05.2004 g. № 249 «O merakh po povysheniyu rezul'tativnosti byudzhetnykh raskhodov»* [Government Decree of 22.05.2004 № 249 «On measures to improve the effectiveness of budget expenditures»]. *Rossiyskaya gazeta. 2004. 1 iyunya* [Rossiyskaya Gazeta]. 2004. June 1.

6. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 30.06.2010 g. № 1101-r. «Ob utverzhdenii programmy Pravitel'stva RF po povysheniyu effektivnosti byudzhetnykh raskhodov na period do 2012 goda i plana meropriyatiy po ee realizatsii v 2010 godu»* [Instruction of the Government of the Russian Federation dated 30.06.2010 № 1101-p. «On approval of the program of the Government of the Russian Federation to improve the efficiency of budget expenditures for the period until 2012 and the action plan for its implementation in 2010»]. *Ministerstvo finansov RF* [Ministry of Finance]. Available at: http://www.minfin.ru.

7. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 12.11.2010 g. № 1996-r «Izmeneniya, kotorye vnosyatsya v plan meropriyatiy po realizatsii v 2010 godu Programmy Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii po povysheniyu effektivnosti*

byudzhetnykh raskhodov na period do 2012 goda» [Instruction of the Government of the Russian Federation from 12.11.2010 № 1996-r «Changes that are made to the plan on implementation of the 2010 Program of the Government of the Russian Federation to improve the efficiency of budget expenditures for the period up to 2012»]. Available at: http://www.rg.ru/2010/11/24/effektivnost-site-dok.html.

8. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 17.11.2008 g. №1662-r (red. ot 08.08.2009 g.) «O Kontseptsii dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda»* [Instruction of the Government of the Russian Federation from 17.11.2008 № 1662-r (as amended on 08.08.2009) «On the Concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2020»]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90601.

9. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23.12.2004 g. № 838 «O vnesenii izmeneniy v polozhenie o dokladakh o rezul'tatakh i osnovnykh napravleniyakh deyatel'nosti sub"ektov byudzhetnogo planirovaniya»* [Government Decree of 23.12.2004 № 838 «On Amendments to the Regulations on the reports on the results and main activities of the subjects of budget planning»]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88770.

10. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 06.04.2011 g. № 252 «O vnesenii izmeneniy i priznanii utrativshimi silu nekotorykh aktov Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii po voprosam sovershenstvovaniya protsessa programmno-tselevogo planirovaniya v federal'nykh organakh vlasti»* [Government Decree of 06.04.2011 № 252 «On Amendments and Repeal Certain Acts of the Russian Federation Government on improving the targeted program planning in the federal government»]. Available at: http://www.rg.ru/2011/04/12/effektivnost-site-dok.html.

11. *Byudzhetnoe poslanie Prezidenta RF o byudzhetnoy politike v 2013–2015 gg.* [The budgetary message of the Russian President about the budgetary policy in 2013–2015]. Available at: http://www.kremlin.ru/acts/15786.

12. *Ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2012 № 596 «O dolgosrochnoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy politike»* [Presidential Decree of 07.05.2012 № 596 «On the long-term national economic policy»]. Available at: http://www.rg.ru/2011/04/12/dok.html.

13. *Federal'nyy zakon ot 07.05.2013 g. № 104-FZ «O vnesenii izmeneniy v Byudzhetnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii i otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii v svyazi s sovershenstvovaniem byudzhetnogo protsessa»* [Federal Law of 07.05.2013, № 104-FZ «On Amendments to the Budget Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation in connection with the improvement of the budgetary process»]. *Rossiyskaya gazeta. 2013. 14 maya* [Rossiyskaya Gazeta]. 2013. May, 14.

14. *Prikaz Minekonomrazvitiya ot 26.12.2012 g. № 817 «Ob utverzhdenii Metodicheskikh ukazaniy po razrabotke i realizatsii gosudarstvennykh programm Rossiyskoy Federatsii»* [Order of Ministry of Economic Development of 26.12.2012, № 817 «On approval of the Guidelines for the development and implementation of government programs of the Russian Federation»]. *Rossiyskaya gazeta. 2013 g. 22 fevr.* [Rossiyskaya Gazeta]. 2013. Feb 22].

15. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 20.12.2012 g. № 2433-r «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy «Razvitie nauki i tekhnologiy» na 2013–2020 gg.* [Instruction of the Government of the Russian Federation of 20.12.2012 № 2433-р «On approval of the state program «Development of Science and Technology» for 2013–2020]. Available at: http://минобрнауки.рф/документы/2966.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ

С.Н. Бухарин, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. физ.-мат. наук, *bsn@extech.ru*
С.Ю. Малков, проф. МГУ им М.В. Ломоносова, д-р техн. наук, *s@malkov.org*

В работе рассмотрены основные положения теории информационного поля. Понятие информационного поля в свое время было введено авторами настоящего исследования с целью формализации процесса управления целевыми аудиториями с помощью информационных воздействий. Теория информационного поля имеет большую практическую значимость при разработке, проведении и оценке бюджета информационных кампаний.

Ключевые слова: информационное поле, информационное пространство, меры близости, расстояние, сила информационного воздействия, принятие решений, управление целевыми аудиториями.

BASICS OF THE INFORMATION FIELD THEORY

S.N. Bukharin, Leading Scientist, SRI FRCEC, Doctor of Physics and Mathematics, *bsn@extech.ru*
S.Y. Malkov, Professor, Lomonosov Moscow State University, Ph.D. of Engineering, *s@malkov.org*

The article discusses the basics of the theory of the information field. The notion of an information field at one time was introduced by the authors of this study to formalize the management of target audiences through information influences. Information field theory has great practical significance in the design, implementation and evaluation of budget information campaigns.

Key words: information field, information space, a measure of proximity, distance, strength of informational influence, decision making, management of target audiences.

Введение

С целью формализации процесса управления целевыми аудиториями с помощью информационных воздействий введем понятие информационного поля. В последние десятилетия в науке происходят принципиальные изменения, связанные со становлением «постнеклассического» этапа ее развития [1]. Указанные изменения самым существенным образом затрагивают теорию и методологию, на которых базируется создание технологий управления осознанием выбора.

Традиционное представление об управлении родилось в контексте классической науки и основывалось на концептуальной модели «субъект – объект». Опирающаяся на данную модель теория и методология «реактивного управления» строилась на базе модифицирования схем «стимул – реакция». На вышеуказанной базе создавались технологии управления осознанием выбора, которые можно объединить в две основные группы:

1) технологии управления содержанием межличностного информационного обмена;

2) технологии управления каналами, характером и трафиком межличностного информационного обмена.

Принципиально недостатки, присущие данному типу управления, вытекающему из классического типа научной рациональности, известны [1]; ограниченность данного подхода отчетливо проявилась при попытках моделирования социальных систем, конфликтных взаи-

модействий и т. п., в которых поведение объекта оказывалось существенно зависящим от модели ситуации в сознании объекта. Противопоставление субъекта («исследователя») и объекта управления оказалось справедливым лишь для объектов «не наделенных психикой» либо когда «исследователь» в силу ряда причин методического свойства не учитывает этот вполне очевидный фактор.

В случае, когда субъекту управления противостоит объект «наделенный психикой», отношение между «исследователем» и объектом превращается в отношение между двумя «исследователями», каждый из которых является объектом по отношению к другому. «Исследователь» становится всего лишь одним из персонажей в специфической схеме рефлексивных отношений (см., например, [1, 2, 3]), а объекты становятся сравнимыми с «исследователем» по совершенству [1].

Данные особенности вызывают необходимость перехода к «неклассическому» типу рациональности, который учитывает связи между знаниями об объекте и характером деятельности. Это создает возможность перехода в управлении от концептуальной модели «субъект – объект» к модели «субъект – субъект» [1]. Как следствие, появляются новые теории и методологии управления: рефлексивное управление, информационное управление, управление активными системами и др., которые строятся на основе рефлексии сознания.

Таким образом, вышеуказанная «неклассическая» научно-методическая база позволяет перейти от технологий «реактивного управления» к технологиям управления осознанием выбора на основе манипулирования способностью к межличностному информационному обмену [1, 2, 3, 4]. Вместе с тем, несмотря на то, что «неклассические» научные теории (и в частности, модели В. Лефевра [2]) существенно продвинули науку об управлении в экономико-социальной сфере, им присущи определенные ограничения. Как отмечал А. Денисов [4] ограничения моделей В. Лефевра проявляются в ситуациях, когда:

1) невозможно выделить ключевое событие выбора;

2) ключевое событие выбора вторично по отношению некоторому другому процессу (например, является лишь одним из проявлений этого процесса).

Типичным примером невозможности вычленить ключевое событие выбора для лиц принимающих решения (ЛПР) является применение технологии «молекулярной агрессии» (по А. Грамши), в которой воздействия на ЛПР в соответствии с определенной схемой распределяются во времени и действуют на него благодаря суммирующему эффекту его индивидуальной памяти. В указанных ситуациях исчезает сам объект счисления – событие выбора, поэтому модели личности, основанные на «алгебре совести» В. Лефевра, теряют операциональную значимость и не могут служить в качестве средства математического (теоретического) моделирования.

Возникает необходимость перехода к рассмотрению «постнеклассического» типа научной рациональности. Как отмечал В. Лепский, при этом расширяется поле рефлексии над деятельностью, предполагается введение в науку об управлении «среды», в которой оно осуществляется. Базовой концептуальной моделью «постнеклассической» науки становится модель «субъект – среда». Начало соответствующих теоретических разработок положено работами В. Лефевра и В. Лепского [3]. В результате были созданы модели социальных организаций, в которых согласование деятельности их участников происходит путем трансформации информационной среды без создания прямого трафика информационного обмена. В этом случае, если субъекты организации обладают одинаковыми матрицами ценностей и имеют доступ к единому информационному пространству (полю), то при изменениях в данном пространстве эти субъекты будут реагировать на них одинаково в своей деятельности. Так ведется управление, например, «агентами влияния» [5]. Указанное управление может быть проиллюстрировано «дипольной моделью», в которой «агенты влияния» представляются в виде совокупности «элементарных диполей», разворачивающихся по направлению «силовых линий информационного поля». Таким образом, использование концептуальной

модели «субъект – среда» открывает возможности создания технологий управления осознанием выбора на основе изменения информационной среды.

Из сказанного выше следует, что при разработке новых «постнеклассических» технологий управления возникает необходимость в описании информационной среды («информационного поля»). Однако исследования по этой тематике ведутся в основном на логико-вербальном уровне, что неизбежно придает им субъективный характер. Объективизация исследований была бы возможна, если бы удалось разработать адекватный формальный язык для описания информационных процессов. Примером науки, в которой формализация знаний находится на высоком уровне, является физика. Возможность формального описания физических законов позволила достичь впечатляющих успехов в ее практических приложениях, сделала возможным современный технических прогресс. В области технологий рефлексивного управления общепринятые подходы к формализации знаний пока отсутствуют, что связано со сложностью формального представления знаний в этой сфере.

В настоящей работе предпринята попытка ввести такую формализацию с помощью понятия «*информационного поля*», посредством которого осуществляется взаимодействие информационных субъектов (как физических, так и юридических лиц, включая государственные учреждения, СМИ и т. п.). Каждый субъект в заданный момент времени занимает определенную позицию в многомерном *информационном пространстве* $\{X\}$, результат информационного воздействия выражается в том, что эта позиция смещается, описывая определенную траекторию. Если адекватно описать силу воздействия и характеристики субъекта, то можно предсказать результаты информационного взаимодействия в виде траектории координат субъекта в информационном пространстве. При этом целесообразно воспользоваться богатым опытом моделирования взаимодействий различного характера, накопленным в естественных науках.

Данный подход близок к теории психологического пространства гештальтпсихологов, теории поля Курта Левина и теории личностных конструктов Джорджа Келли [1].

Каждая из данных моделей взаимодействия индивида со средой обладает определенными недостатками. Так, например, психологическое пространство гештальтпсихологов образовывает бесконечномерное пространство, которое невозможно формализовать. К. Левин считает, что для человека типичным является волевое поведение, т. е. действия, вызванные собственными интересами и намерениями, тогда как деятельность индивида, как правило, управляется манипулятором. Конструктивисты вообще радикально упрощают модель поведения человека, ограничиваясь описанием лишь когнитивных аспектов.

В связи с важностью дальнейшего развития данного научного направления возникает задача качественного и количественного описания информационного и психологического взаимодействия индивида и социальной среды в рамках концепции «информационного поля». Прежде чем решить поставленную задачу введем понятие информационного пространства.

Информационное пространство

Пространство определяют как множество каких-либо объектов, которые называются его точками; ими могут быть геометрические фигуры, функции, состояния физической системы и т. д. В нашем случае множеством таких объектов являются люди. Рассматривая множество как объектов пространства, отвлекаются от всяких их свойств и учитывают только те свойства их совокупности, которые определяются принятыми во внимание или введенными по определению отношениями. Эти отношения между точками и теми или иными фигурами, т. е. множествами точек, определяют «геометрию» пространства. При аксиоматическом ее построении основные свойства этих отношений выражаются в соответствующих аксиомах.

Примерами пространств могут служить: 1) метрическое пространство, в которых определено расстояние между точками; 2) «пространство событий», играющее важную роль в геометрической интерпретации теории относительности; 3) фазовые пространство, рассматри-

ваемые в теоретической физике и механике. Понятие об указанных пространствах имеет реальный смысл поскольку совокупность возможных состояний физической системы или множество событий с их координацией в пространстве и во времени вполне реальны.

Согласно предлагаемой гипотезе каждый человек обладает некоторой совокупностью знаний, руководствуется в своих поступках определенной системой ценностей, имеет определенные отношения к чему-либо и кому-либо. В связи со сказанным каждому человеку в неком пространстве должна соответствовать точка. Назовем данное пространство информационным [1, 2].

Одним из основных инструментов, используемых при анализе и обработке информации, связанной с оценками людей чего-либо, кого-либо, а также их ценностей, являются меры близости. Проблема меры близости системно исследуется психологами с начала 1960-х годов [5, 6, 7] и специалистами в области экспертного анализа [8].

Традиционная постановка задачи анализа субъективных высказываний о близости (сходстве) сходствах заключается в следующем. Человеку предъявляется некоторый набор объектов (альтернатив) и предлагается оценить сходства между ними. Необходимо определить психологические факторы, которые играют основную роль в восприятии данных объектов (альтернатив). Данные факторы во многом определяют поведение человека и его поступки в определенных ситуациях.

Таким образом, оценки людей чего-либо, кого-либо представляют собой отношения на множестве альтернатив. Эти отношения могут иметь форму числовых значений, определяемых в пределах заданной инструкцией шкалы, либо форму отношения предпочтения.

Если данные оценки носят качественный характер – это отношения линейного или частичного порядка, эквивалентности, толерантности и др. Если данная информация содержит количественные оценки – это метризованные отношения.

Положение человека в информационном пространстве, а, следовательно, и расстояние в данном пространстве можно, оценить с помощью мер близости. Меры близости позволяют определить, насколько близки или далеки точки зрения людей, насколько различаются их знания и принятые ими ценности. Поскольку люди указывают на множестве рассматриваемых альтернатив отношения различного типа, меры близости должны быть введены на основных типах отношений. Данный подход впервые применил Д. Кемени (1926–1992) [9].

Сначала он сформировал систему аксиом, соответствующей требованиям, предъявляемым к мерам близости на ранжированиях. Затем доказал теорему о единстве меры близости, удовлетворяющей данной системе аксиом. Далее предложил формулу для расчета значений меры близости между ранжированиями, удовлетворяющую сформулированной системе аксиом.

В настоящее время аксиоматические меры близости введены на основных типах отношений: линейного порядка, частичного порядка, эквивалентностях, толерантностях и на произвольных отношениях, не обладающих такими свойствами как связность, транзитивность, симметричность и т. д.

Расчет значений мер близости, как правило, производится с помощью матриц отношений. В некоторых случаях можно обходиться меньшим объемом информации.

В работе [10] реализован подход Д. Кемени в результате чего было введены аксиоматика, понятие расстояния в информационном пространстве. Продемонстрируем, как это можно сделать.

Матричный способ представления информации на отношениях

Для представления информации на отношениях обычно используют матричный способ. Строки и столбцы матрицы (p_{ij}) отношения P соответствуют элементам множества A. Пусть P – отношение частичного или линейного порядка. Если элемент a_i предшествует элементу

a_j (пара (a_i, a_j)), то на пересечении i-й строки и j-ого столбца ставится 1, в противном случае – 0. В итоге элемент матрицы отношений (p_{ij}):

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если}\,(a_i, a_j) \in P \\ 0, \text{если}\,(a_i, a_j) \notin P \end{cases}.$$

Для представления отношений частичного порядка используется матрица (p_{ij}) с элементами:

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если}\,(a_i, a_j) \in P, (a_j, a_i) \notin P \\ 0, \text{если}\,(a_i, a_j) \notin P, (a_j, a_i) \notin P \\ -1, \text{если}\,(a_i, a_j) \notin P, (a_j, a_i) \in P \end{cases}.$$

Для предоставления отношений линейного порядка используется матрица отношений (p_{ij}) с элементами

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если}\,(a_i, a_j) \in P, (a_j, a_i) \notin P \\ 0, \text{если}\,(a_i, a_j) \in P, (a_j, a_i) \in P \\ -1, \text{если}\,(a_i, a_j) \notin P, (a_j, a_i) \in P \end{cases}.$$

Такие матрицы отношений частичного и линейного порядка антисимметрические, т. е. $p_{ij} = -p_{j,i}$, $i, j \in \{1,...,n\}$.

Меры близости на отношениях

Любая мера близости должна удовлетворять аксиомам метрики [8].

Аксиома 1. $d(P_1,P_2) \geq 0$, $d(P_1,P_2) = 0$ тогда и только тогда, когда $P_1=P_2$.

Аксиома 2. $d(P_1,P_2) = d(P_2,P_1)$.

Аксиома 3. $d(P_1,P_2) \leq d(P_1,P_3) + d(P_3,P_2)$.

Аксиома 4. Если $[P_1,P_2, P_3]$, то $d(P_1,P_2) = d(P_1,P_3) + d(P_3,P_2)$.

Пример определения меры близости в информационном поле

Пусть два человека проранжировали по предпочтениям пять альтернатив a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, это, в частности, это могут быть как сорта колбас, фотографии девушек, отношения к тем или иным ценностям. Получились следующие ранжирования:

$$P_1 = \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_5 \\ a_4 \end{pmatrix} \text{ и } P_2 = \begin{pmatrix} a_2 \\ a_3 \\ a_1 \\ a_4 \\ a_5 \end{pmatrix}.$$

Соответствующие матрицы отношений будут выглядеть следующим образом:

$$M(P_1) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad M(P_2) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Между ранжированиями P_1 и P_2 значение меры близости $d(P_1, P_2) = 4$.

В работе [10] приведены примеры оценки мер близости множества респондентов в двумерном пространстве ценностей.

Таким образом, мы определили расстояние и, как следствие, информационное пространство, что сделало возможным ввести понятие информационного поля.

Информационное поле

Согласно концепции близкодействия, принятой в современной физике, взаимодействие между телами на расстоянии осуществляется посредством особого состояния материи – поля. Информационное поле обеспечивает взаимодействие между объектами-людьми, которые могут быть клиентами, избирателями, конкурентами, партнерами, врагами, союзниками, лицами принимающими решения и т. д. Кроме того, такими объектами могут являться организации, в частности, партии, фирмы, предприятия, правительства, государственные учреждения и т. п. Организации в свою очередь могут быть представлены в виде совокупности лиц принимающих решение, экспертов (разработчиков информационных операций), менеджеров, исполнителей и т. п.

Отсюда следует, что число объектов информационного поля конечно.

Объекты информационного взаимодействия («частицы» информационного поля) разделяются на две группы:

– источники информации – глобальные и локальные центры капитала и власти, монополии, политические партии и т. п.;

– адресаты – объекты информационного воздействия, которые при определенных условиях могут становиться источниками информации в коммуникации «из уст в уста».

Данное разделение условно, каждый источник информации одновременно является объектом информационного воздействия, а адресат в определенных ситуациях может преобразовываться в источник информации.

Информационное взаимодействие может принимать следующие формы:

– сотрудничество;

– противоборство или конкуренция;

– информационная война, как крайняя форма конкуренции, когда снимаются многие правовые ограничения на методы ее ведения.

Информационное поле задано, если для каждого элемента (точки) информационного пространства задана функция $F(X)$, где $F(X)$ – сила, действующая на элемент, находящийся в точке X информационного пространства; X – радиус-вектор, (координата элемента (точки) информационного пространства).

Будем считать, что радиус-вектор X имеет следующие координаты:

$X_1, X_2, ..., X_m$ – ценности (убеждения);

$X_{m+1}, ..., X_p$ – знания;

$X_{p+1}, ..., X_n$ – отношения.

Выбор данной системы координат основан на гипотезе о том, что поведение человека и стратегия деятельности организации определяется совокупностью ментальной, когнитивной и аффективной компонент [11].

Наличие информационного поля проявляется в силовом воздействии на объекты в него помещенные. То есть, на объект в любой точке пространства, где имеется поле, действует «*сила*» F, стремящяяся изменить положение объекта в информационном пространстве (в рассматриваемом примере это изменение выражается в трансформации системы ценностей объекта). Эта сила есть совокупный результат действия различных источников информации, каждому из которых можно приписать свой *информационный заряд* q, величина которого пропорциональна интенсивности воздействия данного источника на объект. В свою очередь каждый объект воздействия можно также рассматривать как источник информации со своим информационным зарядом. Сила воздействия F, создаваемая конкретным источником A, представляет собой вектор, направленный от объекта воздействия в

точку X_A, то есть эта сила действует с целью перемещения объекта в ту точку информационного пространства, в которой находится сам источник информации. Другими словами, любой источник информации стремится навязать всем остальным свою систему ценностей.

В этом смысле близким физическим аналогом информационной силы F является *сила гравитации*, посредством которой одни физические тела притягивают к себе все остальные тела. Соответственно, аналогом заряда q источника информации является масса m физического тела. Однако гравитационная аналогия не полная. Дело в том, что сила гравитации коммутативна: с какой силой тело A действует на тело B, с такой же силой и тело B действует на тело A. Математически это выражается в том, что в формуле, описывающей силу гравитации

$$F_{\text{гр}} = \gamma \cdot m_A \cdot m_B / r^2, \tag{1}$$

абсолютное значение силы $F_{\text{гр}}$ не зависит от того, в какой последовательности записаны массы m_A и m_B (здесь r – расстояние между телами A и B, γ – коэффициент пропорциональности). Это является следствием того, что для любого тела характеристика его гравитационного воздействия на другие тела и характеристика восприятия им гравитационного воздействия со стороны других тел описываются одним и тем же параметром – массой m.

В информационных взаимодействиях ситуация сложнее. Характеристика воздействия и характеристика восприятия описываются разными параметрами; соответственно, сила действия не равна силе противодействия. Характеристика воздействия описывается уже упомянутым параметром – информационным зарядом q, а характеристика восприятия – параметром g, отражающим *восприимчивость* объекта к информационному воздействию. Причем воздействие может быть адресным, а восприятие – избирательным. В общем случае выражение для силы информационного воздействия источника информации A на объект B имеет вид

$$F_{AB} = k \cdot q_{AB} \cdot g_{BA} \cdot f(R_{AB}), \tag{2}$$

где F_{AB} – вектор силы, приложенной к объекту B и направленной от X_B к X_A; коэффициент k отражает свойства внешней среды; q_{AB} характеризует интенсивность адресного воздействия A на B; g_{BA} – характеризует избирательную восприимчивость B к информационному воздействию со стороны A; $f(R_{AB})$ – функция информационного расстояния R_{AB} между A и B, вид которой предстоит установить.

Чтобы разделить анализ вопросов *воздействия* (определяемого внешней по отношению к объекту средой) и вопросов *восприятия* (учитывающего реакцию объекта на внешнее воздействие) целесообразно ввести в рассмотрение такую характеристику как *напряженность* информационного поля E. Эта характеристика определяется как отношение силы F, действующей на объект B, к величине восприятия g_B. То есть, по отношению к информационному воздействию на B со стороны A имеем:

$$E_{AB} = F_{AB} / g_{BA} = k \cdot q_{AB} \cdot f(R_{AB}). \tag{3}$$

Если индивидуальной адресностью воздействия можно пренебречь (что характерно для средств массовой информации, ориентированных на охват максимально широкой аудитории), то напряженность информационного поля E_B в точке X_B зависит только от взаимного расположения взаимодействующих элементов поля, свойств информационной среды и характеристик источников информации A_i и не зависит от индивидуальных характеристик объекта B, находящегося в точке X_B:

$$E(X) = k \cdot (q_{A1} \cdot f(R_{A1X}) + q_{A2} \cdot f(R_{A2X}) + \ldots). \tag{4}$$

Это позволяет рассматривать свойства информационного поля независимо от особенностей объектов воздействия, что существенно упрощает анализ, одновременно расширяя его возможности.

Итак, информационное поле задано, если для каждой точки информационного пространства $\{X\}$ задана напряженность $E(X)$. *Силовыми линиями* информационного поля называются такие линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с вектором напряженности поля.

Чтобы закончить определение информационного поля следует уточнить определение «притягивающей» силы, действующей на объект информационного воздействия, величины информационного заряда q_{AB} и параметра k, отражающего свойства информационной среды.

Для оценки величины q_{AB} предлагается использовать значение интеграла обобщенной функции запоминаемости $F_{зап}$ информационной компании, которую ведет объект A.

$$q_{AB} = \int_{T_0}^{T} F_{\text{зап}}(\Phi_A, I_u)dt \tag{5}$$

где T_0 и T – время начала и окончания информационного воздействия;

Φ_A - финансовые ресурсы, выделяемые стороной A на информационную компанию;

I_u - инновационная («притягательная») составляющая информационного воздействия.

Функция запоминаемости $F_{\text{зап}}$ относится к множеству функций информационного воздействия [11]. Запоминаемость – это доля информации от общего объема информационного обращения, которую может воспроизвести объект информационного воздействия при одном информационном контакте. Обобщенной функцией запоминаемости назовем функцию запоминаемости, где в качестве объекта информационного воздействия рассматривается не отдельный объект, а целевая аудитория. То есть на оси ординат откладывается доля целевой аудитории, которая может воспроизвести содержание информационного обращения, а на оси абсцисс – время. В настоящее время известны показатели и тесты, позволяющие измерять функции информационного воздействия, включая функцию запоминаемости [11].

Величина интеграла (5) зависит от времени информационного воздействия $\Delta T = T - T_0$, финансовых ресурсов Φ_A, которыми располагает сторона A, и инновационной («притягательной») составляющей информационного обращения I_u. Действительно от финансового ресурса зависят величина охвата целевой аудитории и количество информационных контактов [11]. От качества информационного обращения зависит, включится ли механизм триумфа или нет. Обычные информационные воздействия, например, рекламные обращение быстро забываются. На кривой запоминаемости это выглядит как пик, максимальная амплитуда которого соответствует величине охвата целевой аудитории (см. рис. 1). Потом информация быстро забывается, в связи с чем существуют различные стратегии распространения информации, призванные исправить данное положение дел, например, залповые и непрерывные информационные кампании и т. п. [12].

Эффективность информационного воздействия зависит от того, насколько близко оно ожиданиям и настроениям целевой аудитории. Если возбуждающее воздействие близко или совпадают с ними, то наступает эффект триумфа. В этом случае каждый субъект информационного воздействия становится источником информации, и информация распространяется со скоростью цепной реакции без какого-либо внешнего воздействия. На рис. 1 обобщенная функция запоминаемости для этого случая изображена логистической кривой. Время, в течение которого данная кривая сохраняет максимальное значение, близкое к численности целевой аудитории, зависит от целого ряда факторов и может быть достаточно длительным. Например, идеи христианства и социализма, высказанные достаточно давно, стремительно распространились в мире и до сих пор будоражат умы человечества.

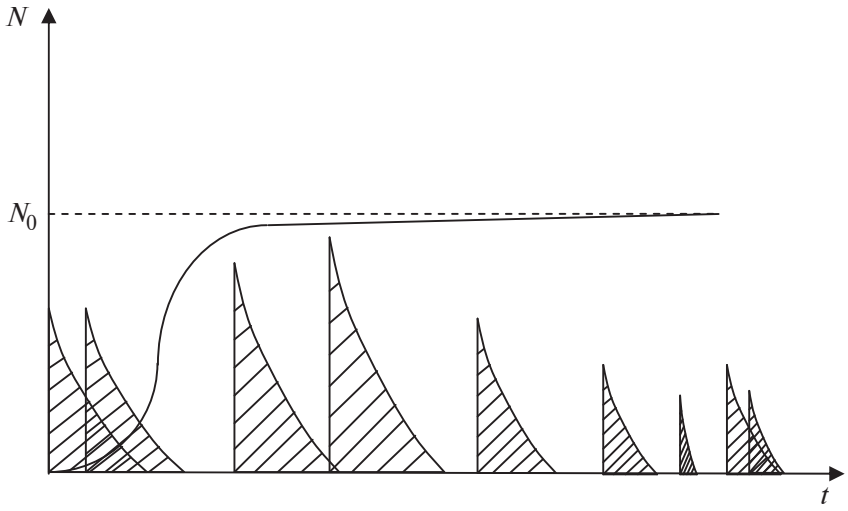


Рис. 1. Кривые обобщенной функции запоминаемости

Таким образом, величина информационного заряда q должна характеризовать как ресурсную, так и информационную составляющие источника информации. В настоящее время известны две составляющие, формирующие информационный заряд.

1. Ресурсная составляющая – это интеллектуальные, административные, технические и прочие ресурсы, которые, как правило, являются функцией финансовых ресурсов. Располагая финансовым ресурсом можно обеспечить необходимые охват целевой аудитории и частоту информационных контактов, а также скупить «золотые перья» и лучших экспертов.

2. Информационная составляющая – это информационные инновации (идеи, способы убеждения и пр.), резко увеличивающие эффективность воздействия и позволяющие овладеть умами людей. Высокий уровень информационной составляющей имели, например, мировые религии. Их основатели обладали колоссальным информационным зарядом, не имея при этом сколько-либо значащих материальных ресурсов. Основным средством коммуникаций была «народная молва», информация передавалась из уст в уста. Информационное воздействие вызывало в аудитории резонанс и многократно усиливалось, охватывая широкие массы.

Взаимодействие элементов информационного поля осуществляется по следующей схеме: источник информации стремится охватить целевую аудиторию и осуществить доведение управляющих информационных воздействий с необходимой частотой. Таких источников много, они могут конкурировать и сотрудничать, вступать во временные и устойчивые коалиции. Цель каждого источника – добиться нужного поведения целевой аудитории. При определенных условиях адресат может превращаться в источник информации. Модели взаимодействия элементов информационного поля исследованы в [11, 12]. В основе данных моделей лежат следующие понятия: охват целевой аудитории, частота информационных контактов, степень сенсационности информационного сообщения (обращения). Данный подход удобен тем, что с его помощью легко оценить величину необходимых для проведения информационной компании финансовых ресурсов.

Сила F, воздействующая на конкретный объект, может приводить к его перемещению в информационном пространстве $\{X\}$ (это, собственно, и является целью информационного воздействия). Однако при перемещении возникает сила сопротивления, стремящаяся вернуть объект в исходное состояние. Дело в том, что положение объектов в информационном поле не является произвольным, оно обусловлено их предысторией (воспитанием, окружением, системой сложившихся взглядов и убеждений и т. п.), которая формирует индивиду-

альный аттрактор (устойчивое состояние) объекта в занимаемой им точке информационного пространства. Физической аналогией этому является «потенциальная яма», которую наглядно можно представить в виде «рельефа» с локальным углублением, на дне которого располагается объект (см. рис. 2).

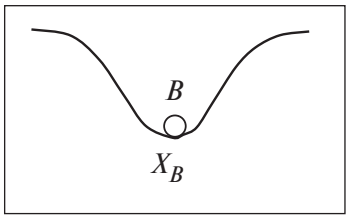


Рис. 2. Расположение объекта *B* в «рельефе» информационного пространства {*X*}

Чтобы вытолкнуть объект из его «потенциальной ямы» и переместить в другую точку информационного пространства требуется сила *F* тем большая, чем больше глубина «ямы». В свою очередь, глубина и форма «ямы» для каждого объекта индивидуальны и зависят от множества факторов. Например, для пожилых людей характерна глубокая «потенциальная яма»: они упорны в своих убеждениях, сложившихся под влиянием их жизненного опыта, их взгляды на окружающий мир трудно изменить. У молодых людей, наоборот, «потенциальная яма» достаточно мелкая: их убеждения еще только формируются и легко подвержены внешним влияниям.

В связи с этим, воздействие на целевые аудитории с целью их смещения в информационном пространстве может осуществляться с помощью двух стратегий:

– путем выталкивания объектов из их локальных аттракторов («потенциальных ям») посредством интенсивных информационных воздействий *F* (агитация, «промывание мозгов») с дальнейшим перемещением объектов в нужную область информационного пространства;

– путем смещения всего «рельефа» с локальными аттракторами в нужном направлении.

Вторая стратегия нередко оказывается весьма эффективной. Именно ею, например, пользуются террористы: они никого напрямую не агитируют, однако их действия (террористические акты) сеют панику и смещают настроения общества («рельеф») в требуемом им направлении.

Часто смещение «рельефа» происходит естественным путем, без специальных усилий со стороны заинтересованных лиц. Такое происходит, например, во время стихийных бедствий и войн: в этих ситуациях, как правило, усиливается коллективизм и патриотические настроения у населения, в то время как в спокойных условиях данный эффект трудно достижим.

Глубина и форма «потенциальной ямы» определяется характером текущего и предшествующего взаимодействия объекта *B* с окружающей социальной средой; на параметры «ямы» можно влиять, облегчая (или затрудняя) перемещение объекта в информационном пространстве. Отметим два важных аспекта, влияющих на морфологию «потенциальной ямы».

Во-первых, глубина «потенциальной ямы» увеличивается по мере увеличения жизненного опыта человека. Опытные люди (а опыт, осведомленность и умудренность приходят с возрастом), как правило, имеют устойчивую систему убеждений, их сложно в чем-либо переубедить. Молодые неопытные люди более подвержены внешним влияниям, их «потенциальная яма» в информационном поле более мелкая, соответственно, их легче сдвинуть в информационном пространстве (поэтому именно на молодежную аудиторию наиболее часто нацеливаются различные политические и экономические пропагандистские компании).

Во-вторых, морфология «потенциальной ямы», по-видимому, зависит от физиологии человека. С годами, в связи с изменениями состояния здоровья, человек становится все менее подвижным, более консервативным, менее восприимчивым к изменениям окружающей среды. Его организм отрицает значительные перемены в жизни, поскольку последние требуют напряжений, на которые уже не хватает сил. Описание морфологии «потенциальной ямы», учитывающий физиологический эффект старения, сложен, но, как нам кажется, возможен.

Описание воздействия силы *F* с использованием теории принятия решений

Описание воздействия силы F на элементы информационного поля целесообразно проводить с использованием инструментария теории принятия решений.

Обычно для анализа проблемы выбора и принятия решений используют теорию игр. Прогнозируемые результаты различных стратегий описываются с помощью платежной матрицы. Чаще всего платежная матрица отражает утилитарный аспект выбора (например, ожидаемый материальный выигрыш или убыток для различных вариантов принятия решений). Но часто на этом не останавливаются и пытаются учесть не только утилитарные, но и субъективные, деонтологические факторы, которые отражаются категорией «полезность исхода». Теория полезности в настоящее время хорошо развита [13]. Обычно ее использование при анализе проблемы выбора приводит к тому, что количественная оценка выигрышей и убытков в платежной матрице корректируется на основе анализа восприятия их полезности участниками игры.

В нашем случае целесообразно поступить по-другому. Имеет смысл разделить утилитарный и деонтологический (моральный) аспекты принятия решений, описывая их двумя отдельными платежными матрицами: одна матрица отражает материальные выигрыши и убытки лица принимающего решение (ЛПР) при различных вариантах выбора, другая – «моральную оценку» им этих решений. По существу, вторая – деонтологическая – матрица отражает позиционирование принимаемых решений в координатах описанного выше «информационного поля» и близость этих решений к точке X_B, которая отражает моральную позицию ЛПР[1]: чем ближе X_{Pj} (где X_{Pj} – позиция рассматриваемого решения P_j в координатах информационного поля) к X_B, тем выше моральная оценка соответствующего варианта решения. Такое разделение позволяет выделить деонтологическую составляющую решений в чистом виде и оперировать с ней в терминах и понятиях «информационного поля», используя введенную для него аксиоматику.

С учетом вышесказанного, деонтологическая «полезность» j-го из возможных решений P_j может быть охарактеризована выражением типа:

$$U_{Pj}(R_B)=\begin{cases} M_B \dfrac{\Delta X^s}{R_B{}^s}, & R_B > \Delta X \\ M_B, & R_B \le \Delta X \end{cases}, \qquad (6)$$

где $R_B = R(X_{Pj}, X_B)$ – расстояние в информационном пространстве между точками X_{Pj} и X_B; s – параметр, имеющий положительное значение ($s > 0$) и характеризующий степень уменьшения полезности решения P_j при увеличении значения R (величина s определяется на основе социологических исследований); M_B – коэффициент, ΔX – параметр безразличия (он отражает тот факт, что ЛПР при небольших отклонениях ΔX считает точки X и $X+\Delta X$ примерно равнозначными, соответственно $U(0) \approx U(\Delta X)$.

[1] Расположение точки X_B отражает понятия ЛПР о «добре» и «зле», о «достойном» и «недостойном», о «правильном» и «неправильном», характеризует его морально-нравственную самоидентификацию. Поэтому в дальнейшем будем называть точку X_B точкой самоидентификации ЛПР.

Из (6) видно, что чем дальше расположена точка X_{Pj} от точки X_B в информационном пространстве, тем сильнее моральное неприятие решения P_j субъектом B, тем ниже в его сознании полезность этого решения, тем с меньшим желанием он его выберет (даже если оно будет выгодным по утилитарным соображениям). Пример совместного использования утилитарной и деонтологической платежных матриц при принятии решений ЛПР приведен в работе [14].

Рассмотрим ситуацию, когда в процесс принятия решения пытается вмешаться внешний информационный источник A с тем, чтобы склонить ЛПР принять решение P_A, локализация которого в информационном пространстве характеризуется точкой X_A. Для этого A оказывает на B информационное воздействие силой F_{AB}, направленное в сторону точки X_A. Ранее было показано, что сила воздействия пропорциональна произведению параметров $k \cdot q_{AB} \cdot g_{BA}$, где параметр k отражает свойства внешней информационной среды (технологические возможности доведения информации от A к B); q_{AB} характеризует интенсивность адресного воздействия A на B; g_{BA} характеризует избирательную восприимчивость B к информационному воздействию со стороны A. Если $g_{BA} \neq 0$, то в результате воздействия деонтологическая функция полезности $U(P_j)$ деформируется, ее значение в окрестности точки X_A увеличивается. Количественно это может быть отражено формулой:

$$U_{Pj} = U_{Pj}(R_B) + U_{Pj}(R_A), \tag{7}$$

где $U_{Pj}(R_B)$ и $U_{Pj}(R_A)$,определяются по формуле (2), $U_{Pj}(R_A)$ – приращение полезности решения P_A, обусловленное информационным воздействием со стороны A (это может быть агитация, реклама, убеждение, манипуляция и т. п.). В результате ЛПР может с большей готовностью склониться к выбору решения P_A. Если ЛПР примет решение P_A и последствия этого выбора его удовлетворят (полученный эффект окажется для него положительным), то произойдет закрепление осознания полезности такого типа решений и точка самоидентификации ЛПР X_B сместится в сторону X_A. Степень смещения зависит прежде всего от того, насколько крепок ЛПР в своих убеждениях и не склонен их изменять. Степень приверженности своим убеждениям зависит от приобретенного опыта ЛПР.

Таким образом, точка самоидентификации личности X_B не зафиксирована в информационном пространстве раз и навсегда. Она постепенно «дрейфует», отражая накапливаемый жизненный опыт. Первоначальная ее локализация определяется воспитанием в детском возрасте, тем, какие представления о «добре» и «зле», «правильном» и «неправильном» вкладывают в голову ребенка родители. Затем, в подростковом возрасте, точка самоидентификации начинает смещаться под влиянием сверстников. Затем – смещается под влиянием социального окружения. Но всякий раз это смещение происходит на основе оценки *результатов совершенных ЛПР поступков*. Это важный момент, который необходимо акцентировать. ЛПР может принимать различные решения (в том числе те, которые он впоследствии будет оценивать как ошибочные). Сам процесс принятия решений не влияет на локализацию точки самоидентификации, наоборот, самоидентификация влияет на принятие решений (через априорную оценку деонтологической полезности возможных альтернатив). Однако когда решение принято, поступок *совершен*, и результат налицо, то этот результат (успешность или неуспешность принятого решения) в той или иной степени влияет на коррекцию понимания «правильного» и «неправильного» в сознании ЛПР. Чем больше жизненный опыт, тем в меньшей степени результат единичного поступка может повлиять на взгляды и убеждения человека. Однако, если жизненный опыт мал, то влияние результатов даже единичного поступка может быть велико (поэтому именно молодежь наиболее подвержена различным видам информационного влияния – от торговой рекламы до политической пропаганды). Данную закономерность можно описать следующей базовой моделью, физическим аналогом которой является определение координат

центра масс сложной системы. Будем считать, что в момент времени t основу жизненного опыта ЛПР составляют n совершенных им поступков, каждый из которых имеет «вес» m_i, $i = 1...n$ («вес» отражает значимость поступка в формировании системы жизненных взглядов ЛПР). Таким образом, в качестве количественной меры жизненного опыта можно использовать величину:

$$M(t)=\sum_{i=1}^{n} m_i \tag{8}$$

Пусть точка самоидентификации ЛПР в момент времени t имеет координаты X_B. Если в момент времени t+1 ЛПР примет решение P_B, локализация которого в информационном пространстве совпадает с точкой X_B, и реализует это решение, при этом результат окажется успешным и будет иметь «вес» m_{n+1}, то жизненный опыт увеличится ($M(t+1)=M(t)+m_{n+1}$), а локализация точки самоидентификации не изменится. То есть ЛПР еще больше утвердится в своих убеждениях и в правоте своей точки зрения.

Если же в момент времени $t + 1$ ЛПР под влиянием внешнего воздействия примет решение P_A, локализация которого в информационном пространстве характеризуется точкой X_A, и реализует это решение, при этом результат окажется успешным и будет иметь «вес» m_{n+1}, то жизненный опыт увеличится на ту же величину, что и в первом случае ($M(t+1)=M(t)+m_{n+1}$), но точка самоидентификации сместится в сторону X_A на расстояние ΔR, пропорциональное отношению $m_{n+1}/M(t+1)$:

$$\Delta R = R(X_{Pj}, X_B)\cdot m_{n+1}/M(t+1). \tag{9}$$

В случае если отношение $m_{n+1}/M(t+1)$ является малой величиной, смещение точки самоидентификации будет незначительным и ЛПР практически не изменит своих убеждений. Однако когда жизненный опыт ЛПР мал, то отношение $m_{n+1}/M(t+1)$ может оказаться значимой величиной и смещение точки самоидентификации может оказаться значительным. В этом случае ЛПР может существенным образом изменить свои взгляды.

Реально, на смещение точки самоидентификации редко влияют разовые воздействия, поскольку, как правило, $m_{n+1} \ll M(t)$. Типичной является другая ситуация, когда ЛПР попадает в несвойственную ему социальную среду, где успешными являются поступки на основе решений P_A с локализацией в точке X_A. Тогда результаты многократных актов принятия решений в этой социальной среде будут подталкивать ЛПР в направлении к точке X_A и раз за разом смещать к ней точку его самоидентификации.

Здесь мы подходим к важному вопросу: к вопросу о взаимодействии различных факторов, влияющих на локализацию точки самоидентификации индивида. Основными из этих факторов являются следующие:

1) личный жизненный опыт индивида;
2) особенности социальной среды, окружающей индивида;
3) культурные особенности социума, к которому принадлежит индивид.

Первый фактор характеризует особенности личности; второй фактор характеризует социальный слой (социальную группу), членом которого является личность; третий фактор характеризует особенности самосознания народа, к которому причисляет себя индивид. По существу, речь идет о взаимодействии трех самоидентификаций: личности, социального слоя, народа.

Самоидентификация личности наиболее мобильна, она может относительно быстро трансформироваться под влиянием внешних обстоятельств.

Самоидентификация народа, которая формируется в ходе его исторического развития, наиболее консервативна. На нее влияют исторические, природно-климатические, геополитические факторы, которые достаточно медленно изменяются во времени. Поэтому этот вид самоидентификации выступает как относительно стабильный культурный фон, который действует на личность незаметно, но постоянно.

Самоидентификация социальных слоев может постепенно изменяться при наличии социальных трансформаций в обществе, но скорость этих изменений, как правило, невысока. Поэтому члены социальных слоев воспринимают эту самоидентификацию как некий постоянный фон, с которым приходится считаться (то есть они вынуждены поступать так, как принято в данном социальном слое, как считается приличным и правильным: «назвался груздем – полезай в кузов»).

Достаточно типичной (и комфортной для личности) является ситуация, когда все три точки самоидентификации совпадают или близки друг к другу в информационном поле. В этом случае, когда ЛПР принимает решение P_B, согласующееся с его личными принципами, у него не возникает внутреннего дискомфорта, он чувствует себя уверенно, не сомневается в своей правоте, чувствует моральную поддержку коллектива, с которым себя отождествляет.

Проблема взаимодействия различных видов самоидентификации возникает тогда, когда:

– личность переходит из одного социального слоя в другой;

– личность меняет одну культурную среду на другую (например, эмигрирует в другую страну – это проблема диаспоры);

– самоидентификация различных социальных слоев в одной стране существенно отличается друг от друга (то, что одобряется представителями одного социального слоя, осуждается представителями другого социального слоя, и наоборот).

Во время периодов социальных трансформаций возможны и другие ситуации конфликтного взаимодействия различных видов самоидентификации. Например, в случае, когда:

– в результате социальных процессов (нередко под воздействием внешних влияний) начинает достаточно быстро изменяться самоидентификация социального слоя (например, происходит распространение либеральных, или социалистических, или националистических, или каких-либо других идей). В этом случае смещение самоидентификации социального слоя может проявляться во внутреннем расколе или в возникновении проблемы «отцов» (приверженцев старых ценностей) и «детей» (приверженцев новых ценностей);

– в результате изменившихся социально-исторических условий начинает формироваться новый социальный слой с новыми моральными установками и новой этикой (так происходило распространение христианства в первые века нашей эры или, например, формирование и распространение «протестантской этики» в среде нарождающегося слоя буржуазии в начале Нового времени);

– в результате социальных катаклизмов появляются группы (консорции) «пассионариев», противопоставляющих себя традиционному обществу и провозглашающими новые социальные и морально-нравственные идеи;

– под воздействием прямых и косвенных внешних влияний, усиливающихся контактов с соседними странами возникают социальные группы (в основном, среди молодежи, имеющей в силу своего возраста относительно неустойчивую самоидентификацию), которые начинают ориентироваться не на традиционные, а на индуцированные извне ценности (такие процессы часто происходят в развивающихся странах, вставших на путь социальной и экономической модернизации).

Во всех этих случаях однородность общества нарушается, возникает напряженность как внутриличностная (противоречие между личностной и социальной самоидентификацией), так и групповая (различие ценностных установок у различных социальных слоев внутри общества). Эти напряжения могут перерасти в конфликтность и привести к социальным

катаклизмам, что нередко случалось в истории (наиболее свежим примером этого являются события, происходящие сейчас на Ближнем Востоке и в Северной Африке).

При анализе процессов взаимодействия и возможного рассогласования различных видов самоидентификации необходимо учитывать, что их изменение происходит с существенно различной скоростью.

Как уже отмечалось, самоидентификация народа достаточно консервативна, поскольку определяется фундаментальными историческими факторами (как правило, народ и его самоидентификация неразрывно связаны: если пропадает самоидентификация, то с исторической арены неизбежно исчезает и народ).

Напротив, личностная самоидентификация очень индивидуальна и достаточно изменчива, она зависит от многих факторов и влияний, поэтому должна анализироваться отдельно в каждом конкретном случае.

Социальная самоидентификация не так подвижна, как личностная, но и не так консервативна как самоидентификация народа. На ее трансформацию существенным образом влияет изменение социальных условий. Особенности этого влияния представляют большой теоретический и практический интерес. Представляется целесообразным при анализе закономерностей трансформации и локализации социальной самоидентификации в информационном пространстве использовать идеи теории институциональных матриц [15, 16]. Суть ее в том, что под воздействием внешних условий в социальных системах в результате процессов самоорганизации формируются достаточно устойчивые институциональные комплексы, охватывающие экономическую, политическую и социально-психологическую сферы жизни общества. В условиях ограниченности ресурсов и наличия внешних угроз (социального и природного характера) в обществе формируется институциональный комплекс «распределительная экономика – директивная система управления – примат коллективизма в социально-психологической сфере» (так называемая X-система). В условиях достаточности ресурсов и низкого уровня внешних угроз в обществе формируется институциональный комплекс «рыночная экономика либерального типа – адаптивная (демократическая) система управления – примат индивидуализма в социально-психологической сфере» (так называемая Y-система). В X-системах основными проблемами являются проблемы выживания, обеспечения коллективной безопасности, в них востребованными являются стратегии объединения слабых вокруг сильного (ОСВС), патернализма. В Y-системах основное внимание сосредоточено на решении проблем индивидуального развития, достижения конкурентных преимуществ, в них востребованы стратегии объединения слабых против сильного (ОСПС). Таким образом, условия жизни детерминируют локализацию социальной самоидентификации информационном пространстве. При этом если разные слои общества живут в существенно различающихся условиях, то в них формируются различные институциональные комплексы, что приводит к внутреннему расколу общества, утрате взаимопонимания. Такое общество становится неустойчивым. Подобная ситуация сложилась в современном российском обществе, в котором основная часть населения решает вопросы экономического выживания и живет по правилам X-системы, а немногочисленная элита имеет высокий достаток и живет по правилам Y-системы. В итоге, население и элита не понимают друг друга, относятся друг к другу с недоверием (а порой и просто враждебно).

Таким образом, в настоящей работе продолжено исследование возможностей формализации описания информационного взаимодействия субъектов в терминах и понятиях «информационного поля». Показано, что на принятие решений ЛПР важное влияние оказывает взаимодействие различных видов самоидентификации (личностной, социальной, культурной). Предложен соответствующий математический аппарат. Показано, как проблема выбора связана с трансформацией и локализацией самоидентификации личности в информационном пространстве.

Список литературы

1. Бухарин С.Н., Ковалев В.И., Малков С.Ю. О формализации понятия информационного поля. Информационные войны, № 4(12), с. 2–9, 2009.

2. Бухарин С.Н., Малков С.Ю. К вопросу о математическом моделировании информационных взаимодействий. Информационные войны, № 2 (14), с. 14–20, 2010.

3. Kruskal J.B. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika, 1964, vol. 29, № 1–2, pp. 1–27, 115–129.

4. Shepard R.M. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. Psychometrika, 1962, vol. 27, № 2–3, pp. 125–139, 219–246.

5. Torgerson W.S. Multidimensional scaling: I Theory and method. Psychometrika, 1952, vol. 17, № 3, pp. 401–419.

6. Kruskal J.B. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika, 1964, vol. 29, № 1–2, pp. 1–27, 115–129.

7. Shepard R.M. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. Psychometrika, 1962, vol. 27, № 2–3, pp. 125–139, 219–246.

8. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. М.: 2009.

9. Kemeni J. Mathematics without numbers. Dacdalus, p. 88, 1959.

10. Бухарин С.Н., Дивуева Н.А. Меры близости на информационном пространстве // Информационные войны, 2013, № 4.

11. Бухарин С.Н., Цыганов В.В. Информационные войны в бизнесе и политике. Теория и методология. М.: Академический проект, 2007.

12. Бухарин С.Н., Цыганов В.В. Методы и технологии информационных войн. М.: Академический проект, 2007.

13. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981.

14. Анисимова С.А., Малков С.Ю. Рефлексивные аспекты военно-стратегического сдерживания в современных условиях // Стратегическая стабильность, 2005, № 3, с. 60–68.

15. Кирдина С.Г. X и Y-экономики: Институциональный анализ. М.: Наука, 2004.

16. Малков С.Ю. Социальная самоорганизация и исторический процесс: Возможности математического моделирования. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.

References

1. Bukharin S., Kovalev V., Malkov S. (2009) *O formalizatsii ponyatiya informatsionnogo polya* [On the formalization of the concept of the information field], *Informatsionnye voyny* [Information warfare], no. 4(12), pp. 2–9.

2. Bukharin S., Malkov S. (2010) *K voprosu o matematicheskom modelirovanii informatsionnykh vzaimodeystviy* [On the mathematical modeling of information interactions], *Informatsionnye voyny* [Information warfare], no. 2(14), pp. 14–20.

3. Kruskal J.B. (1964) Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika, v. 29, no. 1–2, pp. 1–27, 115–129.

4. Shepard R.M. (1962) The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. Psychometrika, v. 27, no. 2–3, pp. 125–139, 219–246.

5. Torgerson W.S. (1952) Multidimensional scaling: I Theory and method. Psychometrika, v. 17, no. 3, pp. 401–419.

6. Kruskal J.B. (1964) Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika, v. 29, no. 1–2, pp. 1–27, 115–129.

7. Shepard R.M. (1962) The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. Psychometrika, v. 27, no. 2–3, pp. 125–139, 219–246.

8. Litvak B. (2009) *Ekspertnaya informatsiya. Metody polucheniya i analiza* [Expert information. Methods of preparation and analysis], Moscow.

9. Kemeni J. (1959) Mathematics without numbers. Dacdalus, p. 88.

10. Bukharin S.N., Divueva N.A. (2013) *Mery blizosti na informatsionnom prostranstve* [Measure of proximity to the information space], *Informatsionnye voyny* [Information warfare], no. 4.

11. Bukharin S., Tsyganov V. (2007) *Informatsionnye voyny v biznese i politike. Teoriya i metodologiya* [Information warfare in business and politics. Theory and Methodology]. *Akademicheskiy proekt* [Academic Project], Moscow.

12. Bukharin S., Tsyganov V. (2007) *Metody i tekhnologii informatsionnykh voyn* [Methods and techniques of information warfare]. *Akademicheskiy proekt* [Academic Project], Moscow.

13. Keeney R., Raiffa H. (1981) *Prinyatie resheniy pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshcheniya* [Decision making at multiple criteria: preferences and substitutions]. *Radio i svyaz'* [Radio and communication]. Moscow.

14. Anisimova S., Malkov S. (2005) *Refleksivnye aspekty voenno-strategicheskogo sderzhivaniya v sovremennykh usloviyakh* [Reflexive aspects of military-strategic deterrence in modern conditions]. *Strategicheskaya stabil'nost'* [Strategic Stability], no. 3, pp. 60–68.

15. Kirdina S. (2004) *X i Y-ekonomiki: Institutsional'nyy analiz* [X and Y- economies: Institutional Analysis]. *Nauka* [Nauka], Moscow.

16. Malkov S. (2009) *Sotsial'naya samoorganizatsiya i istoricheskiy protsess: Vozmozhnosti matematicheskogo modelirovaniya* [Social self-organization and the historical process: The mathematical modeling]. *Knizhnyy dom «LIBROKOM»* [Book House «LIBROKOM»], Moscow.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В РЕГИОНЕ АТЭС В ОБЛАСТИ МЕТАЛЛУРГИИ И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.М. Лымарь, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *lymar@extech.ru*
Г.Г. Родионова, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, *rodionova@extech.ru*

Настоящая статья посвящена вопросам сотрудничества Российской Федерации со странами АТЭС в области металлургии и горнодобывающей промышленности и подготовлена на основе научных исследований проведенных по этой проблематике.

Ключевые слова: экономики АТЭС, металлургия, горнодобывающая промышленность, сырьевая база, промышленное производство.

THE ANALYSIS OF A CONDITION AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF COOPERATION OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE APEC REGION IN THE FIELD OF METALLURGY AND MINING INDUSTRY

A.M. Lymar, Senior Researcher, SRI FRCEC, *lymar@extech.ru*
G.G. Rodionova, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Economics, *rodionova@extech.ru*

This article is devoted to the issues of cooperation of Russian Federation with the APEC countries in the field of metallurgy and mining industry based on research conducted on this subject.

Key words: APEC economies, metallurgy, mining industry, raw material base, industrial production.

Одним из весомых успехов внешнеэкономической деятельности Российской Федерации является расширение сотрудничества с участвующими экономиками АТЭС. В связи с распадом Советского Союза отношения с этими государствами пришлось выстраивать практически заново, особенно со странами с динамично развивающейся экономикой, в первую очередь, с Китаем. В настоящее время Российская Федерация является участницей всех многосторонних организаций и структур Азиатского региона (исключение составляет лишь отсутствие членства в Азиатском банке развития).

Полноценное подключение России к политическим и экономическим процессам в азиатском регионе началось еще до того, как центр экономической и финансовой активности стал постепенно смещаться в Азиатско-Тихоокеанский регион, и явилось стратегически правильным выбором российского руководства.

Саммит АТЭС во Владивостоке, проведенный в сентябре 2012 г., подвел итоги завершившегося начального этапа российской политики в азиатско-тихоокеанском регионе.

Положительные сдвиги в азиатском направлении внешнеэкономической политики России явились результатом комплексного подхода, включающего основные ресурсы государства, а также эффективное использование политико-дипломатических возможностей. Однако серьезного разворота в сторону наращивания экономического присутствия в регионе, прежде всего на основе динамичного развития Сибири и Дальнего Востока, пока еще не произошло.

На следующем этапе российской политики на азиатско-тихоокеанском направлении ставится задача определения вектора дальнейшего развития. Одним из вариантов является продолжение существующей политики с наращиванием динамики, вторым – переход к новому этапу развертывания комплексного продвижения в регион, который потребует приложения немалых политических, экономических, интеллектуальных усилий.

Промышленное производство в ведущих странах региона АТЭС – Китае, Японии, Республике Корея, Вьетнаме, Индонезии, согласно большинству прогнозов, в течение ближайших 10 лет будет расти достаточно высокими темпами. В соответствии с этим, спрос на ресурсы, необходимые для поддержания этого процесса, будет постоянно увеличиваться.

В этой ситуации России предоставляется возможность использования богатейшего ресурсного потенциала Восточной Сибири и Дальнего Востока и осуществления модернизации экономики этих регионов на выгодных для России условиях, учитывая территориальную близость и растущий спрос странах Азии.

В настоящее время объем российского экспорта в регион АТЭС недостаточен. Так, например, поставки энергоносителей на крупнейший в мире Тихоокеанский энергетический рынок не играют значительной роли в российском экспорте энергоносителей. Доля экспорта нефти на тихоокеанском направлении, прежде всего в Китай, Республику Корея, Японию, а также в США, составляет около 15 % от российских поставок на мировой рынок, а нефтепродуктов – менее 10 %. Поставки сжиженного природного газа (СПГ) в эти же страны не превышают 7 % от суммарного экспорта газа. В российском экспорте в АТР доля угля составляет 23 %, алюминия – 35 %, меди – 16 %.

Развитие минерально-сырьевой базы восточных регионов РФ позволит привлечь инвестиции, направив их на строительство инфраструктуры, создание производств по выпуску продукции с высокой добавленной стоимостью, а также на строительство предприятий, использующих передовые технологии для выпуска продукции машиностроения и строительной техники, необходимой для обеспечения горнодобывающих и обрабатывающих предприятий. Все это, в свою очередь, может радикально изменить социально-экономическую ситуацию в этих районах страны.

Для реализации данного варианта развития необходимо на правительственном уровне развернуть конкретные действия, стимулирующие экономический рост, в том числе прямое государственное финансирование, ввести налоговые и таможенные льготы, стимулировать привлечение в эти регионы высококвалифицированных кадров.

Руководством РФ заявлено о стратегической необходимости в кратчайшие сроки решить проблему преодоления отсталости Восточной Сибири и Дальнего Востока. В связи с этим одной из основных задач является наращивание участия в интеграционных процессах в АТР в целях содействия ускоренному социально-экономическому развитию регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока РФ.

Для решения этих задач создано министерство по развитию Дальнего Востока. Кроме того, Правительством РФ поддержано предложение о создании дифференцированных налоговых и инвестиционных режимов для Дальнего Востока и Восточной Сибири, а также создании специального фонда для финансирования проектов по развитию этих регионов.

В стратегии развития восточных регионов возможен инерционный вариант, который предполагает освоение ресурсов на базе, в основном, старой технологии и инфраструктуры. Такой подход позволит увеличить добычу ресурсов, при этом масштабный рост будет сдерживаться недостаточным объемом инвестиций и ограничениями на доступ иностранных инвесторов к освоению новых месторождений, отсутствием надлежащей инфраструктуры, неразвитостью машиностроительных производств. Таким образом, уровень инновационности экономики будет оставаться недостаточно высоким.

Кроме того, в случае обострения конкуренции на ресурсных рынках АТР, а также резкого снижения цен на сырье в результате новой волны мирового экономического кризиса,

инерционная модель развития восточных регионов неизбежно создаст дополнительные, прежде всего финансовые, проблемы для всей экономики РФ.

АТЭС образован в 1989 г., в настоящее время Форум объединяет 21 экономику. Российская Федерация является участником АТЭС с 1998 г. Работа РФ в рамках этой организации выстраивается на основе Концепции участия России в форуме АТЭС, одобренной Президентом РФ в ноябре 2000 г.

В 2005 и 2009 гг. Российская Федерация успешно прошла процедуру обзора своего Индивидуального плана действий (ИПД) в АТЭС в области либерализации условий торговли, инвестирования и повышения уровня открытости экономики.

Саммитам АТЭС всегда предшествуют встречи министров (APEC Ministerial Meetings, AMM). На них дорабатываются совместные заявления, представляемые затем на рассмотрение и утверждение лидерам. Перед министерскими встречами на регулярной основе проводятся совещания руководителей отраслевых министерств (Sectoral Ministerial Meetings, SMM). Эти встречи могут проходить на территории любой страны, которая соглашается на ее организацию.

Для подготовки встреч на уровне министров и координации деятельности рабочих органов проводятся совещания старших должностных лиц (Senior Officials' Meeting, SOM).

В отраслевых министерских встречах и заседаниях профильных органов АТЭС по вопросам торговли, инвестиций, финансов, энергетики, малого и среднего предпринимательства, транспорта, науки и технологий, рыболовства, сельского хозяйства и др. принимали участие представители российских ведомств.

В России уже были проведены заседания Рабочих групп:

– по транспорту (г. Владивосток, 2005 г.);

– по вопросам энергоэффективности и энергосбережения (г. Москва, 2005 г.);

– по энергетике (г. Южно-Сахалинск, 2006 г.);

– по промышленной науке и технологиям (г. Владивосток, 2007 г.);

– семинар «Формирование многостороннего сотрудничества в области тушения лесных пожаров в АТР» (г. Хабаровск, 2010 г.);

– симпозиум «Использование океанских энергоресурсов прибрежных зон стран АТЭС в качестве стабильного источника экологически чистой электроэнергии в регионе» (г. Владивосток, 2010 г.);

– научно-практическая конференция «Ведение мониторинга и диспетчеризация транспорта на основе навигационных систем в регионе АТЭС» (г. Владивосток, 2011 г.);

– деловой саммит Форума АТЭС (г. Владивосток, 2012 г.);

– встреча министров АТЭС по горнодобывающей промышленности (г. Санкт-Петербург, 2012 г.).

На саммите АТЭС в Мексике (г. Лос-Кабос, 2002 г.) Россия впервые обратила внимание партнеров на целесообразность сегментарного рассмотрения на форумах АТЭС актуальных проблем мировой торговли с целью углубления кооперации и усиления сотрудничества в общих интересах экономик-участниц. В практическом плане российской стороной в этой связи было инициировано получившее одобрение Президента РФ предложение об организации в рамках АТЭС Диалога по формированию благоприятных условий функционирования рынков цветных металлов. Данная инициатива нацелена на исполнение указания Президента РФ о дипломатическом сопровождении МИД России проектов, в которых заинтересованы наши деловые круги.

В августе 2003 г. в г. Братск при поддержке корпорации «Русский алюминий» был проведен международный тест-семинар по данной проблематике с участием представителей ряда экономик АТЭС, подготовивший общие рекомендации относительно организации будущего Диалога. Особое внимание было уделено наращиванию взаимодействия в сфере цветных металлов между официальными и частнопредпринимательскими структурами эко-

номик-участниц как соответствующего задаче форума – укреплять конструктивное сотрудничество этих двух компонентов региональной экономики.

В 2003 г. на саммите АТЭС в Таиланде (г. Бангкок) российская инициатива о запуске в рамках форума в 2004 г. Диалога по цветным металлам (ДЦМ) с участием представителей государственных структур и бизнеса получила единодушное одобрение.

В марте 2004 г. в Чили (г. Сантьяго) состоялось совещание старших должностных лиц (СДЛ) АТЭС, на котором был рассмотрен вопрос о функционировании ДЦМ АТЭС и одобрен разработанный российской стороной документ, регламентирующий работу этого органа. Во встрече Руководящей группы ДЦМ, состоявшейся 25 мая 2004 г. в г. Пукон (Чили), приняли участие представители тринадцати экономик АТЭС. В качестве сопредседателей Диалога были избраны представители России и Чили.

Первое полноформатное заседание ДЦМ прошло одновременно с совещанием старших должностных лиц АТЭС в мае 2005 г в (г. Сеул, Республика Корея).

В октябре 2005 г. (г. Кенджу, Республика Корея) состоялось второе совещание СДЛ, на котором было принято решение о необходимости создания Форума горнодобывающей промышленности. Кроме того, был одобрен призыв во всем членам АТЭС к обмену информацией по сетевым ресурсам АТЭС полезных ископаемых.

Таким образом, с 1996 по 2005 гг. АТЭС рассматривало тематические вопросы в рамках Группы экспертов по исследованию и развитию горнодобывающей промышленности и энергетики (Group of Experts on Mineral and Energy Exploration and Development, GEMEED), а с 2005 по 2007 гг. – через созданный по инициативе Российской Федерации Диалог по цветным металлам (Non Ferrous Metals Dialogue, NFMD).

Решение о создании Спецгруппы АТЭС по горнодобывающей промышленности и металлургии (Mining Task Force, MTF) было принято на третьей встрече министров экономик АТЭС, ответственных за горную промышленность (г. Перт, Австралия, 2007 г.). Специальная (целевая) группа является структурным подразделением Руководящего комитета СДЛ по экономическому и техническому сотрудничеству, ЭКОТЕК (SOM Steering Committee on Economic and Technical Cooperation, ECOTECH). Возглавить Спецгруппу было предложено России.

MTF делит свой мандат между приоритетами, устанавливаемыми лидерами и министрами АТЭС, и директивами, предусмотренными в Министерских требованиях к горнодобывающей и металлургической промышленности.

Делегация Минпромторга России приняла участие в работе **Третьего заседания Специальной группы АТЭС** по горнодобывающей промышленности и металлургии, которое прошло в Сингапуре в июле 2009 г. В заседании Специальной группы под председательством Российской Федерации приняли участие 15 экономик региона АТЭС, представители Всемирного Банка и компаний горно-металлургического сектора.

Руководящий комитет АТЭС по экономическому и техническому сотрудничеству высоко оценил деятельность этого рабочего органа и продлил его мандат на последующие два года. Тем самым, была подчеркнута роль Российской Федерации в становлении Спецгруппы, ее работе и эффективность Председательства Минпромторга России в 2007–2009 гг. Это был первый и пока единственный рабочий орган в истории АТЭС, который возглавляла Россия. На последующие 2010–2011 гг. в результате голосования председательствующей экономикой в Спецгруппе был выбран Китай, а вице-председательствующей – Российская Федерация.

Участники заседания подвели итоги Международной конференции в рамках реализации российского проекта «Устойчивое развитие горнодобывающей промышленности и металлургии в Азиатско-Тихоокеанском регионе», состоявшейся 23–24 июля 2009 г. На базе выполненных работ был подготовлен доклад АТЭС в Комиссию ООН по устойчивому развитию.

Ключевыми вопросами встречи АТЭС стали проблемы влияния экономического кризиса на горно-металлургический сектор, изменения торговой и инвестиционной политики, социальная ответственность бизнеса и выполнение 10 принципов горнодобывающей промышленности, определенных Министрами АТЭС.

В ходе заседание Специальной группы АТЭС по горнодобывающей промышленности и металлургии Республика Корея, Малайзия, Таиланд, Чили и Россия выступили с инициативой реализации новых проектов по формированию эффективных механизмов привлечения инвестиций и налогообложения в горнодобывающем секторе, а также по учету экологических аспектов устойчивого развития отрасли. Представителем российского бизнеса (ОАО «ГМК «Норильский Никель» Д. Рышков) на заседании был поднят вопрос о проблеме классификации Европейским Союзом более 120 никельсодержащих соединений, как опасных веществ для здоровья человека. Спецгруппа предложила экономикам АТЭС установить эффективный диалог с Еврокомиссией для разработки научно-обоснованной методологии классификации никельсодержащих соединений.

IV заседание Специальной группы АТЭС по горнодобывающей промышленности и металлургии состоялось в Японии (г. Саппоро) в мае 2010 г. В нем приняла участие официальная делегация Минпромторга России.

На заседании Спецгруппы обсуждались вопросы по текущей ситуации в горно-металлургическом секторе региона АТЭС, включая основные события, тенденции, перспективы; влияние экономического кризиса на горно-металлургический сектор, планы работ Спецгруппы на перспективу.

На заседании было одобрено 3 новых проекта, в том числе, совместный российско-чилийский проект «Привлечение инвестиций в горнодобывающую промышленность. Факторы и лучшие практики». Этот проект направлен на исследование лучших практик и факторов, влияющих на привлечение инвестиций в горнодобывающую отрасль, а также на создание методологии по оценке конкурентоспособности стран и эффективной модели в области привлечения инвестиций.

Реализация этого проекта важна, в первую очередь, для России и других развивающихся экономик АТЭС, которые обладают определенными минерально-сырьевыми ресурсами и нуждаются в эффективном, рациональном и комплексном использовании недр, в создании благоприятных условий для привлечения инвестиций в горно-металлургический сектор. К реализации проекта были привлечены мировые и отечественные эксперты в данной области, представители госорганов экономик АТЭС. Это второй проект Спецгруппы, в котором участвовала Россия.

В заседании в составе российской делегации приняли участие представители российского бизнеса и некоммерческих организаций (ООО УК «Металлоинвест», ОАО «ГМК «Норильский Никель», Общество сотрудничества со странами АТР).

Четвертое совещание Министров экономик АТЭС по горнодобывающей промышленности состоялось 27–28 июня 2012 г. в г. Санкт-Петербург. В его работе приняли участие руководители министерств и ведомств экономик-участниц Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества, представители крупного бизнеса, международных организаций из 20 стран мира. На совещании были рассмотрены пути создания привлекательного инвестиционного климата и торговли в горнодобывающей и металлургической отрасли в регионе; обсуждались вопросы глобального развития мировой черной металлургии и сырьевого сектора, экологические аспекты роста производства в горнодобывающей промышленности; также намечены пути реализации политики, способствующей устойчивому производству, распределению и потреблению полезных ископаемых и металлов.

На основании решений предыдущих встреч, а также по результатам состоявшегося обсуждения, Министры экономик АТЭС приняли совместную декларацию по развитию горнодобывающей промышленности в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

На Деловом саммите АТЭС в г. Владивостоке, проходившем 8–9 сентября 2012 г., также рассматривались вопросы, касающиеся горно-металлургического комплекса стран-участниц. В рамках Саммита состоялась рабочая встреча Генерального директора – Председателя Правления ОАО «ГМК «Норильский никель» Владимира Стржалковского с Президентом Республики Индонезия Сусило Бамбангом Юдойоно. На встрече обсуждались вопросы, касающиеся реализации проектов Компании в Индонезии, в частности строительство медеплавильного комплекса мощностью до 400 тыс. т меди в год, а также возможности разработки перспективных медно-никелевых месторождений на территории страны.

По результатам проведенных переговоров было подписано Соглашение о намерениях между ОАО «ГМК «Норильский никель» и Министерством промышленности Республики Индонезия «Об основах технического сотрудничества в реализации инвестиционных проектов в металлургической отрасли».

Семинар «Наращивание в АТЭС морской добычи полезных ископаемых для удовлетворения потребностей промышленных предприятий» (Тайвань, г. Тайбей), организованный Специальной группы АТЭС по горнодобывающей промышленности и металлургии состоялся 22 мая 2013 г. На этой встрече официальные лица АТЭС изучали пути нахождения странами-членами возможностей расширения морской добычи и областей потенциальной политики сотрудничества АТЭС в данном вопросе.

Скоординированное развитие странами Азиатско-Тихоокеанского региона морской добычи полезных ископаемых является необходимым условием удовлетворения долгосрочного спроса на сырье. Вместе с тем, это оказывает негативное воздействие на другие, связанные с океаном, отрасли хозяйства, главным образом вследствие увеличения выемки грунтов. Было отмечено, что разведка и разработка подводных залежей руды и месторождений полезных ископаемых являются критически важными для обеспечения роста промышленной деятельности в Азиатско-Тихоокеанском Регионе, в частности, поскольку мировой спрос на эти ресурсы с течением времени увеличивается, а цены колеблются.

Координация управления и регулирования морской добычи между экономиками АТЭС может поддерживать большую стабильность промышленности. В процессе работы, такая координация может помочь также обеспечить жизнеспособность океанического Региона и таких зависимых от океана отраслей, как рыбное хозяйство, туризм и др.

Океаническая акватория региона является огромной и остается до сих пор нетронутой зоной залегания таких микроэлементов, как марганец, кобальт и сульфид, перспективных для важного промышленного применения. Рост рентабельности и технической жизнеспособности морской добычи, даже на больших глубинах, привлекает все больше и больше ресурсов для разведки и добычи полезных ископаемых. Правительства в Азиатско-Тихоокеанском регионе работают вместе, чтобы содействовать сбалансированному и эффективному опыту морской добычи, особенно важному на данном этапе развития индустрии.

По итогам Семинара для участвующих Экономик был подготовлен документ, содержащий рекомендации для улучшения руководства в условиях расширения морской добычи в Регионе АТЭС.

Семинар по вопросам экологически чистой переработки и обогащения никеля в экономиках АТЭС состоялся 25 Июня 2013 г. в г. Медан, Индонезия. Его организатором выступило Министерство энергетики и минеральных ресурсов Республики Индонезия. На семинаре присутствовало 78 участников из экономик АТЭС.

Основными целями этого семинара являлись предоставление членам Специальной группы АТЭС по горнодобывающей промышленности и металлургии общей информации и технологии по экологически чистой переработке и обогащению никеля.

В докладе «Перспективы роста добавленной стоимости в производстве никеля в Индонезии» (Индонезия), было отмечено, что усилия по увеличению добавленной стоимости минерала в целом по вертикали и в региональном смысле необходимы для улучшения национального дохода и регионального развития.

Индонезийской корпорацией PT Aneka Tambang (ANTAM) был представлен доклад на тему «Экологически чистое производство в компании ANTAM», в обозначены некоторые проблемы, являющиеся во многом общими для индустрии никеля: ограничение на экспорт сырья, возможность избыточного предложения по никелю, волатильность цен на никель и состояние мировой экономики.

В завершении семинара был разработан протокол, в котором отмечалось:

1. Экономики АТЭС положительно восприняли работу Семинара в части плодотворного всеобъемлющего обсуждения вопросов добавленной стоимости, технологии обработки руды, рационального природопользования, переработки отходов и работы с опасными металлами, такими как хром-6.

2. Экономики АТЭС признали некоторые сложности и географические проблемы в создании новых проектов и поддержке функционирования текущих проектов.

3. Семинар был признан полезным в части совместного обсуждения общих вопросов и проблем экономик АТЭС в области устойчивой переработки никеля, в том числе технических и иных (нетехнических) рисков, связанных с работой по никелю.

4. Имел место растущий консенсус среди экономик АТЭС по путям решения нормативно-правовой базы по классификации никеля, такой как недавняя классификация ЕС в соответствии с «REACH», и в плане повышения осведомленности о том, как иметь дело с растущим давлением на экономики АТЭС в принятии аналогичных инструментов и рамок регулирования и классификации никелевых соединений.

5. Семинар оказался полезным форумом по обмену успешным опытом особенно по устойчивому развитию проектов КСО (корпоративной социальной ответственности) и программ развития общин, частно-государственно-общественного партнерства по мудрому решению вопросов рекультивации и реабилитации в условиях закрытия шахт по окончании работ, но также и открытию новых возможностей для творческих инициатив, таких как развитие туризма.

6. Извлеченные уроки и история успеха рекультивации и реабилитации в районах прекращения добычи были положительно оценены на основе опыта индонезийских отделений корпораций «ANTAM» и «Vale», и также были положительно восприняты аналогичные новаторские инициативы в других местах.

Седьмое заседание Специальной группы АТЭС по горнодобывающей промышленности и металлургии было проведено 26–27 июня 2013 г. в г. Медан, Индонезия, на котором присутствовали представители 13 экономик из 21 экономики членов АТЭС.

Доклад представителя офиса Председателя Старших Должностных Лиц (СДЛ) Индонезии был посвящен главной теме АТЭС в 2013 г.: «Устойчивый Азиатско-тихоокеанский регион, двигатель глобального роста». Задача АТЭС на современном этапе заключается в том, чтобы сделать регион моделью для остального мира в плане устойчивого роста.

В докладе были рассмотрены следующие проблемы.

1. Достижение Богорских целей:

– поддержка многосторонней торговой системы (включая подготовку к проведению Министерской встречи в декабре);

– региональная экономическая интеграция, включая планы по укреплению сотрудничества с целью дальнейшего развития;

– укрепление регионального сотрудничества, включая сотрудничество в таких областях, как регулирование и структурная реформа.

2. Равно справедливый устойчивый рост:

– конкурентоспособность предприятий малого и среднего бизнеса (МСБ);

– расширение доступа к финансовым услугам;

– улучшение здравоохранения;

– продовольственная безопасность.

3. Стимулирование взаимовыгодных связей:
– развитие инфраструктуры;
– сотрудничество в институциональной области;
– укрепление межнациональных связей в области межнациональных отношений.

В результате работы были определены стратегические приоритеты деятельности Спецгруппы АТЭС по горнодобывающей промышленности и металлургии:
– укрепление структурной реформы;
– совершенствование нормативов по охране окружающей среды для горнодобывающей промышленности и металлургии;
– совершенствование прозрачности рынков и содействие торговле и инвестициям;
– стимулирование развития экономик на научной основе;
– обеспечение обмена технологиями и использование новых технологий в горнодобывающей промышленности и металлургии;
– социальная направленность глобализации;
– устойчивое развитие в горнодобывающей промышленности и металлургии;
– повышение эффективности работы Спецгруппы.

Роль и значение черной и цветной металлургии, сырьевой базой которой является горнорудная или горнодобывающая промышленность, определяются, в первую очередь, тем, что она служит фундаментом для развития различных, в т. ч. наукоемких, высокотехнологичных отраслей.

В горнодобывающей промышленности и металлургии имеется достаточно большое количество проблем, на которые оказывают значительное влияние внешние факторы.

Несмотря на то, что отечественная горнодобывающая промышленность и металлургия в 90-е годы была интегрирована в мировой рынок в значительно больше степени, чем другие отрасли отечественной промышленности, российские производители столкнулись с множеством преград и «подводных камней» в силу их недостаточного понимания действующих на мировых рынках правил игры. Это же можно сказать и про государство в целом, устанавливающее отечественным производителям налоги и льготы. Так, российские компании оказались слабо подготовлены к значительным колебаниям цен на биржевые металлы, которые по стоимости составляют более 80 % от всех производимых в мире цветных металлов. К тому же действия самих российских производителей на рынках неоднократно приводили к снижению мировых цен, что отзывалось на их же экономических показателях.

Все это требует особого отношения и государственной поддержки рассматриваемой отрасли экономики, а также поиска путей перехода на новые модели взаимоотношений между ведущими игроками в мировой горнодобывающей промышленности и металлургии, в том числе и в рамках форума АТЭС, среди экономик которого – лидеры мирового производства черных и цветных металлов.

В совокупности на долю экономик АТЭС приходится 70 % мирового объема металлургического сырья и других полезных ископаемых, производства минерального сырья и металлов, также они являются крупнейшими экспортерами данных товаров. В то же время на АТЭС приходится 60 % потребления минерального сырья и металлов.

По данным Совет АТЭС в мире экспорт полезных ископаемых и металла возрос с 1 трлн долл. в 1996 г. до более чем 3 трлн долл. в 2010 г. Это соответствует среднегодовым темпам прироста в 12,6 %. Для сравнения – за аналогичный период этот показатель для всех других товаров составил 7,9 %.

Горнодобывающая промышленность в регионе АТЭС. В состав горнодобывающей промышленности входят отрасли, занятые добычей, переработкой и обогащением топливных, рудных и нерудных ископаемых. Специфика отрасли заключается в том, что она получила развитие в тех странах, в которых обнаружены богатые залежи полезных ископаемых.

Энергетический и сырьевой кризис 1970-х гг. вынудил развитые страны проводить политику энерго- и материалосбережения, а также привел к переориентации на собственные ресурсы минерального сырья. Этим и объясняется резкое возрастание роли двух экономик АТЭС – Австралии и Канады – как в добыче, так и в поставках минерального сырья на мировой рынок. В числе мировых лидеров по добыче некоторых видов сырья неэнергетического профиля – США, Япония, Республика Корея.

Кроме того, крупнейшими производителями и поставщиками минерального сырья в мире являются развивающиеся страны и некоторые страны с динамично развивающейся экономикой. В регионе АТЭС в их число входят Россия, Китай, Мексика, Перу, Чили, Индонезия, Малайзия.

Экономики АТЭС играют ключевую роль в мировой горнодобывающей промышленности. Подавляющая часть рудного минерального сырья сосредоточена в этом регионе, роль которого может существенно вырасти в случае вхождения в состав АТЭС Индии.

Горнодобывающая промышленность в АТЭС имеет ярко выраженные географические аспекты. Можно условно выделить несколько горнодобывающих регионов:

– Североамериканский (США, Канада, Мексика);
– Южноамериканский (Чили, Перу);
– Австралия;
– Россия;
– Китай;
– Юго-Восточная Азия (Индонезия, Малайзия, Вьетнам, Филиппины, Таиланд).

Положение в данной отрасли определяют, прежде всего, так называемые великие горнодобывающие державы – Австралия, Китай, США, Россия и Канада, – для которых горнодобывающая промышленность давно уже стала одной из отраслей международной специализации и она имеет многоотраслевой характер. Мировые запасы и производство минерального рудного и нерудного сырья приведены в табл. 1.

Таблица 1

Мировые запасы и производство рудного и нерудного сырья

Минеральный ресурс	Мир, всего		Страны АТЭС	
	Запасы, тыс. т	Производство, тыс. т	Запасы, тыс. т	Производство, тыс. т
Барит	240 000	6900	134 000	4410
Бокситы	28 000 000	211 000	7 500 000	114 700
Железная руда*	87 000 000	2 400 000	40 600 000	1 504 000
Золото	51,0	2,5	23,7	1,4
Магний	2 400 000	5580	1 295 000	3500
Марганец	630 000	13 000	149 000	5410
Медь	630 000	16 200	483 000	10 760
Никель	76 000	1550	34 700	1024
Олово	5200	261	3960	222
Свинец	80 000	4100	67 800	3420
Серебро	510	22,2	364	17,1
Титан	5660	132	3300	110
Цинк	250 000	12 000	139 000	8410

* В пересчете на содержание железа.

Источник: Mineral Commodity Summaries 2011. U.S. Geological Survey.

В число горнодобывающих стран «второго эшелона» входят развивающиеся экономики АТЭС, которые не обладают многоотраслевой горнодобывающей промышленностью, но на мировом фоне заметно выделяются по уровню развития одной из подотраслей: например, Чили – по производству меди, Перу – по производству серебра, меди, свинца и цинка, Индонезия и Филиппины – по производству никеля.

В подгруппе нерудного сырья наибольшее значение имеет добыча горно-металлургического сырья. Это, прежде всего, фосфориты, большая часть добычи которых приходится на Китай, США и Россию.

Основными потребителями почти всех видов минерального сырья были и остаются страны Западной Европы, США, Япония. В последние два десятилетия в связи с активной экономической динамикой и развитием потребляющих сырье отраслей вторичного передела в их число входит и Китай.

Производство стали и стального проката в регионе АТЭС. Регион АТЭС, особенно страны Юго-Восточной Азии, – один из наиболее емких рынков стальной продукции в мире.

Согласно данным ассоциации WorldSteel, в 2012 г. мировое производство стали и стального проката увеличилось по сравнению с 2011 г. на 1,1 % и достигло 1548 млн т (табл. 2).

Устойчивый тренд роста мирового производства стальной продукции обеспечивается в основном за счет стран региона АТЭС, в первую очередь, Китая, который существенно увеличил выпуск стали и стального проката за счет новых мер, предпринятых правительством страны для стимулирования экономики (рис. 1 и 2).

Без учета Китая мировое производство стали в 2012 г. снизилось на 0,7 %. При этом доля Китая в мировом производстве постоянно возрастает. В рассматриваемый период она достигла 46,3 % (45,4 % в 2011 г.).

В 2012 г. снижение производства наблюдалось в странах Южной Америки, Евросоюза и СНГ (без России), в которых выпуск стали по сравнению с 2011 г. сократили на 4,5 %, 2,9 % и 1,1 % соответственно. В то же время в Северной Америке, как и в России, производство стали возросло на 2,5 %, в Юго-Восточной Азии – на 3,0 %.

В мировой сталелитейной индустрии продолжает лидировать Китай. При этом темп роста китайского производства стали был в 2,5 раза выше среднемирового значения. Кроме того, Китай демонстрирует самый высокий прирост производства в физическом выражении – 21,5 млн т в 2012 г. Занимающая по этому показателю второе место Индия увеличила производство на 4,5 млн т, США – на 2,2 млн т.

На экономики АТЭС приходится 81 % мирового выпуска стальной продукции. Китай производит 66 % ее регионального объема (рис. 3).

Темпы прироста производства стальной продукции в Китае в период 2008–2012 гг. значительно опережали уровень этого показателя в других странах региона АТЭС. Так, среднегодовые темпы прироста выпуска китайской продукции в рассматриваемый период составили 12,2 %, в то время как в Республике Корея и России – 7,0 и 1,4 %. В Японии и США наблюдалось сокращение производства на 2,6 % и 0,15 % в год соответственно.

Особый интерес представляют шесть участвующих экономик АТЭС, расположенных в Юго-Восточной Азии (Индонезия, Малайзия, Сингапур, Таиланд, Филиппины и Вьетнам) В последние десятилетия эти страны добились значительных экономических успехов.

Благодаря емким внутренним рынкам большинство этих стран успешно преодолели и кризис 2008–2009 гг. Так, в 2012 г. потребление стальной продукции в Таиланде возросло на 13,9 % по сравнению с 2011 г., что представляет собой один из самых высоких показателей в мире. Во Вьетнаме и Индонезии рост составил 9,9 и 8,8 % соответственно. Всего в шести странах региона АТЭС видимый спрос на сталь в 2012 г., по данным регионального института чугуна и стали SEAISI, достиг рекордных 56,4 млн т, увеличившись на 7,6 % по сравнению в 2011 г.

При этом металлургия в этих шести странах АТЭС развита относительно слабо. Совокупное производство стали в 2012 г. составило в регионе менее 18 млн т, а проката – 25,5 млн т.

Таблица 2

Мировое производство стали, млн т

Страна	2011 г.	2012 г.	Индекс прироста 2011 г. к 2012 г.
Мир, всего	1490,1	1504,1	100,9
Страны АТЭС	1133,4	1234,5	**108,9**
Китай	716,5	811,9	113,3
Япония	107,2	106,9	99,7
США	88,6	90,8	102,5
Россия	70,6	72,4	102,5
Республика Корея	69,0	70,3	101,9
Тайвань	20,2	20,7	102,5
Мексика	18,1	18,2	100,6
Канада	13,0	13,7	105,4
Малайзия	5,9	6,0	101,7
Вьетнам	4,9	5,0	102,0
Австралия	6,4	4,9	76,6
Таиланд	4,2	4,4	104,8
Индонезия	3,6	3,7	102,8
Чили	1,6	1,7	106,3
Перу	0,9	1,0	111,1
Новая Зеландия	0,8	0,9	112,5
Филиппины	0,8	0,8	100,0
Сингапур	0,7	0,7	100,0
Прочие*	0,4	0,4	100,0

* Включая Папуа – Новая Гвинея, Бруней, Гонконг.

Источник: WorldSteel, www.riarating.ru.

Это обусловлено, прежде всего, отсутствием необходимой сырьевой базы. Однако некоторые из этих стран планируют развивать собственную металлургию. Так, в Индонезии в 2014 г. должна быть введена в строй первая очередь металлургического комбината, который строит корейская компания Posco совместно с индонезийской компанией Krakatau Steel. Начальная мощность предприятия составит 3 млн т/год с последующим расширением до 6 млн т/год. Также компания Posco намерена построить заводы по выпуску оцинкованной стали в Индонезии и Таиланде.

Несколько новых предприятий до конца этого 2013 г. будут построены во Вьетнаме, в результате совокупные национальные мощности по выплавке стали превысят 11 млн т/год, однако, по оценке, их загрузка не превысит 50 %.

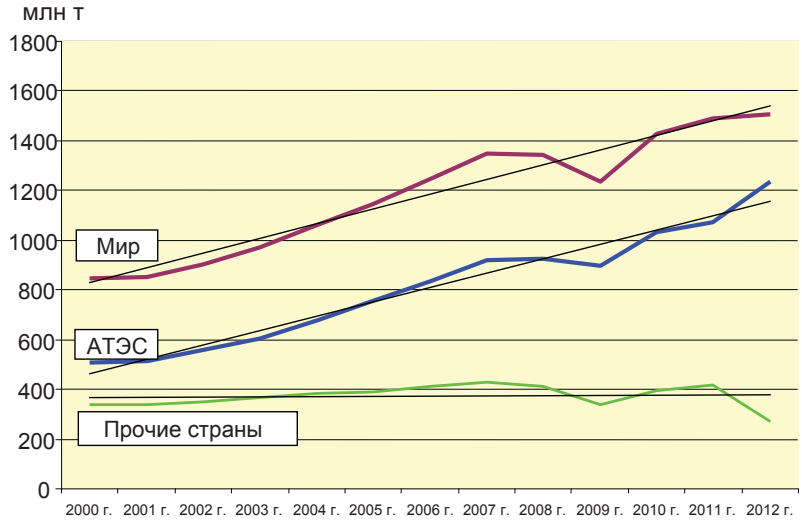


Рис. 1. Производство стали в мире и странах АТЭС

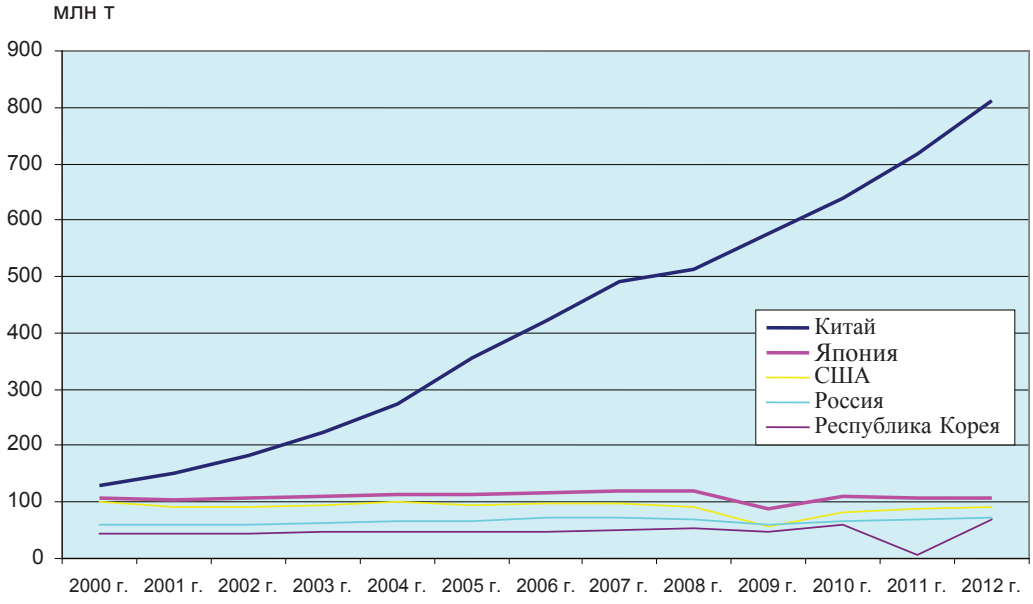


Рис. 2. Динамика выпуска стали в крупнейших странах-производителях в регионе АТЭС в 2000–2012 гг.

В настоящее время рынок стали в регионе АТЭС испытывает серьезные проблемы. Из-за экспансии китайских производителей арматуры и катанки на внешних рынках и спада в строительной отрасли в некоторых странах региона в Восточной Азии образовался избыток мощностей по выпуску длинномерной продукции. Ряд заводов в Японии, Республике Корея, Вьетнаме и на Тайване пытаются в связи с этим перейти к экспорту заготовок. Все они жестко конкурируют друг с другом и с традиционными российскими поставщиками.

В 2012 г. предложение на рынке стального проката было избыточным, вследствие чего отмечалось резкое обострение конкуренции. Для производителей региона АТЭС Европейс-

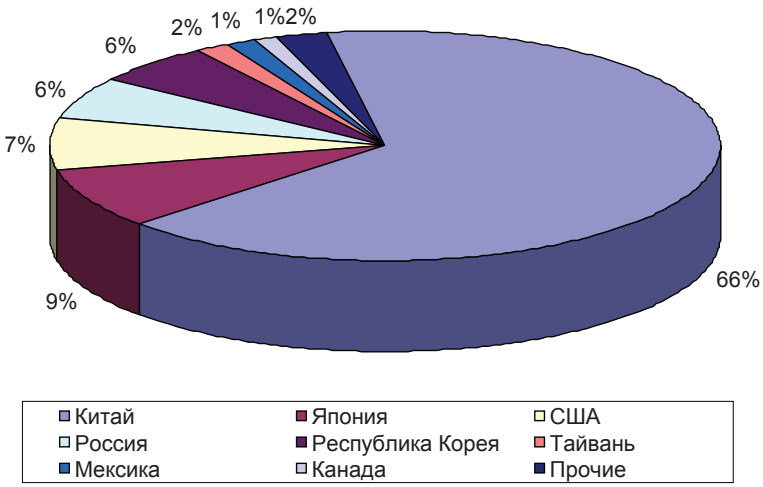


Рис. 3. Структура производства стали в регионе АТЭС

кий Союз является важным рынком сбыта металла. Вместе с тем, в Европе в 2012 г. снижение потребления стали, по разным оценкам, составило 7–9 %. Даже закрытие некоторых металлургических предприятий и снижение производства проката в Европе не привело к существенному улучшению ситуации на местном стальном рынке. В связи с этим наблюдалось сокращение импорта стальной продукции в страны ЕС, но в то же время увеличивался экспорт. Экспорт стальной продукции из стран ЕС увеличился за год на 4,2 % до 27,2 млн т, импорт сократился на 30,5 % до 13,7 млн т.

Согласно данным аналитической компании MEPS, цены на сталь и стальной прокат в среднем по миру снизились на 11,4 % по сравнению с 2011 г. Наиболее проблемная ситуация в этом отношении сложилась в Европе – падение цен составило 14 %, в то время как в регионе АТЭС цены снизились на 10 %.

В 2012 г. самым привлекательным в ценовом отношении для азиатских поставщиков оказался рынок США, в результате чего импорт металлопродукции в США увеличился за год на 16,9 % до 33,3 млн т.

На китайском рынке стального проката в 2012 г. рост спроса был сравнительно небольшим – около 5 %. Несмотря на снижение темпов прироста производства, его объем существенно превосходил объем потребления. Вследствие этого в 2012 г. Китаю удалось существенно увеличить экспорт металлопродукции – на 14 % до 55,7 млн т.

Массовый выход китайской стали стал одной из проблем мирового рынка, который и без этого не проявлял большой активности. Причем в азиатском регионе помимо Китая другие страны также пытались сбыть излишки продукции. Например, Турция увеличила за год экспорт стальной продукции на 9,6 % до 19,9 млн т.

Страны АТЭС традиционно считались относительно открытыми в торговле стальной продукцией. Единственное исключение представляла Малайзия, проводившая достаточно жесткую протекционистскую политику. Однако в январе 2010 г. АСЕАН заключила соглашение о создании зоны свободной торговли с Китаем, которое распространялось и на прокат. С этого времени поставки китайской стальной продукции в Юго-Восточную Азию резко увеличились.

С середины 90-х годов Китай всего за три года превратился из крупнейшего мирового импортера стали в ведущего экспортера. При этом его доля, как в мировых, так и в региональных поставках этой продукции неуклонно возрастает. Если в 2009 г. удельный вес Китая в региональном импорте этой продукции составлял 10 %, то в 2012 г. он увеличился до 30 %.

Согласно данным китайской металлургической ассоциации CISA, в 2012 г. на страны АТЭС приходилась четверть национального экспорта стали – около 14 млн т. Перепроизводство стальной продукции в Китае вынуждает национальные компании наращивать поставки за рубеж, главным образом в Юго-Восточную Азию. Так, только во Вьетнам в первые четыре месяца 2013 г. поступило 3,5 млн т стальной продукции преимущественно китайского производства. Другие страны региона также выражают большую обеспокоенность ростом поставок китайской продукции на свои рынки.

В целом в 2012 г. шесть экономик АТЭС (Индонезия, Малайзия, Сингапур, Таиланд, Филиппины и Вьетнам) импортировали около 45 млн т готового проката и полуфабрикатов из Китая, Японии и Республики Корея, находящихся в непосредственной близости от этого региона.

В 2013 г. конкуренция на рынке стали и стального проката стран региона АТЭС остается очень высокой. Продолжается значительный рост потребления стальной продукции в Китае, однако эти темпы существенно снизились и в настоящее время сопоставимы с наращиванием объемов производства. В США наблюдается увеличение производства стали из-за сравнительно дешевых ресурсов, однако ситуация со спросом продолжает зависеть от состояния строительного рынка, который в 2012 г. все еще находился в состоянии стагнации.

В 2013 г. экспорт стали и стального проката стран региона АТЭС в Европу продолжает снижаться, что обусловлено дальнейшим падением европейского спроса. Металлургические компании ЕС нуждаются в значительном сокращении объемов производства. Однако в этом процессе возникают значительные проблемы из-за противодействия профсоюзов и правительств стран.

По мнению экспертов РИА Рейтинг, в 2013 г. снижение цен на стальную продукцию продолжится, но не столь высокими темпами по сравнению с 2012 г. и составит в среднем за год около 5–7 %.

В начале XXI века конкуренция на мировых рынках металлов значительно усилилась. Металлургические мощности высокоразвитых стран перемещаются в развивающиеся страны Латинской Америки и Азии, в частности участвующие экономики АТЭС, которые характеризуются достаточно дешевой рабочей силой и относительно мягкими природоохранными требованиями, что наряду с применением новых технологий позволяет значительно снизить затраты на производство металлов и повысить конкурентоспособность крупных мировых металлургических компаний.

Российская Федерация выстраивает нормальные отношения со всеми странами региона АТЭС. Это позволяет вести самостоятельную, сбалансированную, не ориентированную на одного-двух партнеров политику. Это важное преимущество при обеспечении своих интересов в регионе. Целесообразность такого подхода приобретает особую значимость в условиях обостряющегося американо-китайского соперничества в регионе и нарастания противоречий между Китаем и рядом региональных стран по территориальным проблемам и в борьбе за ресурсы в Южно-Китайском море.

Таким образом, результативность российской политики в восточном направлении будет главным образом зависеть от действий по экономическому, социальному, культурному и научному развитию Сибири и Дальнего Востока в сочетании с последовательной, целенаправленной дипломатической активностью в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Список литературы

1. Александр Панов. Интеграция России в Азиатско-Тихоокеанский регион. Перспективы 2020. Available at: http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=1641#top.

2. Аналитический бюллетень. Металлургия: тенденции и прогнозы, Выпуск № 9. Итоги 2012 г. Available at: http://www.riarating.ru.

3. Worldsteel Assotiation. Steel production 2012. Available at: http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/2012-steel-production.html.

4. Mineral Commodity Summaries 2011. U.S. Geological Survey, pp. 24, 27, 43, 49, 67, 85, 91, 97, 101, 109, 119, 147, 159, 171, 173, 189.

5. World Bureau of metal statistics. Available at: http://www.metem.su/news/world-bureau-metal-statistics-umenshenie-deficita-svinca-v-2012-godu.

6. Спецгруппа АТЭС по горнодобывающей промышленности и металлургии официальном сайте АТЭС. Available at: http://www.apec.org/Groups/SOM-Steering-Committee-on-Economic-and-Technical-Cooperation/Task-Groups/Mining-Task-Force.aspx.

7. Официальный сайт АТЭС. Available at: http://www.apec.org.

8. Официальный сайт российского председательства в АТЭС. Available at: http://www.apec2012.ru.

9. Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество. Бюллетень Российского центра исследований форума «Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество» (Российского центра исследований АТЭС), № 29, 2012/17–31 января, 02 февраля 2012. Available at: www.apec-center.ru/contribs/filemanager.html.

10. Максаковский В.П. Географическая картина мира. В 2 кн. Кн. I: Общая характеристика мира. М. 2006.

11. Интернет-журнал «Металлоснабжение и сбыт». Available at: http://www.metalinfo.ru/ru/news/42314.

12. Информационное агенство Минпром. Available at: http://minprom.ua/articles/124372.html.

13. Сайт «Мировая экономика». Available at: http://www.ereport.ru/articles/commod.

References

1. Alexander Panov. *Integratsiya Rossii v Aziatsko-Tikhookeanskiy region. Perspektivy 2020* [Russia's integration in the Asia-Pacific region. Prospects for 2020]. Available at: http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=1641#top.

2. *Analiticheskiy byulleten'. Metallurgiya: tendentsii i prognozy, Vypusk № 9. Itogi 2012* [Analytical Bulletin. Metallurgy: Trends and Forecasts, Issue number 9. Results 2012]. Available at: http://www.riarating.ru.

3. Worldsteel Assotiation. Steel production 2012. Available at: http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/2012-steel-production.html.

4. Mineral Commodity Summaries 2011. U.S. Geological Survey, pp. 24, 27, 43, 49, 67, 85, 91, 97, 101, 109, 119, 147, 159, 171, 173, 189.

5. World Bureau of metal statistics. Available at: http://www.metem.su/news/world-bureau-metal-statistics-umenshenie-deficita-svinca-v-2012-godu.

6. *Spetsgruppa ATES po gornodobyvayushchey promyshlennosti i metallurgii ofitsial'nom sayte ATES* [Special group on Mining and Metallurgy APEC official website]. Available at: http://www.apec.org/Groups/SOM-Steering-Committee-on-Economic-and-Technical-Cooperation/Task-Groups/Mining-Task-Force.aspx.

7. *Ofitsial'nyy sayt ATES* [APEC official website]. Available at: http://www.apec.org.

8. *Ofitsial'nyy sayt rossiyskogo predsedatel'stva v ATES* [Official site of the Russian chairmanship of APEC]. Available at: http://www.apec2012.ru.

9. *Aziatsko-Tikhookeanskoe ekonomicheskoe sotrudnichestvo. Byulleten' Rossiyskogo tsentra issledovaniy foruma «Aziatsko-Tikhookeanskoe ekonomicheskoe sotrudnichestvo» (Rossiyskogo tsentra issledovaniy ATES), № 29, 2012/17–31 yanvarya, 02 fevralya 2012* [Asia-Pacific Economic Cooperation. Bulletin of the Russian Research Center Forum «Asia-Pacific Economic Cooperation» (Russian Research Center APEC), no. 29, 2012/17-31 January, February 2, 2012]. Available at: www.apec-center.ru/contribs/filemanager.html.

10. Maksakovskiy V. (2006) *Geograficheskaya kartina mira. V 2 kn. Kn. I: Obshchaya kharakteristika mira* [Geographical picture of the world. In 2 books. Book. I: General characteristics of the world]. Moscow.

11. *Internet-zhurnal «Metallosnabzhenie i sbyt»* [Internet magazine «Metal Supply and Sales»]. Available at: http://www.metalinfo.ru/ru/news/42314.

12. *Informatsionnoe agenstvo Minprom* [Ministry of Industry news agency]. Available at: http://minprom.ua/articles/124372.htmël.

13. *Sayt «Mirovaya ekonomika»* [Poster (Website) «World Economy»]. Available at: http://www.ereport.ru/articles/commod.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ И ВЕДОМСТВЕННЫХ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ

А.В. Кольцов, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук,
akoltsov@extech.ru
А.М. Октябрьский, вед. научн. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук,
amoktx@gmail.com

В работе рассматриваются методы оценки эффективности финансирования федеральных целевых программ (ФЦП) по пяти показателям (индикаторам), на базе которых могут быть получены рейтинги этих программ.

Ключевые слова: федеральные целевые программы, эффективность, объекты интеллектуальной собственности.

SOCIO-ECONOMIC EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTATION OF FEDERAL AND DEPARTMENTAL TARGET PROGRAMS

A.V. Koltsov, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Economics,
akoltsov@extech.ru
A.M. Oktiabrskiy, Leading Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Engineering,
amoktx@gmail.com

The article deals with methods for assessing the effectiveness of nine federal target programs (FTP) by five indicators, which are based on the ratings of these programs.

Key words: federal targeted programs, efficiency, intellectual property.

Общие положения. Возрастание роли технологических инноваций в социально-экономическом развитии страны диктует необходимость перехода к формированию новой технологической базы экономики, основанной на использовании новейших достижений науки, технологий и техники, в том числе био- и нано- технологий, информатики [1]. В этих условиях возрастает роль федеральных целевых программ как инструментов повышения научно-исследовательского потенциала России, и возникает необходимость разработки методов оценки их эффективности.

Эффективность финансирования НИОКР в рамках федеральных целевых программ. Оценка эффективности системы финансирования ФЦП, основными элементами которой являются заказчики-координаторы программ и исполнители мероприятий ФЦП, представляет собой достаточно сложную задачу, что связано с рядом специфических особенностей их функционирования.

С одной стороны, эффективность реализации ФЦП определяется в решающей степени качеством отбора исполнителей проектов. Это, в свою очередь, зависит от квалификации экспертов, критериев и процедур выбора представляемых заявок и др.

С другой стороны, эффективность ФЦП характеризуется конечным продуктом реализации поддержанных проектов (полученным новым знанием, интеллектуальным продуктом,

инновационными технологиями и продукцией), что требует всестороннего анализа этих результатов реализации завершенных проектов.

Однако в настоящее время затруднительно провести всесторонний анализ эффективности реализации проектов в рамках ФЦП, поскольку в органы исполнительной власти не поступает в требуемом для решения этой задачи объеме информация о результативности и эффективности реализации отобранных и поддержанных проектов (отсутствует обратная связь).

Основными функциями деятельности заказчика-координатора (реализуемыми обычно через дирекцию ФЦП) являются сбор заявок на проведение НИОКР, закупка научного оборудования и т. п., выделение на конкурсной основе средств на реализацию заявленных проектов, определение объемов финансирования проекта, исходя из результатов его экспертной оценки и др.

Основная задача заказчика-координатора – эффективное расходование средств на реализацию финансируемого проекта. Для оценки результативности и эффективности финансирования проекта, что характеризует, в том числе, и правильность выбора темы проекта на стадии конкурсного отбора (эффективность деятельности заказчика-координатора ФЦП), может быть использована система показателей [2].

Исходя из анализа направлений деятельности и задач, стоящих перед заказчиками-координаторами и исполнителями, предлагается рассмотренная в [2] модель мониторинга эффективности финансирования НИОКР.

Для экспериментальных расчетов эффективности финансирования федеральных и ведомственных целевых программ и реализуемых в рамках этих программ научно-исследовательских работ, исходя из анализа показателей эффективности и с учетом имеющейся статистической информации, представляемой заказчиками-координаторами ФЦП, принята система следующих критериев (показателей):

– бюджетные назначения на реализацию НИОКР ($П_1$, млн руб.);
– средняя стоимость контракта ($П_2$, млн руб.);
– количество созданных объектов интеллектуальной собственности (ОИС) – $П_3$, ед.;
– количество ОИС на сто финансируемых в рамках ФЦП контрактов ($П_4$, ед.);
– средняя стоимость одного ОИС, взятая с целью расположения показателей в порядке возрастания эффективности как обратная величина ($П_5$).

Для оценки эффективности финансирования ведомственных и федеральных целевых программ по избранным показателям использовались две методики, суть которых состоит в следующем.

Первая предполагает разработку балльной системы рейтинговых оценок уровня финансирования и создания ОИС по номерам 5 показателей, порядковым номерам, расположенным в порядке их убывания. Эти порядковые номера (баллы) характеризуют их важность или значимость. На следующем этапе на их основе формируется обобщенный рейтинг реализации программы.

Вторая методика предусматривает расчет индексов (нормированных показателей), изменяющихся от 0 до 1 (причем 0 соответствует минимальному значению показателя из всех рассматриваемых, а 1 – максимальному значению). Индексы образуют комбинацию численных значений показателей, занимающих соответствующее место в системе в виде их суммы или формируемого векторного поля этих показателей, характеризующего эффективность финансирования целевых программ.

Индексы показателей рассчитываются по следующей формуле:

$$И_n = (П_n - П_{n.мин})/(П_{n.макс} - П_{n.мин}),$$

где $П_n$ – текущее значение показателя n; $П_{n.мин}$ и $П_{n.макс}$ – соответственно минимальное и максимальное значения показателя $П_n$.

Рейтинги федеральных целевых программ. Комплексная характеристика реализации контрактов в рамках ФЦП, содержащих НИОКР, финансируемых из средств федерального бюджета в 2012 г., а также распределение различных видов объектов интеллектуальной собственности в ФЦП представлены соответственно в табл. 1 и табл. 2.

В приведенной табл. 3 на основе данных табл. 1 и 2 представлены рассчитанные нормированные индексы ФЦП по избранным критериям, а также среднеарифметические и среднегеометрические индексы следующих ФЦП:

ФЦП РГАТ – развитие гражданской авиационной техники России на 2002–2010 гг. и на период до 2015 г.;

ФЦП ИР – исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.;

ФЦП ЭКБ – развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.;

ФЦП РГМТ – развитие гражданской морской техники на 2009–2016 гг.;

ФКП – федеральная космическая программа России на 2005–2015 гг.;

ФЦП «Дизели» – подпрограмма «Создание и организация производства в Российской Федерации в 2011–2015 гг. дизельных двигателей и их компонентов нового поколения» на 2011–2015 гг.;

ФЦП «Станки» – подпрограмма «Развитие отечественного станкостроения и инструментальной промышленности на 2011–2016 гг.»;

ФЦП «Мировой океан»;

ФЦП «Кадры» – научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.

Анализ табл. 3. позволяет сделать следующие выводы.

Объем финансирования НИОКР ФЦП ФКП, составляющий около 66 млрд руб., значительно превышает объемы финансирования других программ: ФЦП РГАТ в 1,9 раза, ФЦП РИ – в 3,8 раза, ФЦП ЭКБ – в 4,4 раза, ФЦП РГМТ – в 5 раз и т. д., что свидетельствует о большом внимании государства к проблемам развития космических исследований.

Максимальная средняя стоимость одного контракта (461,25 млн руб.) программы РГАТ значительно превосходит значения этого показателя других программ, за исключением ФЦП ФКП (331,81 млн руб.). Высокая стоимость контракта является показателем того, что целью контрактов, реализуемых в рамках данной ФЦП, является создание образцов новой продукции или технологии, что требует, как правило, больших затрат.

В настоящее время крупные контракты являются универсальным инструментом реализации отраслевых стратегий, программ развития технологических платформ, программ инновационного развития компаний с государственным участием, стратегий и планов развития других компаний секторов экономики, мировых научных трендов [4]. Следует отметить минимальные значения средней стоимости контракта для ФЦП «Мировой океан» и ФЦП «Кадры», которые составляют соответственно 7,18 и 1,7 млн руб., что свидетельствует о невысокой масштабности реализуемых в рамках этих программ проектов.

По созданным в рамках реализации программ объектам ОИС безусловным лидером является ФЦП ИР (1150 ОИС), опережая по этому показателю другие программы: ФЦП ЭКБ – в 2,2 раза ФЦП РГМТ – в 3,9 раза, ФЦП «Кадры» – в 5,4 раза, ФЦП РГАТ – в 6,3 раза. Такие программы, как ФЦП ИР, ФЦП ЭКБ, ФЦП РГАТ и др. с высоким уровнем достижений в сфере интеллектуальной деятельности, характеризуемых, в первую очередь, количеством созданных ОИС, обеспечивают:

– создание опережающего научно-технологического задела на приоритетных направлениях научно-технологического развития;

– формирование новых технологических платформ;

– ресурсную поддержку, в том числе, прорывным исследованиям в области национальной безопасности и в стратегических секторах экономики.

Таблица 1

Комплексная характеристика реализации контрактов ФЦП, содержащих НИОКР, финансируемых из средств федерального бюджета, за 2012 г.

Наименование федеральной целевой программы	Бюджетные назначения на НИОКР, млн руб.	Финансирование из средств федерального бюджета				Количество заключенных контрактов, ед.		Стоимость одного контракта, млн руб.	
		Стоимость работ по заключенным контрактам, в том числе по контрактам прошлых лет, млн руб.	Доля стоимости контрактов в бюджетных назначениях, %	Стоимость работ по заключенным в 2012 г. контрактам, млн руб.	Доля стоимости контрактов, заключенных в 2012 г., в бюджетных назначениях, %	Всего, включая контракты прошлых лет	Контракты 2012 г.	Контракты прошлых лет	Контракты 2012 г.
		Всего		2012 г.					
ФКП	66 031,10	47 299,44	71,6	11 551,17	17,5	199	36	219,31	320,87
РГАТ	34 132,35	34 126,35	100,0	3095,35	9,1	74	14	517,18	221,10
ИР	17 027,00	16 809,64	98,7	3623,83	21,3	1672	341	9,91	10,63
ЭКБ	15 024,12	14 966,77	99,6	4472,52	29,8	533	135	26,37	33,13
РГМТ	12 905,02	10 423,66	80,8	5395,66	41,8	266	158	46,56	34,15
«Кадры»	8575,00	7184,66	83,8	3146,62	36,7	5037	1738	1,22	1,81
«Станки»	1847,00	1826,00	98,9	0,00	0,0	101	0	18,08	0,00
«Дизели»	1212,00	1205,24	99,4	509,24	42,0	19	9	69,60	56,58
«Мировой океан»	387,50	382,24	98,6	104,26	26,9	54	6	5,79	17,38
ИТОГО	157 141,09	134 224	85,4	31 898,65	20,3	7955	2437	18,40	18,54

Таблица 2

Распределение различных видов ОИС в 9 ФЦП в 2012 г.

№ пп	Виды ОИС	ФЦП ИР		ФЦП «Кадры«		ФЦП РГАТ		ФЦП ФКП		ФЦП «Мировой океан»		ФЦП «Дизели»		ФЦП РГМТ		ФЦП ЭКБ		ФЦП «Станки»		Всего	Доля полученных в рамках 9 ФЦП данного вида ОИС в общем кол., %
		Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %		
1	Ноу-хау	50	4,3	7	3,3	91	49,7	17	25,4	0	0,0	4	14,8	199	66,8	474	90,3	0	0,0	842	32,7
2	Заявка на получение патента на изобретение	504	43,8	68	32,1	25	13,7	20	29,9	6	12,8	0	0,0	36	12,1	0	0,0	0	0,0	659	25,6
3	Заявка на регистрацию программ для ЭВМ	215	18,7	53	25,0	0	0,0	4	6,0	0	0,0	0	0,0	17	5,7	26	5,0	7	10,6	322	12,5
4	Заявка на получение патента на полезную модель	141	12,3	10	4,7	0	0,0	2	3,0	1	2,1	0	0,0	35	11,7	2	0,4	46	69,7	237	9,2
5	Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ	166	14,4	24	11,3	0	0,0	13	19,4	11	23,4	0	0,0	3	1,0	0	0,0	0	0,0	217	8,4
6	Патент на изобретение	4	0,3	42	19,8	67	36,6	8	11,9	7	14,9	23	85,2	1	0,3	0	0,0	0	0,0	152	5,9

Окончание табл. 2

Распределение различных видов ОИС в 9 ФЦП в 2012 г.

№ пп	Виды ОИС	ФЦП ИР		ФЦП «Кадры»		ФЦП РГАТ		ФЦП ФКП		ФЦП «Мировой океан»		ФЦП «Дизели»		ФЦП РГМТ		ФЦП ЭКБ		ФЦП «Станки»		Всего	Доля полученных в рамках 9 ФЦП данного вида ОИС в общем кол., %
		Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %	Кол., ед.	Доля вида, %		
7	Патент на полезную модель	37	3,2	7	3,3	0	0,0	1	1,5	7	14,9	0	0,0	5	1,7	0	0,0	0	0,0	57	2,2
8	Свидетельство государственной регистрации базы данных	19	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	12	25,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	31	1,2
9	Заявка на топологию микросхем	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	18	3,4	0	0,0	19	0,7
10	Заявка на регистрацию базы данных	7	0,6	1	0,5	0	0,0	0	0,0	3	6,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	4,5	14	0,5
11	Топология микросхем	6	0,5	0	0,0	0	0,0	1	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7	0,3
12	Патент на промышленный образец	1	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,0
Итого		1150	100,0	212	100,0	183	100,0	67	100,0	47	100,0	27	100,0	298	100,0	525	100,0	66	100,0	2575	**100,0**

Таблица 3

Индексы и показатели эффективности реализации ФЦП, финансируемые из средств федерального бюджета в 2012 г.

Наименование федеральной целевой программы	Бюджетные назначения на НИОКР		Средняя стоимость контракта		Количество ОИС		Количество ОИС на сто контрактов		Условные средства на один ОИС		Обобщенный индекс — среднее арифметическое индексов $И_{ср}=(И_1+И_2+И_3+И_4+И_5)/5$, о.е.	Рейтинг	Обобщенный индекс — среднее геометрическое индексов $И_{П}=(И_1 \cdot И_2 \cdot И_3 \cdot И_4 \cdot И_5)^{1/5}$, о.е.
	$П_1$, млн руб.	$И_1$, о.е.	$П_2$, млн руб.	$И_2$, о.е.	$П_3$, ед.	$И_3$, о.е.	$П_4$, ед.	$И_4$, о.е.	$П_5$, 1/млн руб.	$И_5$, о.е.			
РГАТ	34132,35	0,51	461,25	1,00	183	0,14	247	1,00	0,005	0,04	0,54	1	0,30
ИР	17027,00	0,25	10,18	0,02	1150	1,00	69	0,27	0,068	0,55	0,42	2	0,23
ФКП	66031,10	1,00	331,81	0,72	67	0,04	34	0,12	0,001	0,00	0,38	3	0
ЭКБ	15024,12	0,22	28,19	0,06	525	0,44	98	0,39	0,035	0,28	0,28	4	0,23
«Мировой океан»	387,50	0,00	7,18	0,01	47	0,02	87	0,34	0,121	1,00	0,27	5	0
РГМТ	12905,02	0,19	48,52	0,10	298	0,24	112	0,44	0,023	0,18	0,23	6	0,21
«Дизели»	1212,00	0,01	63,79	0,14	27	0,00	142	0,57	0,022	0,18	0,18	7	0
«Станки»	1847,00	0,02	18,29	0,04	66	0,03	65	0,25	0,036	0,29	0,13	8	0,07
«Кадры»	8575,00	0,12	1,70	0,00	212	0,16	4	0	0,025	0,20	0,10	9	0
ИТОГО	**157141,09**		61,03		2575								

Вместе с тем, стратегии реализации этих программ принципиально различаются. Федеральные целевые программы ФКП, РГАТ, РГМТ и ЭКБ ориентированы на поддержку прикладных исследований по разработке новой конкурентоспособной продукции (технологий), доказательством чего является высокий уровень финансирования работ. В целом средняя стоимость проекта по девяти ФЦП составляет 61,3 млн руб. Для программы Кадры, направленной на создание условий для эффективного воспроизводства научных и научно-педагогических кадров – 1,7 млн руб. Это обусловлено целью программы, направленной на максимально возможный охват исполнителей (в 2012 г. по этой ФЦП финансировалось 5037 контрактов в основном продолжительностью в один год).

В табл. 4 на основе данных табл. 1 и 2 приведены балльные оценки ФЦП по заданным критериям и итоговые балльные оценки, а также показаны рейтинги избранных ФЦП на основе суммарной балльной оценки по критериям.

Из анализа показателей табл. 4, которые получены по данным табл. 3, следует, что по бюджетным назначениям на НИОКР ($П_1$) первое место занимает ФЦП ФКП, далее следуют ФЦП РГАТ, ИР, ЭКБ и замыкает перечень (9-е место) ФЦП «Кадры».

Таблица 4

Балльная оценка эффективности реализации ФЦП, содержащих НИОКР гражданского назначения, финансируемых из средств федерального бюджета в 2012 г.

№ пп	Наименование федеральной целевой программы	Критериальные показатели эффективности ФЦП, балл					Сумма значений показателей $П_и = П_1+П_2+П_3+П_4+П_5$, балл	Рейтинг	Ранг
		$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$П_5$			
1	ФЦП РГАТ	2	1	5	1	8	17	1	1
2	ФЦП ИР	3	7	1	6	2	19	2	1,5
3	ФЦП ЭКБ	4	5	2	4	4	19	3	1,5
4	ФЦП РГМТ	5	4	3	3	6	21	4	4
5	ФЦП ФКП	1	2	6	8	9	26	5	5
6	ФЦП «Дизели»	8	3	9	2	7	29	6	6
7	ФЦП «Станки»	7	6	7	7	3	30	7	7
8	ФЦП «Мировой океан»	9	8	8	5	1	31	8	8
9	ФЦП «Кадры»	6	9	4	9	5	33	9	9

По средней стоимости проекта ($П_2$) – 461,25 млн руб. первое место по балльной шкале занимает ФЦП РГАТ, которая финансирует, в основном, крупные проектные работы. Далее в порядке убывания следуют программы: ФКП – 331,81 млн руб., ФЦП «Дизели» – 63,79 млн руб., ФЦП РГМТ – 48,52 млн руб., ФЦП ЭКБ – 28,19 млн руб., ФЦП «Станки» – 18,29 млн руб. и ФЦП ИР – 10,18 млн руб. Наименьшую среднюю стоимость проекта имеет ФЦП «Кадры» – 1,7 млн руб.

По количеству созданных ОИС ($П_3$) лидирует программа ИР – 1150, далее следуют: ФЦП ЭКБ – 525 ОИС, ФЦП РГМТ – 298 ОИС, ФЦП «Кадры» – 212 ОИС, ФЦП РГАТ – 183 ОИС,

ФЦП ФКП – 67 ОИС, ФЦП «Станки» – 66 ОИС, самые низкие места по числу созданных ОИС занимают ФЦП «Мировой океан» – 47 ОИС и ФЦП «Дизели» – 27 ОИС.

Первое место по количеству ОИС на сто финансируемых контрактов ($П_4$) занимает ФЦП РГАТ – 247 ОИС, далее следуют: ФЦП «Дизели» – 142 ОИС, ФЦП РГМТ – 112 ОИС, ФЦП ЭКБ – 98 ОИС, ФЦП «Мировой океан» – 87 ОИС, ФЦП ИР – 69 ОИС, ФЦП «Станки» – 65 ОИС и ФКП – 34 ОИС. Новизна ожидаемых в рамках данных программ результатов – созданных ОИС, характеризуемых показателем $П_4$, указывает на перспективы их практического применения и возможность последующей коммерциализации. Наименьшее число ОИС имеют ФЦП ФКП и ФЦП «Кадры» – соответственно 34 и 4 ОИС на сто контрактов, что свидетельствует о невысоком качественном уровне полученных результатов, в лучшем случае, соответствующих мировому уровню.

Средний уровень затрат на один ОИС ($П_5$) ниже (по обратной величине, т. к. чем ниже уровень затрат, тем выше этот индикатор) всех программ в ФЦП «Мировой океан», далее следуют ФЦП ИР, ФЦП «Станки», ФЦП ЭКБ, ФЦП «Кадры», ФЦП РГМТ и ФЦП «Дизели». Нижние места (с наибольшими затратами) занимают ФЦП РГАТ и ФЦП ФКП – крупные программы, ориентированные на создание дорогостоящих образцов новой техники и технологий.

Полученное распределение мест по показателю $П_5$ обусловлено тем, что значительную долю полученных в рамках реализуемых программ ОИС составляют свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных, разработка которых, как правило, не требует значительных затрат. Так, для ФЦП «Мировой океан» они составляют соответственно 23,4 % и 25,5 % (см. табл. 2). При создании таких видов ОИС не требуются дополнительные расходы, связанные с созданием физических моделей и макетных образцов новой техники, разработкой конструкторской и технологической документации на опытные изделия, проведением их испытаний и т. д.

Следует также отметить значительное число в составе ОИС свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ в следующих программах: ФЦП ФКП – 19,4 %, ФЦП ИР – 14,4 % и ФЦП «Кадры» – 11,3 %.

Для ФЦП ЭКБ среди ОИС преобладают (90,3 %) ноу-хау (см. табл. 2), что характерно для ФЦП проектной направленности [4].

В целом по программам (суммарным баллам) наименьшую сумму (первое место) занимает ФЦП РГАТ, что свидетельствует о высокой эффективности этой программы в рамках избранных критериев, далее в порядке убывания суммарных баллов следуют: ФЦП ИР, ФЦП ФКП, ФЦП ЭКБ, ФЦП «Мировой океан», ФЦП РГМТ. Низкие суммарные балльные оценки имеют ФЦП «Дизели», ФЦП «Станки» и ФЦП «Кадры».

Суммарные балльные оценки позволяют выделить три кластера программ (табл. 4):

– первый кластер (с высокими показателями эффективности) образуют: ФЦП РГАТ, ФЦП ИР и ФЦП ФКП;

– второй кластер (средние значения показателей эффективности) образуют: ФЦП ЭКБ, ФЦП «Мировой океан», ФЦП РГМТ и ФЦП «Дизели»;

– третий кластер (с низкими значениями показателей эффективности) образуют ФЦП «Станки» и ФЦП «Кадры».

Сумма значений индексов по пяти критериям, количественно характеризующих каждый показатель, позволяет сформировать рейтинг и определить место каждой из девяти ФЦП (см. табл. 3). Полученные рейтинги по двум методам для девяти ФЦП близки и различаются в деталях (см. табл. 3 и 4). Они представляют собой обобщенный (интегральный) показатель, характеризующий эффективность реализации каждой программы.

Следует отметить, что каждая ФЦП, в рамках которой предусматривается финансирование НИОКР гражданского назначения [3] по-своему уникальна, и предназначена для достижения конкретных целей путем решения соответствующих задач.

Сравнительный анализ ФЦП. Для проведения этого анализа использован метод геометрического представления на плоскости в системе пяти координат критериальных показателей эффективности как совокупности направлений (векторов), формирующих векторное поле показателей ФЦП (см. рис. 1).

На рис. 1 для каждой ФЦП сформирована фигура в виде замкнутой ломаной линии, образованной отрезками прямой линии на векторном поле индексов критериальных показателей $П_1$, $П_2$, $П_3$, $П_4$ и $П_5$. Анализ данных, приведенных на рис. 1, показывает, что к группе наиболее гармонично функционирующих ФЦП по указанным показателям относятся ФЦП ЭКБ, ФЦП РГМТ и ФЦП ИР. Причем ФЦП ИР превосходит все рассматриваемые программы по количеству созданных в 2012 г. ОИС ($П_3$ = 1150) при умеренных затратах на один ОИС ($И_5$ = 0,42), уступая только ФЦП «Мировой океан» ($И_5$ = 1,0).

Следует отметить две крупные программы ФКП и РГАТ, направленные на поддержку проектных разработок [4] для которых характерны высокий уровень бюджетного финансирования, соответственно $И_1$ = 1 и 0,52, и значительная средняя стоимость контракта – $И_2$ = 0,72 и 1,0. Вместе с тем, при реализации мероприятий ФЦП ФКП используются в основном известные технологии, о чем косвенно можно судить по низкому уровню новизны, проводимых в рамках данной программы НИОКР ($И_3$ = 0,04) в отличие от ФЦП РГАТ, для которой соответственно $И_3$ = 0,14. Схожая картина для указанных программ наблюдается в отношении индикатора $И_4$, характеризующего количество ОИС, приходящихся на 100 контрактов. Для ФЦП РГАТ $И_4$= 1, а для ФЦП ФКП составляет 0,12.

Ожидаемый (прогнозируемый) уровень конкурентоспособности создаваемых в рамках ФЦП проектных разработок определяется их новизной, которая характеризуется количественным и качественным составом ОИС, в том числе наличием патентов на изобретение и их доли в общем количестве ОИС (см. табл. 2). В зависимости от численных значений доли патентов на изобретение в общем количестве ОИС сформирован следующий перечень проектных программ [4]: ФЦП «Дизели» – 85,2 %, ФЦП РГАТ – 36,6 % и ФЦП ФКП – 11,9 %.

На первый взгляд пятое место ФЦП «Мировой океан» в рейтинге программ свидетельствует о ее низкой результативности. Вместе с тем следует отметить высокий уровень новизны ($И_4$ = 0,34) и низкую условную стоимость созданного в рамках программы одного ОИС ($И_5$ = 1,00).

Невысокая эффективность ФЦП «Кадры» обусловлена в основном низкой стоимостью одного контракта ($П_1$ = 1,7 млн руб.). Объяснением, в определенной степени может служить цель этой программы – развитие системы эффективного воспроизводства высокопрофессиональных кадров научной и научно-образовательной сферы с последующей концентрацией кадровых ресурсов на приоритетных направлениях, создание научно-технологического задела, востребованного секторами экономики.

Заключение. В работе рассмотрены 2 метода оценки эффективности реализации девяти ФЦП по избранным пяти показателям (индикаторам), на базе которых построены рейтинги этих ФЦП.

На основании анализа показателей программ получены следующие результаты.

По бюджетным назначениям на НИОКР ($П_1$) первое место занимает ФЦП ФКП, далее следуют ФЦП РГАТ, ИР, ЭКБ и замыкает перечень (9-е место) ФЦП «Кадры».

Лидирующее позиции по средней стоимости проекта ($П_2$) занимает ФЦП РГАТ, в рамках которой финансируются, в основном, крупные проектные работы. Далее в порядке убывания следуют программы: ФКП, ФЦП «Дизели», ФЦП РГМТ, ФЦП ЭКБ, ФЦП «Станки» и ФЦП ИР. Наименьшую среднюю стоимость проекта имеет ФЦП «Кадры».

По количеству созданных ОИС ($П_3$) первое место занимает программа ИР, далее следуют: ФЦП ЭКБ, ФЦП РГМТ, ФЦП «Кадры», ФЦП РГАТ, ФЦП ФКП, ФЦП, самые низкое положение по числу созданных ОИС занимают ФЦП «Мировой океан» и ФЦП «Дизели».

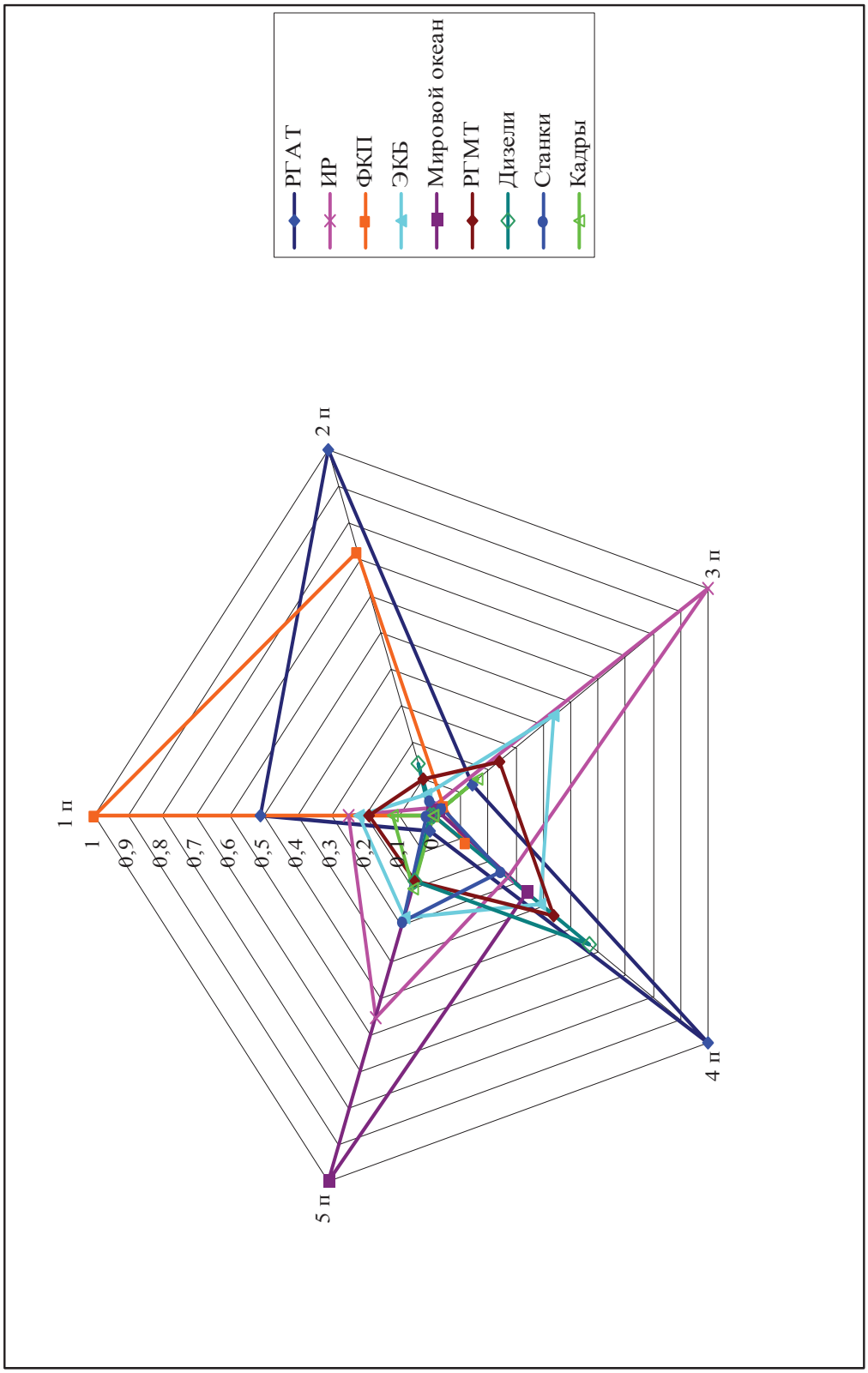


Рис. 1. Векторное поле индексов эффективности финансирования НИОКР в рамках ФЦП в 2012 г.
Показатели эффективности ФЦП в виде направлений на рисунке: 1п – бюджетные назначения на НИОКР; 2п – средняя стоимость контракта; 3п – количество объектов интеллектуальной собственности (ОИС); 4п – количество ОИС на один контракт; 5п – условные средства на один ОИС

Первое место по количеству ОИС на сто финансируемых контрактов ($П_4$) занимает ФЦП РГАТ, далее следуют: ФЦП «Дизели», ФЦП РГМТ, ФЦП ЭКБ, ФЦП «Мировой океан», ФЦП ИР, ФКП Станки и ФКП. Новизна ожидаемых в рамках данных программ результатов – созданных ОИС характеризуемых показателем $П_4$, указывает на перспективы их практического применения и возможность последующей коммерциализации.

Средний уровень затрат на один ОИС ($П_5$) ниже (по обратной величине, т. к. чем ниже уровень затрат, тем выше этот индикатор) всех программ в ФЦП «Мировой океан», далее следуют ФЦП ИР, ФЦП «Станки», ФЦП ЭКБ, ФЦП «Кадры», ФЦП РГМТ и ФЦП «Дизели». Нижние места (с наибольшими затратами) занимают ФЦП РГАТ и ФЦП ФКП – крупные программы, ориентированные на создание дорогостоящих образцов новой техники и технологий.

Проведенная структуризация видов ОИС, полученных в рамках ФЦП, может быть использована как инструмент, позволяющий разработать и проанализировать типологию программ и уточнить их научно-техническую направленность. Так, анализ распределения мест ФЦП по показателю $П_5$ показал, что ФЦП, для которых значительную долю ОИС, полученных в рамках реализуемых программ, составляют свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных имеют преимущество перед другими программами. Поскольку разработка указанных видов ОИС, как правило, не требует значительных затрат, связанных с созданием физических моделей, макетных образцов новой техники и т. д.

В рейтинге ФЦП, сформированном по методике бальных оценок, первую пятерку программ составляют ФЦП РГАТ, ФЦП ИР, ФЦП ЭКБ, ФЦП РГМТ и ФКП, а в рейтинге, составленном по методике, предусматривающей расчет индексов (нормированных показателей) первая пятерка выглядит следующим образом: ФЦП РГАТ, ФЦП ИР, ФКП, ФЦП ЭКБ и ФЦП «Мировой океан». Таким образом, полученные рейтинги по двум методам для девяти ФЦП близки и различаются в деталях.

Проведен сравнительный анализ эффективности реализации ФЦП путем сопоставления значений соответствующих показателей программ с использованием метода геометрического представления этих показателей как совокупности направлений (векторов).

К группе гармонично функционирующих ФЦП по указанным показателям относятся ФЦП ЭКБ, ФЦП РГМТ и ФЦП ИР. Причем ФЦП ИР превосходит все рассматриваемые программы по количеству созданных в 2012 г. ОИС.

Выделяются две крупные программы ФКП и РГАТ, направленные на поддержку проектных разработок, для которых характерны высокий уровень бюджетного финансирования. Вместе с тем, при реализации мероприятий ФЦП ФКП используются в основном известные технологии, что характеризуется низким уровнем новизны, проводимых в рамках данной программы НИОКР в отличие от ФЦП РГАТ, для которой численное значение индекса созданных в рамках данной программы ОИС более чем в 3 раза превосходит соответствующее значение ФЦП ФКП.

Прогнозируемый уровень конкурентоспособности создаваемых в рамках ФЦП проектных разработок характеризуется количественным и качественным составом ОИС, реализованных в рамках проектов программ, в том числе, наличием патентов на изобретение и их доли в общем количестве ОИС. В зависимости от численных значений этого показателя сформирован (в порядке убывания) следующий перечень проектных программ: ФЦП «Дизели», ФЦП РГАТ и ФЦП ФКП.

Полученные в данной работе результаты позволяют провести сравнительный анализ ФЦП, включая:

– выявление характера НИОКР, выполняемых в рамках программ;

– оценку эффективности бюджетного финансирования;

– оценку уровня конкурентоспособности полученных результатов и перспектив создания на их базе инновационной продукции и технологий;

– типологизацию ФЦП.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по теме «Факторный анализ результативности ФЦП и ведомственных ЦП в части НИОКР гражданского назначения и предложения по развитию системы мониторинга ФЦП», шифр 18-2013.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ № 1662-р от 17.11.2008 г. «О концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года».

2. Кольцов А.В., Лебедев К.В., Леонова Т.Н., Октябрьский А.М. Система грантового финансирования научно-исследовательских работ в России: результативность и эффективность // Инноватика и экспертиза. Труды ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. М.: 2013, вып. 2 (11). С. 200.

3. Постановление Правительства РФ от 26 июня 1995 г. № 594 «О реализации Федерального закона “О поставках продукции для федеральных государственных нужд”».

4. Богачев Ю.С., Брискин В.Д., Киселев В.Н., Октябрьский А.М., Рубвальтер Д.А. Система управления развитием критических технологий на сетевых принципах // Информационно-аналитический бюллетень, ЦИСН, М.: 2011, № 1. С. 64.

References

1. *Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii № 1662-r ot 17.11.2008 g. «O kontseptsii dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda»* [Russian Federation Government Decree № 1662-r dated 17.11.2008 «On the concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2020»].

2. Koltsov A.V., Lebedev K.V., Leonova T.N., Oktyabrsky A.M. (2013) *Sistema grantovogo finansirovaniya nauchno-issledovatel'skikh rabot v Rossii: rezul'tativnost' i effektivnost'. Innovatika i ekspertiza. Trudy FGBNU NII RINKTsE* [The System of R&D grant financing in Russia: results and efficiency. Innovation and Expertise. SRI FRCEC Proceedings], Moscow, 2013, vol. 2(11), p. 200.

3. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 26 iyunya 1995 g. № 594 «O realizatsii Federal'nogo zakona “O postavkakh produktsii dlya federal'nykh gosudarstvennykh nuzhd”»* [Government Decree of June 26, 1995, no. 594 «On the implementation of the Federal Law “On the supply of products to the federal government needs”»].

4. Bogachev Y.S., Briskin V.D., Kiselev V.N., Oktyabrsky A.M., Rubvalter D.A. (2011) *Sistema upravleniya razvitiem kriticheskikh tekhnologiy na setevykh printsipakh. Informatsionno-analiticheskiy byulleten. TsISN* [System of management of critical technologies development. Information-analytical bulletin. CSRS], Moscow, no. 1, p. 64.

ПРОБЛЕМА МОНИТОРИНГА ЭФФЕКТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА

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 рассмотрена возможность описания результатов разных видов деятельности вузов в системе экономических показателей. В качестве методической основы взята схема мониторинга выполнения вузами программ развития инновационной инфраструктуры в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 219.

Показаны особенности деятельности вузов: множественность экономических следствий каждого вида деятельности и влияние способов потребления результатов деятельности вузов на величину создаваемой добавленной стоимости за пределами самого вуза. Формальное описание потенциала вуза и его деятельности позволяет строить рейтинг вузов на основе объективных данных о результатах его деятельности и созданном потенциале.

Ключевые слова: университеты, экономические эффекты деятельности вузов, потенциал вуза, внешние эффекты, схемы мониторинга экономических результатов деятельности вузов, мониторинг, постановление 219.

ISSUE OF THE MONITORING EFFECTS OF THE UNIVERSITY ACTIVITIES

Y.N. Andreyev, Chief Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Economics,
uandreev@extech.ru
N.A. Lukasheva, Deputy Head of Department, SRI FRCEC,
nal@extech.ru

The article discusses the possibility of describing the results of different types of universities' activities in the system of economic indicators. As a methodological framework for monitoring the implementation of the scheme are taken the universities' innovation infrastructure development programs in accordance with the Decree of the Government of the Russian Federation dated April 9, 2010 № 219.

The features of universities: the multiplicity of economic consequences of each activity and the effect of patterns of consumption performance of high schools on the added value created outside of the university. Formal description of the university potential and its activities allows us to construct the rating of colleges on the basis of objective data on the results of its operations and created potential.

Key words: universities, economic effects of universities, potential of university spillovers circuit monitoring economic performance of universities, monitoring, resolution 219.

Постановка вопроса

Задача организации мониторинга экономических эффектов деятельности вузов возникла в ходе мониторинга выполнения вузами программ развития инновационной инфраструктуры в соответствии с постановлением Правительства РФ № 219 от 9 апреля 2010 г. Схема мониторинга исходила из структуры целевых статей субсидирования вузов, но в ходе работы постепенно уточнялась и расширялась с целью более точного отображения результатов деятельности вуза, проявляющихся в конечном счете в виде роста доходов и увеличения

научного и инновационного потенциала вузов. Развитие схемы позволило построить на ее основе новую модель оценки инновационного потенциала вузов и на основе этой оценки провести экспериментальное рейтингование вузов. Методическая ценность схемы оценки вузов в ходе рейтинга заключается в выявлении роли всех аспектов деятельности вуза. Схема, как и любая формализация, упрощает реальную ситуацию в вузе, но именно вследствие упрощения позволяет сопоставлять вузы по объективным параметрам. Дальнейшее уточнение оценок деятельности вузов вызывает необходимость классифицировать виды деятельности по получаемым экономическим результатам. В ходе этой классификации выявляется неоднозначность оценок получаемых результатов. Одно и то же действие оказывает влияние на потенциал вуза в разных аспектах. В конечном счете, после сведения всех результатов в бухгалтерскую отчетность, можно получить однозначную связь действий и результатов, но уже за счет потери деталей. Эта многозначность результатов деятельности специфична для научно-образовательных организаций, совмещающих виды деятельности от совершенно некоммерческих до прямого производства с коммерческими целями.

В то же время, оценка хозяйственных результатов только по фиксируемым в отчетности вуза доходам не отображает долгосрочных последствий его деятельности в народном хозяйстве, вызываемых явлением диффузии новаций. Для самого вуза это внешние экономические эффекты, но они должны быть учтены при комплексной оценке результатов деятельности вуза.

В настоящее время за пределами мониторинга остается основной вид деятельности вуза — образование, поскольку этот аспект деятельности был отражен в целях постановления № 219 лишь частично как подготовка кадров для инновационной деятельности. Включение в информационную модель вуза сведений о подготовке кадров с экономической оценкой этих результатов позволило бы поставить задачу создания информационной модели деятельности вуза, включающей все виды эффектов, создаваемых вузом. Такой результат выводил бы на получение обобщенной экономической оценки деятельности вуза, что является альтернативой оценок по натуральным показателям, не связанным с реальным экономическим эффектом.

Проблема оценки эффектов деятельности вуза состоит в двух выраженных особенностях ее результатов: один вид деятельности дает одновременно эффекты разной природы; существенная часть эффекта реализуется уже за пределами вуза как внешний для вуза эффект, не учитываемый в его отчетности.

Например, результаты исследований имеют самостоятельную ценность, выраженную в смете затрат или в сумме доходов, но одновременно они же являются инвестициями в научный и образовательный потенциал вуза, находят отражение в учебных программах. Результат, оформленный в виде патента, может быть экономически реализован путем продажи патента, передачи прав пользования в хозяйственное общество, использован при выполнении исследований по контракту или просто как средство защиты приоритета вуза в будущих результатах.

Существенная роль внешнего эффекта для оценки результатов деятельности научных подразделений вуза может быть видна из того, что денежная оценка результатов исследования может быть и выше и ниже реального эффекта для народного хозяйства. Например, бюджетное финансирование исследований может приводить к получению научных результатов, ценность которых ниже затраченных сумм. Противоположная ситуация также распространена: вуз получает доход от выполнения прикладной разработки с получением инновационного продукта в соответствии с реальными затратами, а заказчик благодаря этой работе оказывается способен выполнить крупный проект со значительно сокращенными затратами и сроками. В результате основной эффект в форме добавленной стоимости реализуется за пределами вузовского комплекса, включая созданные им малые инновационные предприятия.

Двойственность эффектов проявляется и в результатах мероприятий по развитию материальной базы вуза. Создание центра коллективного пользования научным оборудованием одновременно является вкладом в научный потенциал, что видно в отчетности вузов по появлению новых направлений исследований, и одновременно частью инфраструктуры инновационной деятельности, так как открывает инновационным предприятиям доступ к этому оборудованию или к получению научных услуг особого рода, необходимых в инновационной деятельности. Уже первые сведения об использовании вузами приобретаемого научного оборудования показали распространенность явления совмещения функций научного и производственного оборудования, научного и офисного, применяемого в исследованиях и одновременно в подготовке студентов.

Наиболее развернутые и систематизированные формы оценки научного потенциала вуза используются при проведении конкурсов по отбору исполнителей государственных заказов на исследования и разработки. Но формы ограничиваются сбором важнейших показателей, предоставляя общую оценку эксперту. Попытки уточнения потенциала вуза при проведении различных рейтингов делаются на основе сбора и формальной оценки натуральных показателей без приведения к форме экономического результата (потенциала или эффекта деятельности), вследствие чего умножается число косвенных показателей (количество иностранных студентов в вузе, доля аспирантов, возраст преподавателей, цитируемость статей сотрудников). Использование натуральных показателей вместо сведения результатов к единой экономической оценке делает оценки неустойчивыми. Еще более важен тот факт, что оценка деятельности вуза на основе косвенных показателей может иметь следствием потерю ориентира на реальный экономический эффект.

Созданная в ходе мониторинга выполнения постановления № 219 схема сбора данных позволяет сделать первый шаг к решению проблемы оценки полного эффекта от деятельности вузов: составить перечень основных направлений создания эффектов, определить возможности их учета, указать потенциальное наличие внешних эффектов, не отображаемых в доходах вуза.

Отображение результатов деятельности вузов в схеме мониторинга

Приращение научного и инновационного потенциала. Развитие материальной базы

Основная статья инвестиционных расходов, отслеживаемая в ходе мониторинга, – развитие материальной базы. Здесь отображаются расходы на приобретение оборудования и программного обеспечения, расходы на сопутствующую подготовку помещений. В перечне целевых статей расходов в постановлении № 219 статья 5 под условным названием «консалтинг» содержала одновременно текущие расходы на оплату консалтинга и расходы на создание и развитие малых инновационных предприятий (МИП). Совмещение в одной статье текущих расходов и расходов инвестиционного типа вызывало недоразумения в ходе отчетных компаний, поэтому было принято решение о выделении расходов на создание МИП в отдельную статью. Анализ мероприятий, финансируемых по этой статье, показал, что в них присутствуют расходы как на создание материальной базы, так и текущие расходы на подготовку кадров, проведение исследований. По своему содержанию это инвестиционные расходы, направленные на укрепление малых предприятий, но формально учесть их как инвестиции нет оснований, так как эти расходы не сопровождаются увеличением доли вуза в капитале малого предприятия.

В табл. 1 приведены примеры мероприятий, предпринятых Казанским (Приволжским) федеральным университетом для поддержки своих МИП.

Вложения в человеческий капитал

В постановлении № 219 это – расходы на создание и реализацию программ повышения квалификации сотрудников в области инновационной деятельности. В 2013 г. было создано уже за счет самих вузов 532 программы с общей суммой расходов 159 млн руб. Численность сотрудников, прошедших программы повышения квалификации, составляет 2227 чел.

Таблица 1

Финансирование мероприятий по поддержке МИП

№	Организация	Мероприятие	Тип мероприятия	Сумма, руб
1	ООО «Информатека»	Организация участия в национальной выставке «ВУЗПРОМЭКСПО-2013»	Участие в эксплуатационных расходах организации	72 000
2	ООО Научно-производственное предприятие «Диагностические приборы Казанского федерального университета»	Организация участия в национальной выставке «ВУЗПРОМЭКСПО-2013»	Участие в эксплуатационных расходах организации	68 000
3	ООО «Плазма-Джет»	Проведение конкурса «10 лучших инновационных идей КФУ»	Финансирование НИОКР	925 000
4	ООО «Лаборатория открытых технологий»	Выполнение работ по созданию научно-технической продукции в рамках реализации совместного инновационного проекта	Финансирование НИОКР	265 042

Мероприятия по стажировкам сотрудников также следует рассматривать как инвестиции в человеческий капитал. Расходы по статье «консалтинг» не поддаются однозначной классификации. С одной стороны, получение консультаций сотрудниками вуза это одна из форм повышения их профессиональной квалификации. Но в реальной отчетности вузов по этой статье финансировались в значительных масштабах и НИОКР внутреннего потребления, что следовало бы отнести к приращению научного потенциала вуза. Финансирование этих мероприятий не приводит к приращению нематериальных активов, так как мероприятия не заканчиваются получением охранных документов. Расходы на стажировки в 2013 г. составили 147 млн руб., сумма расходов на консалтинг в 2013 г. – 833 млн руб. В 2013 г. 1391 чел. прошли стажировки. С одной стороны, проведение этих мероприятий считается вкладом в рост инновационного потенциала вуза, но, с другой стороны, нет способа формального отображения приращения инновационного потенциала.

В отчетах вузов есть сведения об участии сотрудников вуза и студентов в работе МИП (табл. 2, рис. 1). Сам процесс участия в работе МИП имеет следствием рост квалификации сотрудников и повышение образовательного уровня студентов. Но экономическим результатом этих работ является только продукция МИП, поэтому конечный результат этой деятельности фиксируется как доходы малых предприятий.

В схеме мониторинга фиксируется приращение нематериальных активов вуза за счет постановки на учет охранных документов на результаты интеллектуальной деятельности (РИД). Методически сложен вопрос о способе оценки экономического эффекта от РИД, не поступивших на учет в качестве нематериальных активов. В большинстве случаев зарегистрированные в вузе РИД получают денежную оценку, которая фиксируется в ходе мониторинга. Только часть оцененных результатов поступает на баланс вуза, поэтому остальные объекты можно расценивать как реальное приращение потенциала вуза, которое не нашло формального отображения в бухгалтерской отчетности.

По данным учета РИД Тверского государственного университета в 2013 г. (второе полугодие) было зарегистрировано 226 РИД, получили оценку в этом периоде 20 РИД, было

поставлено на учет как нематериальные активы 15 РИД. Это общая тенденция, число заявок на регистрацию РИД превышает число РИД, получивших охранные документы, а число получивших документы превышает число поставленных на учет.

Таблица 2

Участие студентов и сотрудников вуза в работе МИП, 2013 г.

Название организации	Всего	Студенты	Аспиранты	Преподаватели	Другие
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова	173	14	20	84	55
Астраханский государственный университет	202	51	23	90	38
Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта	94	15	14	15	50

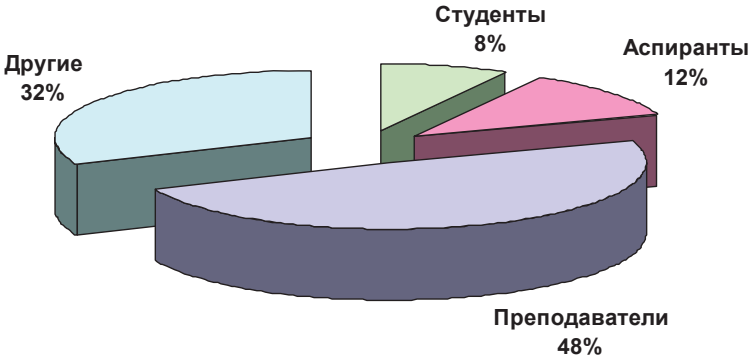


Рис. 1. Состав участников работ в МИП в Алтайском ГУ

Производство

Основную деятельность вуза – подготовку специалистов в данной статье не рассматриваем, так как ее учет не входил в регламент мониторинга вузов. Следующая по значимости и по масштабам деятельность – производство научной продукции. В статистике науки эта деятельность учитывается как показатель «внутренние затраты на исследования и разработки», то есть, по себестоимости. Этот подход был оправдан при стопроцентном финансировании научных исследований по смете затрат, но в настоящее время он искажает оценку результатов деятельности вузов в области научных исследований и разработок, так как значительная часть НИОКР осуществляется по контрактам и полученный доход включает всю добавленную стоимость, не учитываемую в показателе внутренних затрат. В ходе мониторинга объемы НИОКР учитываются по сумме полученных доходов без использования показателя внутренних затрат, и это позволяет получать сопоставимые по экономическому смыслу оценки разных видов деятельности. При этом не имеет значения ни статус заказчика НИОКР (органы государственной власти или частное лицо), ни источник средств у заказчика (бюджетные или внебюджетные источники). Показатель доходов от выполнения НИОКР используется и как индикатор для контроля выполнения постановления № 219.

По определению в стоимость фундаментальных исследований не включается прибыль, так как результаты этого вида исследований не являются товаром, поэтому для их учета

метод внутренних затрат даст такой же результат как и метод учета доходов. Но на практике граница по признакам самого исследования не совпадает с экономической границей. Организация может проводить фундаментальные исследования как часть коммерческого проекта, или, напротив, выполнять прикладные исследования по планам государственного задания. Надежным критерием наличия товарных свойств у результатов научного исследования является только наличие контракта, предусматривающего получение дохода.

На рис. 2 показано распределение вузов по количеству действующих договоров с партнерами в промышленности. По оси ординат отложено количество договоров, по оси абсцисс последовательность вузов в порядке убывания у них количества договоров. Различия между вузами по этому показателю настолько велики, что приходится делать вывод о неоднородности самой совокупности вузов, о наличии в ней групп разного профиля.

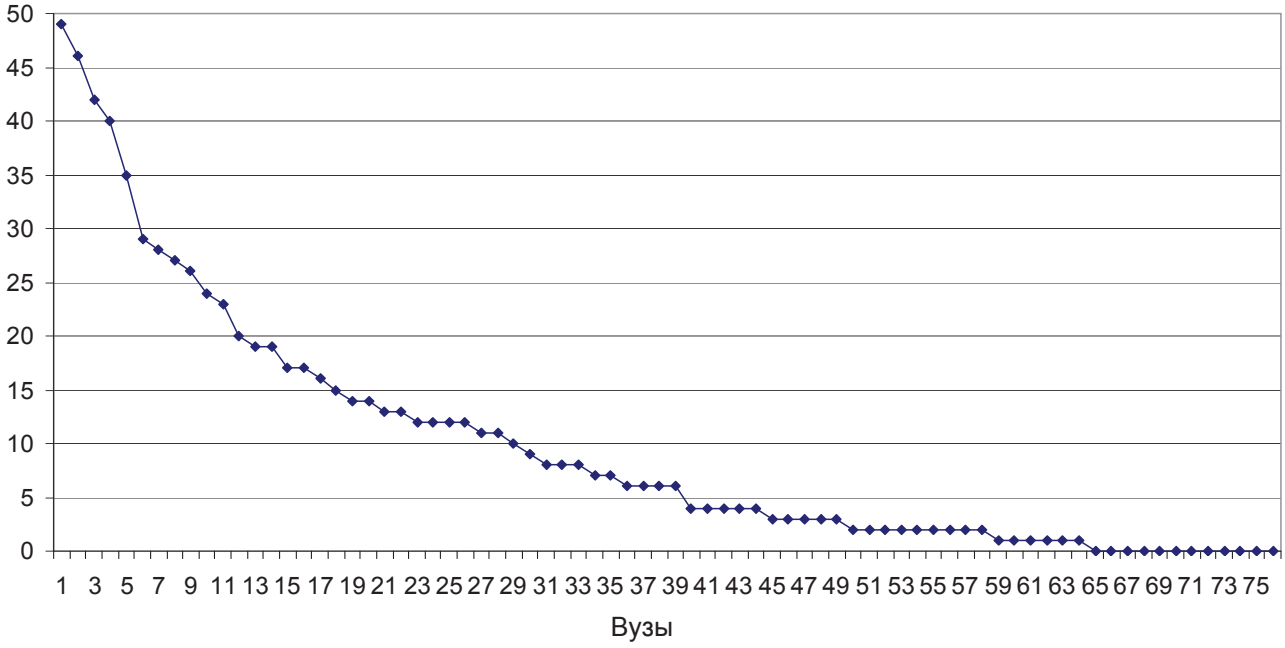


Рис. 2. Распределение вузов по количеству действующих договоров с партнерами в промышленности

График построен без учета данных Красноярского государственного аграрного университета, у которого число договоров приближается к 150.

Также сильно колеблется доля промышленных предприятий в доходах вузов от проведения НИОКР, что показано на рис. 3. По оси ординат отложено значение доли доходов, получаемых вузами от выполнения НИОКР по заказам промышленности, в общей величине доходов от выполнения НИОКР.

Как видно из графика на рис. 3, плотность распределения вузов по этому признаку практически равномерная. Самая высокая доля заказов промышленных предприятий (100 %) – у Тульского государственного университета, Новосибирского государственного технического университета.

Создаваемые вузом хозяйственные общества также выполняют исследования и разработки. В схеме мониторинга их объем учитывается отдельно от объемов работ вуза в общей статье «работы и услуги». Схема позволяет учесть продукцию всего комплекса вуза и созданных им малых предприятий и в то же время вести раздельный учет.

Объемы доходов хозяйственных обществ представлены в табл. 3.

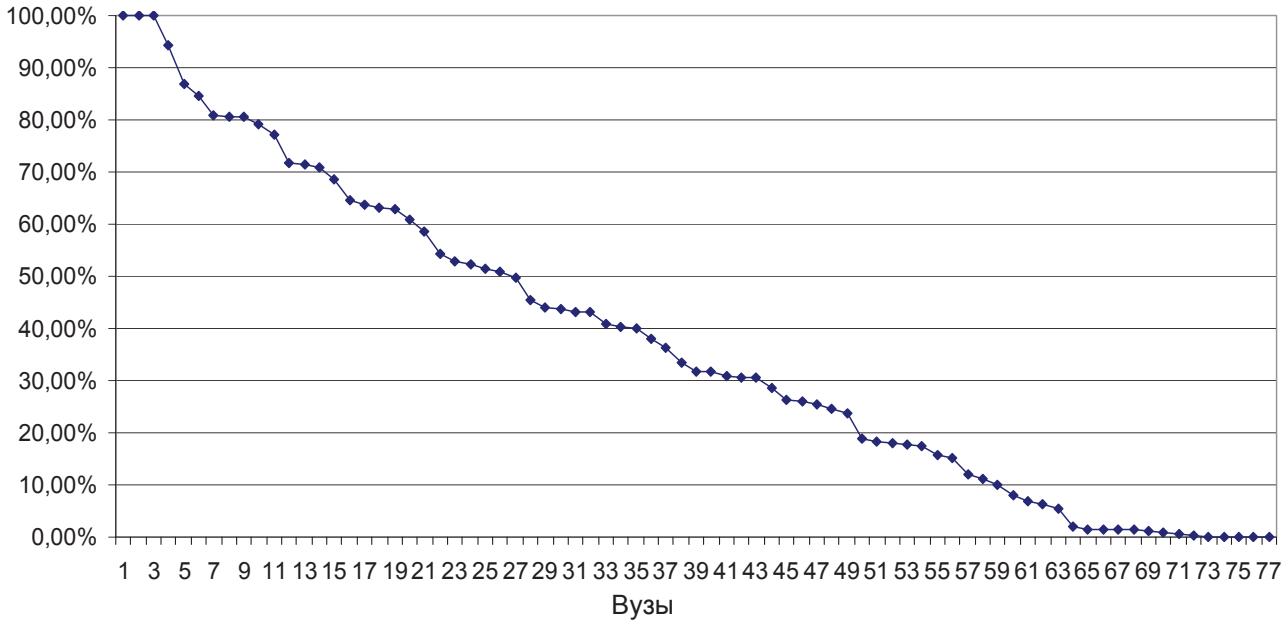


Рис. 3. Распределение вузов по доле доходов от НИОКР по заказам промышленных предприятий в общих доходах от проведения НИОКР

Таблица 3

Доходы хозяйственных обществ в 2013 г. в млн руб.

Показатели	Услуги	Производство продукции	Итого доход
7 этап (второе полугодие)	2118,2	966,5	3084,7
6 этап (первое полугодие)	552,9	220,15	773,05
2013 год в целом	2671,1	1186,65	3857,75

Реализация результатов интеллектуальной деятельности (РИД)

Учета РИД в схеме мониторинга предусматривает отображение всего цикла движения РИД от регистрации заявки на полученный результат до получения охранных документов, оценки и постановки на учет как нематериальных активов.

Вузам было предложено ответить на вопрос о способах использования полученных объектов интеллектуальной собственности (табл. 4). Вузы могли выбирать варианты использования из списка: «реализован путем продажи», «передан для использования в организацию инфраструктуры», «проданы права пользования», «использованы при выполнении контрактов», «другое». Предложенный выбор вызвал затруднения у мониторов вузов по двум причинам: потому что ранее такого учета не велось и потому, что судьба многих РИД, включенных в отчет по текущему этапу, еще не определилась. Тем не менее, были использованы все предложенные варианты ответов. Это обстоятельство позволяет заключить о наличии в практике вузов всех предложенных способов реализации РИД. Передача РИД в пользование подразделению инфраструктуры по экономическому смыслу аналогична инвестиции. Инвестиции могут быть направлены как в вуз, так и в созданные им хозяйственные общества в соответствии с федеральным законом № 217-ФЗ. Схема мониторинга фиксирует передачу в хозяйственные общества прав пользования объектами интеллектуальной собственности и их оценку.

Таблица 4

Форма отчетности о результатах интеллектуальной деятельности (второе полугодие 2013 г.) на примере данных Тверского государственного университета

Наименование РИД	Тип РИД	Дата постановки РИД на учет как нематериального актива	Область использования	Оценочная стоимость РИД, руб.	Расходы на оценку и на оформление документов охраны, руб.
Система оценки возможности трансфера и коммерциализации научных разработок и результатов НИР	Ноу-хау	08.07.2013	Проданы права пользования	3400	0
Способ раздельного определения вероятностей поглощения и рассеяния фотонов на единицу пути в твердых оптических материалах	Изобретение			4100	0

Использование РИД, получивших охранные документы, при выполнении контрактов дает эффект, с экономической точки зрения аналогичный использованию капитала и позволяет увеличить доходы, что означает и рост эффекта деятельности вуза, выражаемый через приращение добавленной стоимости.

Вузы оказывают разнообразные научные 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 клиентов проводят работы по сертификации, измерениям, анализу. Инжиниринговые центры выполняют работы по проектированию, подготовке документации. Доходы от этих видов работ учитываются в специальной форме «услуги и работы подразделений вуза».

Работы, выполняемые предприятиями инновационного пояса вуза, учитываются в схеме мониторинга отдельно. Различаются три вида деятельности МИП: выполнение работ и услуг, производство высокотехнологичной продукции, реализация инновационных проектов. Первые два вида деятельности оцениваются по полученным доходам. Реализация инновационных проектов с экономической точки зрения является частным случаем инвестиционного проекта с последующей организацией производства. Отличие от инвестиционного проекта в том, что предприятие может получить дополнительное финансирование из бюджета через специализированные фонды. Чаще всего в роли инвестора выступает Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Когда инновационный проект начинает приносить доход, то доход учитывается в зависимости от вида деятельности либо в объемах производства, либо в объемах работ и услуг. Граница между доходами малых предприятий и доходами вуза проходит через выплату дивидендов вузу как учредителю, имеющему долю собственности в капитале малого предприятия.

Доходы от эксплуатации имущества. Дополнительные доходы вуз получает от сдачи в аренду помещений, предоставления в аренду оборудования. Эти виды доходов в схеме мониторинга не учитываются, но могут быть включены при необходимости решения задачи полной оценки экономических эффектов, создаваемых деятельностью вуза. Эти доходы отображены в бухгалтерской отчетности вуза, и их учет не представляет трудностей. В эту же группу следует включить и дивиденды, получаемые вузом как совладельцем капитала хозяйственных обществ.

Проблемы учета внешнего эффекта от деятельности вуза

Формально потенциал вуза и объем его работ оцениваются разными показателями. Научный потенциал рассматривается как способность научного коллектива вуза выполнять исследования и разработки на высоком уровне. Экономическая оценка потенциала имеет другое содержание. В рыночных условиях оценивают капитализацию компании как цену продажи, которая зависит как от ее способности приносить доход, так и от величины имущества. В схеме рейтинга вузов, рассмотренной нами[1], потенциал оценивается в некоторой степени аналогично капитализации. Традиционная ресурсная оценка (научные кадры, материальная база) дополняется оценкой факторов, отражающих востребованность получаемых вузом результатов на рынке. Это связи вуза с партнерами в промышленности и в науке, участие его в реализации государственных программ, участие в инновационных кластерах. Учет внешних условий, в которых работает вуз, позволяет более надежно прогнозировать динамику его доходов и динамику развития потенциала.

Внешний эффект производен от уровня научной работы. На практике эта связь учитывается при проведении конкурсных отборов исполнителей исследований и разработок в рамках государственного заказа. В формах описания потенциала исполнителя приводятся многочисленные показатели, позволяющие составить представление о научном потенциале (в данной области) и тем самым прогнозировать уровень выполняемой работы. Учитываются такие факторы как наличие научных школ, оснащенность научным оборудованием, опыт, особенное внимание уделяется ученым-исследователям.

При экономической оценке потенциала вуза необходимо учитывать как внутренние так и внешние факторы: уровень взаимодействия с промышленностью, наличие партнеров в промышленности и в науке, вхождение вуза в сообщества типа инновационных кластеров, участие в целевых государственных программах. В ходе анализа отчетов вузов по выполнению постановления № 219 выявляется зависимость глубины исследований вуза, тематики и широты фронта исследований от экономического потенциала того региона, в котором находится вуз. В долгосрочном аспекте реализуется контур влияний: чем более развита экономика региона, предприятия которого составляют круг потребителей научной продукции вуза, тем более ожидаемый экономический эффект от реализации его разработок, и наоборот, наличие развитой экономики и высокотехнологичных предприятий партнеров с необходимостью ведет к росту глубины и масштаба научных исследований и разработок вуза.

При равных объемах НИОКР экономический эффект, ожидаемый от использования их результатов, может значительно различаться в зависимости от уровня исследований и глубины тех технологических нововведений, которые последуют от реализации полученных заделов. По этим признакам формально отличают фундаментальные исследования, прикладные и разработки. Отчетные данные вузов позволяют конкретизировать различия в содержании работ разного уровня. Исследования фундаментального уровня имеют своим результатом создание моделей явлений, создание теоретического описания явления, которое может быть основой для разработки производственной технологии. Прикладные исследования дают более узкий результат, но приближенный к производственным технологиям. Реальным результатом может быть создание базовой технологии, на основе которой в последующем станет возможным создание целой серии новых технологий. Наиболее приближены к товарной форме работы типа научных услуг, но в этом случае внешний эффект уже не наблюдается, так как результат услуги не поддается тиражированию.

Содержание внешнего эффекта определяется возможностью применения полученных результатов в производстве. Масштаб эффекта зависит от распространения модернизируемого вида производственной деятельности и от глубины вызываемых новым результатом изменений в производственных технологиях. Диффузия новшества происходит не только в рамках

[1] Андреев Ю.Н., Формирование инновационных систем вузов. Сборник «Инноватика и экспертиза», 2013 г. вып. 2.

сектора производства, но и в разработке на новой основе новых технологий и технических решений. Оценка полезности для страны результатов научной деятельности вуза может быть основана на анализе перспективы их производственного применения. Перспектива применения будущих научных результатов оценивается в вузах уже на стадии формирования приоритетных направлений развития (ПНР). В части вузов для выполнения этого анализа на высоком качественном уровне созданы специализированные подразделения прогнозирования результатов научных исследований, ожидаемого развития технологий и потребностей промышленности. Информация о принятых ПНР отображается в отчетах вузов с пояснением траектории производственной реализации.

Изучение представляемой информации о создаваемых теоретических заделах и о перспективах решения производственных задач дает основу для объективной оценки научно-технической деятельности вуза с точки зрения интересов страны. В этом смысле оценка по ожидаемому эффекту выгодно отличается от использования косвенных оценок по цитированию статей ученых вуза в зарубежных изданиях. Метод оценки цитирования дает представление об эффекте, полученном в других странах от проведенных в российском вузе исследованиях. В перспективе проблема оценки проводимых исследований смыкается с проблемой оптимизации деятельности всего научного комплекса, так как ценность исследований зависит от уровня скоординированности планов исследований с планами экономического развития регионов и планами модернизации промышленных компаний.

Выводы

По нашим данным исследования и разработки в области создания новых технологий и материалов ведутся примерно в 210 вузах России. Технически возможно организовать мониторинг их научно-технической деятельности с постепенным наращиванием его информативности. В основе мониторинга должна быть схема, построенная на тех же принципах, что и схема мониторинга постановления № 219. Наиболее сложной проблемой при этом будет сбор и анализ данных о содержании исследований и разработок. В настоящее время на материале мониторинга постановления № 219 отрабатываются методы свертывания информации о создаваемых технологиях. Проблемой является не столько объем информации, сколько отсутствие эффективной системы классификации, ориентированной на определенные сферы применения результатов исследований и разработок. Действующие формы статистической отчетности вузов включают указание сферы применения разработок, но структура этих сфер не отображает современных секторов высокотехнологичного производства. Полученный в ходе мониторинга опыт описания технологий и сфер их применения может быть использован для внесения корректив в действующие формы статистической отчетности.

Полезность мониторинга деятельности вузов заключается прежде всего в получении системной информации о всех аспектах деятельности, о вовлеченности вузов в модернизацию экономики, о роли малых предприятий их инновационного пояса. На основе этой информации можно выявлять факторы, препятствующие повышению эффективности работы вузов. Можно получить информацию, которая позволит принимать организационные решения о вузах на основании полной оценки полезности их деятельности для России. В настоящее время вузы в основном решили задачу вывода результатов научной деятельности в производство. Но экономическая эффективность этой деятельность реализуется далеко не полностью из-за недостаточной скоординированности планов модернизации технологического уровня предприятий и планов исследований и разработок в научных организациях и вузах. Недостаточность механизма согласованности стратегий развития проявляется в структуре программ развития регионов и федеральных округов. Практические меры организации более эффективного взаимодействия реализуются в виде технологических платформ, кластеров, соглашений о модернизации корпораций. Адекватная оценка вклада вуза в развитие технологий маловероятна без учета вхождения вуза в разные формы соглашений между ор-

ганизациями науки и промышленности, без учета вовлеченности вуза в программы развития территории.

Движущий мотив повышения эффективности деятельности вузов это экономический интерес самих работников вузов. Он должен быть введен в мониторинг деятельности вузов в явной форме, чтобы можно было в программах развития вуза согласовывать интересы работников вуза и интересы общества. Теоретическая проблема здесь состоит в том, что деятельность работников вуза одновременно протекает в двух сферах собственности: государственной и частной. Расширение деятельности хозяйственных обществ создает для работников вузов дополнительные возможности реализации своего творческого потенциала. Отчетные данные вузов по выполнению постановления № 219 показывают широкое участие в работе хозяйственных обществ сотрудников вузов и студентов.

СОЗДАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЩЕСТВ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПАРТНЕРСТВ БЮДЖЕТНЫМИ И АВТОНОМНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ НАУКИ И ОРГАНИЗАЦИЯМИ ОБРАЗОВАНИЯ

П.Б. Мельник, зам. ген. директора ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, *pmelnik@extech.ru*
Т.И. Турко, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. биол. наук, *ttamara16@extech.ru*
В.Ф. Федорков, зам. нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *fedorkov@extech.ru*
С.В. Борецкая, мл. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ
И.А. Морозова, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *ira@extech.ru*

Статья посвящена актуальным вопросам создания хозяйственных обществ (ХО) и хозяйственных партнерств (ХП), деятельность которых заключается в практическом применении (внедрении) результатов интеллектуальной деятельности.

В статье дан обзор изменений в российском законодательстве в 2013 г., после вступления в силу с 1 сентября 2013 г. Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», в части, касающейся создания ХО и ХП. Приводится статистика создания ХО и ХП, в том числе, сведения об учредителях и созданных ими ХО в зависимости от ведомственной принадлежности, сведения о видах и количестве РИД, право использования которых внесены в уставные капиталы ХО, соответствие деятельности ХО Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в РФ. Также приведен анализ результатов мониторинга деятельности ХО и ХП.

Ключевые слова: хозяйственное общество, хозяйственное партнерство, уведомление о создании хозяйственного общества или хозяйственного партнерства, результаты интеллектуальной деятельности, учет уведомлений о создании хозяйственных обществ или хозяйственных партнерств, реестр уведомлений о создании хозяйственных обществ или хозяйственных партнерств.

CREATION OF ECONIOMIC SOCITIES AND ECONOMIC PARTNERSHIPS BY BUDGETARY AND AUTONOMOUS INSTITUTIONS OF SCIENCE AND EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

P.B. Melnik, Deputy General Director, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, *pmelnik@extech.ru*
T.I. Turko, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Biology, *ttamara16@extech.ru*
V.F. Fedorkov, Deputy Head Department, SRI FRCEC, *fedorkov@extech.ru*
S.V. Boretskaya, Junior Researcher, SRI FRCEC
I.A. Morozova, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, *ira@extech.ru*

The article is devoted to the issues of establishment of business entities (BE) and business partnerships (BP), whose practice constitutes the results of intellectual activity.

The article gives an overview of developments in the Russian Legislation in 2013, after the entry into force on 1 September 2013 of the Federal Law of 29 December 2012 № 273-FZ «On Education in the Russian Federation», in respect of the creation of BE and BP. The article provides statistics of BE and BP, including information about the founders and their BE depending on jurisdiction, the types and number of РИД, the right of use of which is included in the statutory capital of BE, compliance of BE activities with Priority directions of development of science,

technologies and techniques in the Russian Federation. The article also provides the analysis of the results of monitoring activities of BE and BP.

Key words: business entities, business partnerships, a notice of the establishment of the business entities or business partnerships, results of intellectual activity, record of notifications about creating business entities or business partnerships, register of notifications about creating business entities or business partnerships.

Введение

В условиях рыночной экономики одним из важнейших аспектов инновационной деятельности бюджетных учреждений образования и науки России является вовлечение в хозяйственный и гражданский правовой оборот результатов интеллектуальной деятельности (РИД), созданных за счет средств федерального бюджета. Значительный объем РИД, созданных в рамках выполнения НИОКР за счет средств федерального бюджета и имеющих потенциал коммерциализации, сосредоточен в вузах и научных организациях, существующих в форме бюджетных и автономных учреждений.

Одним из первых шагов и действенным механизмом в этом направлении является принятие 2 августа 2009 г. Федерального закона № 217-ФЗ [1].

Принципиальным вопросом является создание экономической заинтересованности учреждений в практическом применении РИД, созданных за счет средств федерального бюджета, в реальном секторе экономики, т. е. введении РИД в хозяйственный оборот (ХО).

В 2013 г. произошли значительные изменения законодательной базы в части создания ХО.

Вступил 1 сентября 2013 г. в силу Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [2] ст. 103 которого «Создание образовательными организациями высшего образования хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств, деятельность которых заключается в практическом применении (внедрении) результатов интеллектуальной деятельности» регулирует отношения при создании ХО и хозяйственных партнерств (далее – ХП).

Принят 2 июля 2013 г. Федеральный закон № 185-ФЗ [3] п. 3 ст. 127 которого устанавливает правовую норму формирования Реестра учета уведомлений о создании хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств и передачи его в органы контроля за уплатой страховых взносов в порядке, определяемом Правительством РФ. Кроме того, вышеуказанным федеральным законом внесены соответствующие изменения в Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» [4] (ст. 5, п. 3.1).

Соответствующие изменения внесены также и в постановление Правительства РФ от 4 марта 2011 г. № 146 [5].

Таким образом, в 2013 г. нормы Федерального закона № 217-ФЗ [1] претерпели существенные изменения: с 1 сентября 2013 г. бюджетным и автономным научным учреждениям и образовательным организациям высшего образования разрешено создавать ХО и ХП, отменены доли учредителей в уставном капитале ХО и складочном капитале ХП, можно вносить право использования тех РИД, исключительные права на которые принадлежат учредителям (участникам, в том числе совместно с другими лицами).

Законодательно-нормативное обеспечение функций и полномочий Минобрнауки России

Законодательной и нормативной базой на Минобрнауки России возложен ряд функций и полномочий, в соответствии с которыми оно осуществляет координацию и оказание методической помощи, в части работы с хозяйственными обществами и хозяйственными партнерствами, деятельность которых заключается в практическом применении (внедрении) РИД.

Выпущены приказы от 8 декабря 2009 г. № 718 «Об организации в Министерстве образования и науки России работы по учету уведомлений о создании хозяйственных обществ» [6], от 24 января 2014 г. № 43 «Об организации в Министерстве образования и науки Российской

Федерации работы по учету уведомлений о создании хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств» [7] и от 25 марта 2011 г. № 1404 «О реализации постановления Правительства Российской Федерации от 4 марта 2011 г. № 146» [8], выпущены «Методические рекомендации по созданию бюджетными научными и образовательными учреждениями ХО» [9].

Указанными приказами Минобрнауки России на ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ возложен учет уведомлений о создании ХО и ХП, мониторинг сведений о ХО и ХП, ежеквартальное формирование Реестра учета уведомлений о создании ХО и ХП и публикация актуальных сведений о создании ХО и ХП на сайте в сети Интернет.

Основными задачами ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по данному направлению являются:

– учет уведомлений о создании ХО и ХП, мониторинг сведений о ХО и ХП и проведение мониторинга деятельности ХО и ХП;

– ежеквартальное формирование Реестра учета уведомлений о создании ХО и ХП с целью последующего его анализа и передачи в органы контроля за уплатой страховых взносов;

– размещение актуальных сведений о создании ХО и ХП на сайте в сети Интернет.

Мониторинг деятельности ХО и ХП позволяет оценить эффективность коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности, созданных за счет средств федерального бюджета, и, в конечном итоге, эффективность бюджетных вложений в науку.

Учет уведомлений о создании хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств бюджетными и автономными учреждениями науки и образовательными организациями высшего образования

Учет уведомлений о создании ХО и ХП, мониторинг сведений о ХО и ХП ведется ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ в едином формате Microsoft Excel (по состоянию на декабрь 2013 г.), из которого в дальнейшем формируются выходные форматы.

На основании информации учета уведомлений о создании ХО и ХП на 31 декабря 2013 г. в базу учета занесены сведения о 2243 ХО. Из них в 290 высших учебных заведениях создано 2091 ХО, в 100 научно-исследовательских институтах – 152 ХО.

В уставные капиталы ХО учредителями внесено право использования более 2263 РИД. Распределение ХО по типу РИД, право использования которого внесено в уставный капитал, представлено на рис. 1.

Из российских регионов наибольшее число ХО создано в Москве (273 ХО) и в Санкт-Петербурге (128 ХО) (рис. 2).

Мониторинг деятельности ХО и ХП в 2013 г. показал, что их деятельность осуществляется по всем приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации (рис. 3) и по всем критическим технологиям.

Также мониторинг деятельности ХО и ХП выявил серьезную проблему, а именно, не удается добиться полного охвата ХО с помощью данного инструмента. В мониторинге 2013 г. приняли участие 42,1 % созданных ХО. Проблема усугубляется отсутствием официальных статистических сведений о деятельности ХО, в существующих формах федерального статистического наблюдения.

В 2014 г. планируется дальнейшее совершенствование анкеты-опросника и методики проведения мониторинга деятельности ХО и ХП с целью получения наиболее достоверных данных.

Также в 2014 г. предусмотрено дальнейшее развитие информационного обеспечения учета уведомлений, в том числе:

– формирование электронной базы данных ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ сведений о создании ХО и ХП;

– подготовка предложений по взаимодействию баз данных ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ и ФГНУ ЦИТиС в части сведений о РИД;

– подготовка предложений по взаимодействию с соответствующими государственными структурами для получения сведений, необходимых для формирования Реестра учета уведомлений о создании ХО И ХП.

Рис. 1. Сведения о видах и количестве РИД, право использования которых внесено в уставные капиталы ХО

Рис. 2. Десять субъектов РФ, в которых создано наибольшее количество ХО

В рамках работы по учету уведомлений о создании ХО и ХП осуществляется постоянное взаимодействие Минобрнауки России с другими федеральными органами исполнительной власти, а также с государственными академиями наук, подведомственные научные учреждения и образовательные организации которых создают ХО и ХП.

Статистические данные о создании ХО и ХП и мониторинга их деятельности в 2013 г. приведены в следующих таблицах и диаграммах.

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что из 2243 ХО, зарегистрированных в базе учета, в системе Минобрнауки России 215 учреждениями создано 1849 хозяйственных обществ (82,43 % от общего количества).

Рис. 3. Соответствие деятельности ХО по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации

Таблица 1

Распределение учредителей и созданных ими хозяйственных обществ в зависимости от ведомственной принадлежности

Название	Кол-во учреждений, создавших ХО		Кол-во созданных ХО	
	шт.	%	шт.	%
Департамент образования города Москвы	2	0,51 %	3	0,13 %
Минздравсоцразвития России	25	6,41 %	54	2,41 %
Министерство здравоохранения Московской области	1	0,26 %	1	0,04 %
Министерство культуры РФ	1	0,26 %	1	0,04 %
Министерство образования Московской области	2	0,51 %	14	0,62 %
Министерство транспорта РФ	11	2,82 %	27	1,20 %
Минобрнауки России	**215**	**55,13 %**	**1849**	**82,43 %**
Минсельхоз РФ	35	8,97 %	106	4,73 %
Минспорт России	2	0,51 %	2	0,09 %
Правительство РФ	3	0,77 %	16	0,71 %
РАМН	8	2,05 %	14	0,62 %
РАН	69	17,69 %	115	5,13 %
РАСХН	8	2,05 %	8	0,36 %
Федеральное агентство морского и речного транспорта	1	0,26 %	1	0,04 %
Федеральное агентство по рыболовству	5	1,28 %	51	2,27 %
Федеральное агентство связи	2	0,51 %	5	0,22 %

Оценка результатов мониторинга деятельности хозяйственных обществ, созданных бюджетными и автономными научными учреждениями и образовательными организациями высшего образования

ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ разработана комплексная система показателей для объективной оценки деятельности ХО, которая стала основой анкеты мониторинга их деятельности.

Результаты мониторинга деятельности ХО представлены ниже.

Общее количество рабочих мест, созданных опрошенными хозяйственными обществами, демонстрирует положительную динамику и составляет 4216 на 01 октября 2013 г. (прирост по сравнению с началом года на 25 %). Рост количества рабочих мест объясняется как созданием новых хозяйственных обществ в течение 2012 и 2013 гг., так и постепенным увеличением численности персонала ранее созданных организаций. Средняя численность работников, включая внешних совместителей, также постепенно увеличивается и составляет 4,9 чел. на 01 октября 2013 г.

Что касается структуры занятости, данные об изменении абсолютной численности трудоустроенных студентов, аспирантов, профессорско-преподавательского состава и научных работников представлены на рис. 4. В среднем, 16 % занятых в хозяйственных обществах составляют студенты; 12 % аспиранты; 29 % работники профессорско-преподавательского состава; 22 % научные работники.

Показателем активности научно-технической деятельности ХО служат количество и объем выполняемых НИОКР за период (табл. 2).

Показатели результативности научно-технической деятельности хозяйственных обществ представлены в табл. 3.

По данным, предоставленным организациями в ходе мониторинга, за 2012 г. в сумме было произведено инновационной продукции на 718,292 млн руб., за 9 месяцев 2013 г. – на 481,011 млн руб.

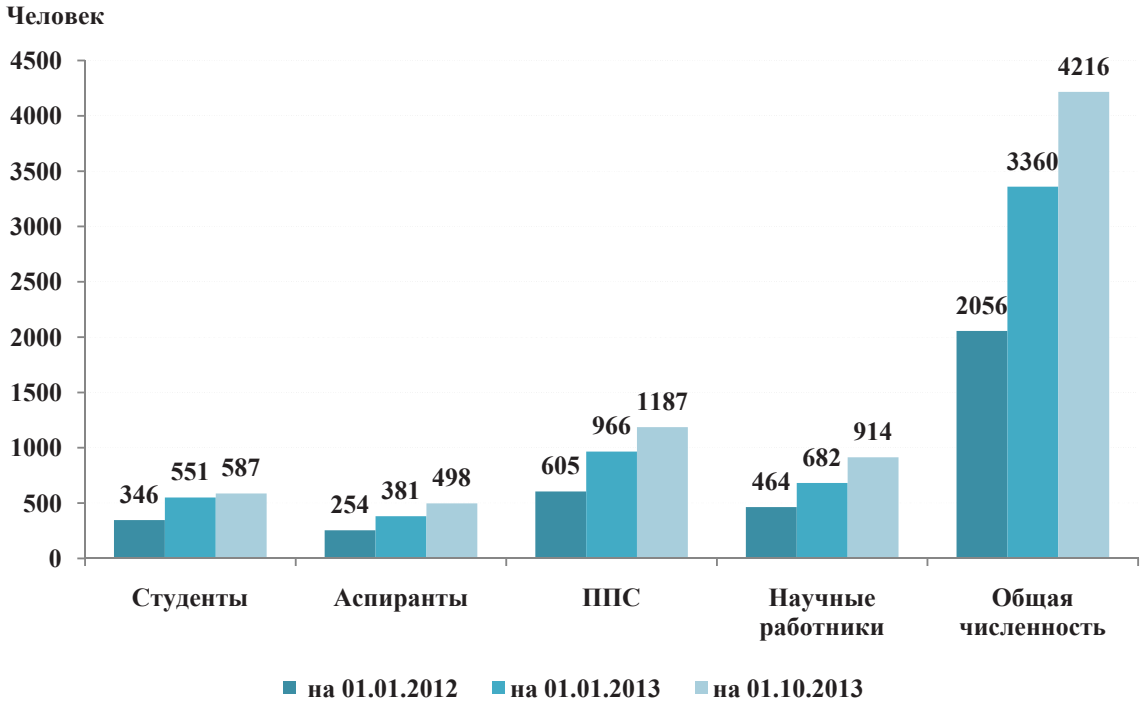


Рис. 4. Динамика численности персонала ХО

Таблица 2

Научно-техническая деятельность хозяйственных обществ

Показатели	2011 г.	2012 г.	9 мес. 2013 г.
Количество хозяйственных обществ, выполнявших НИОКР	187	304	378
Количество НИОКР, выполняемых хозяйственными обществами (шт.)	335	693	778
Суммарный объем финансирования НИОКР, выполняемых хозяйственными обществами (млн руб.)	418,851	750,140	608,859
Средний объем финансирования НИОКР в расчете на одно хозяйственное общество (тыс. руб.)	2264,1	2483,9	1645,6
Средний объем финансирования одной НИОКР (тыс. руб.)	1257,8	1085,6	796,9

Таблица 3

Результативность научно-технической деятельности хозяйственных обществ

Показатели	2011 г.	2012 г.	9 мес. 2013 г.
Количество хозяйственных обществ, получивших охраноспособные РНТД	140	220	253
Количество охраноспособных РНТД, полученных хозяйственными обществами (шт.)	180	307	366
Количество хозяйственных обществ, получивших патенты	119	143	145
Количество патентов, полученных хозяйственными обществами (шт.)	171	340	245
Доля внедренных патентов (%)	53,2	32,7	46,7

Дальнейшее развитие системы учета уведомлений

В дальнейшем планируется разработка автоматизированной интерактивной информационно-аналитической системы «МИП-217» в форме раздела одного из существующих Интернет-ресурсов с использованием сервисов системы межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ) для информационно-аналитического обеспечения и возможностью подачи уведомления о создании хозяйственного общества или хозяйственного партнерства в форме электронного документа, заверенного квалифицированной электронной подписью руководителя научной либо образовательной организации. Опыт создания системы с использованием современных сервисов СМЭВ повысит квалификацию исполнителей ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ и создаст дополнительные конкурентные преимущества на рынке работ и услуг.

Заключение

В результате проведенного в августе–октябре 2013 г. мониторинга деятельности ХО получены количественные результаты, в том числе, данные кадрового потенциала, количество созданных рабочих мест, данные о научно-технической и инновационной деятельности, объем произведенной инновационной продукции, средняя заработная плата.

Мониторинг деятельности ХО и ХП в 2013 г. показал, что их деятельность осуществляется по всем приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и по всем критическим технологиям.

В 2014 г. планируется дальнейшее совершенствование анкеты-опросника и методики проведения мониторинга деятельности ХО и ХП с целью получения более достоверных данных.

Для увеличения результативности и развития конкурентных преимуществ работ по данному направлению представляется целесообразным:

1. Разработать автоматизированную интерактивную информационно-аналитическую систему «МИП-217», обеспечивающую учет, хранение, обработку и актуализацию сведений из уведомлений о создании ХО и ХП, автоматическое формирования Реестра учета уведомлений о создании ХО и ХП, размещение на публичном ресурсе в сети Интернет автоматически формируемой статистики создания ХО и ХП. Эту систему целесообразно реализовать на информационных ресурсах ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ и обеспечивать получение необходимых сведений по системе межведомственного электронного взаимодействия, в том числе необходимых сведений о РИД от сервиса ЕГИСУ НИОКР (ФГНУ ЦИТиС). Указанная система также должна обеспечить возможность подачи уведомления о создании хозяйственного общества или хозяйственного партнерства в форме электронного документа, заверенного квалифицированной электронной подписью руководителя научного учреждения либо образовательной организации.

2. Подготовить предложения по введению в действие инструментария официального федерального статистического наблюдения за реализацией Федерального закона № 217-ФЗ, гармонизированного с международными нормами, с целью объективной оценки деятельности ХО, которые будут составлять совокупность объектов статистического наблюдения, что обеспечит выполнение Минобрнауки России функции по мониторингу и анализу их деятельности.

Список литературы

1. Федеральный закон от 02.08.2009 г. № 217-ФЗ (ред. от 29.12.2012 г.) «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».

2. Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ (ред. от 03.02.2014 г.) «Об образовании в Российской Федерации».

3. Федеральный закон от 02.07.2013 г. № 185-ФЗ (ред. от 28.12.2013 г.) «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу законодательных актов (отдельных положений законодательных актов) Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации».

4. Федеральный закон от 23.08.1996 г. № 127-ФЗ (ред. от 02.11.2013 г.) «О науке и государственной научно-технической политике» (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2014).

5. Постановление Правительства РФ от 04.03.2011 г. № 146 (ред. от 12.12.2013 г.) «О ведении 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, и порядке его передачи в органы контроля за уплатой страховых взносов».

6. Приказ Минобрнауки РФ от 08.12.2009 г. № 718 «Об организации в Министерстве образования и науки Российской Федерации работы по учету уведомлений о создании хозяйственных обществ».

7. Приказ Минобрнауки России от 24.01.2014 г. № 43 «Об организации в Министерстве образования и науки Российской Федерации работы по учету уведомлений о создании хозяйственных обществ и хозяйственных партнерств».

8. Приказ Минобрнауки РФ от 25.03.2011 г. № 1404 «О реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 4 марта 2011 г. № 146» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 08.07.2011 г. № 21301).

9. Письмо Рособразования от 03.12.2009 г. № 20-1834 «О применении (внедрении) бюджетными научными и образовательными учреждениями высшего профессионального образования результатов интеллектуальной деятельности» (вместе с «Методическими рекомендациями по созданию бюджетными научными и образовательными учреждениями высшего профессионального образования хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности»).

References

1. *Federal'nyy zakon ot 02.08.2009 № 217-FZ (red. ot 29.12.2012) «O vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii po voprosam sozdaniya byudzhetnymi nauchnymi i obrazovatel'nymi uchrezhdeniyami khozyaystvennykh obshchestv v tselyakh prakticheskogo primeneniya (vnedreniya) rezul'tatov intellektual'noy deyatel'nosti»* [Federal Law of 02.08.2009 № 217-FZ (as amended on 29.12.2012) «On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation on the establishment of budget scientific and educational institutions, business entities with a view to practical application (implementation) of the results of intellectual activity»].

2. *Federal'nyy zakon ot 29.12.2012 № 273-FZ (red. ot 03.02.2014) «Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii»* [Federal Law of 29.12.2012 № 273-FZ (as amended on 02.03.2014) «On Education in the Russian Federation»].

3. *Federal'nyy zakon ot 02.07.2013 № 185-FZ (red. ot 28.12.2013) «O vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii i priznanii utrativshimi silu zakonodatel'nykh aktov (otdel'nykh polozheniy zakonodatel'nykh aktov) Rossiyskoy Federatsii v svyazi s prinyatiem Federal'nogo zakona «Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii»* [Federal Law of 02.07.2013 № 185-FZ (as amended on 28.12.2013) «On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation and Invalidating legislation (Certain Provisions of Legislative Acts) of the Russian Federation in connection with the adoption of the Federal Law «On Education in the Russian Federation»].

4. *Federal'nyy zakon ot 23.08.1996 № 127-FZ (red. ot 02.11.2013) «O nauke i gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy politike» (s izm. i dop., vstupayushchimi v silu s 01.01.2014)* [Federal Law of 23.08.1996 № 127-FZ (as amended on 02.11.2013) «On Science and State Science and Technology Policy» (with rev. Accessories. Entering into force from 01.01.2014)].

5. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 04.03.2011 № 146 (red. ot 12.12.2013) «O vedenii reestra ucheta uvedomleniy o sozdanii khozyaystvennykh obshchestv i khozyaystvennykh partnerstv, sozdannykh byudzhetnymi nauchnymi i avtonomnymi nauchnymi uchrezhdeniyami libo obrazovatel'nymi organizatsiyami vysshego obrazovaniya, yavlyayushchimisya byudzhetnymi ili avtonomnymi uchrezhdeniyami, i poryadke ego peredachi v organy kontrolya za uplatoy strakhovykh vznosov»* [Government Decree of 04.03.2011 № 146 (as amended on 12.12.2013) «On the keeping of the register address notifications for the creation of companies and business partnerships created and autonomous budget scientific research institutions or educational institutions of higher education is a budget or autonomous agencies, and the manner of its transmission to the bodies of control over the payment of insurance premiums»].

6. *Prikaz Minobrnauki RF ot 08.12.2009 № 718 «Ob organizatsii v Ministerstve obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii raboty po uchetu uvedomleniy o sozdanii khozyaystvennykh obshchestv»* [Order of the RF Ministry of Education and Science dated 08.12.2009 № 718 «On the organization of work at the Ministry of Education and Science of the Russian Federation to integrate notifications about creating business entities»].

7. *Prikaz Minobrnauki Rossii ot 24.01.2014 № 43 «Ob organizatsii v Ministerstve obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii raboty po uchetu uvedomleniy o sozdanii khozyaystvennykh obshchestv i khozyaystvennykh*

partnerstv» [Order of the Russian Ministry of Education and Science dated 24.01.2014 № 43 «On the organization of work at the Ministry of Education and Science of the Russian Federation to integrate notifications on creation of companies and business partnerships»].

8. *Prikaz Minobrnauki RF ot 25.03.2011 № 1404 «O realizatsii Postanovleniya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 4 marta 2011 g. № 146» (Zaregistrirovano v Minyuste RF 08.07.2011 № 21301)* [Order of the RF Ministry of Education and Science dated 25.03.2011 № 1404 «On implementation of the Resolution of the Government of the Russian Federation of March 4, 2011 № 146» (Registered by Ministry of Justice on 08.07.2011 № 21301)].

9. *Pis'mo Rosobrazovaniya ot 03.12.2009 № 20-1834 «O primenenii (vnedrenii) byudzhetnymi nauchnymi i obrazovatel'nymi uchrezhdeniyami vysshego professional'nogo obrazovaniya rezul'tatov intellektual'noy deyatel'nosti» (vmeste s «Metodicheskimi rekomendatsiyami po sozdaniyu byudzhetnymi nauchnymi i obrazovatel'nymi uchrezhdeniyami vysshego professional'nogo obrazovaniya khozyaystvennykh obshchestv v tselyakh prakticheskogo primeneniya (vnedreniya) rezul'tatov intellektual'noy deyatel'nosti»)* [Letter of Ministry of Education of RF dated 03.12.2009 № 20-1834 «On the application (introduction) by budget scientific and educational institutions of higher education – of the results of intellectual activity» (together with the «Guidelines for the establishment by the budget scientific and educational institutions of higher education business entities aimed at the practical application (implementation) of the results of intellectual activity»].

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИНАНСИРОВАНИЯ НАУКИ ИЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ БЮДЖЕТОВ

К.В. Лебедев, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, *k.lebedev@extech.ru*
Ф.Ф. Глисин, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, *glisin@extech.ru*
В.В. Калюжный, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. физ.-мат. наук, *vlad-kaluzh@yandex.ru*

В статье проведен анализ эффективности финансирования науки из региональных бюджетов и сделаны соответствующие выводы. Для этого предложены и рассчитывались три агрегированных индекса, которые соответственно характеризуют собственно эффективность бюджетного финансирования, ресурсную базу науки в регионе и результативность региональной науки. В результате анализа было показано, что финансирование науки в регионах недостаточно эффективно.

Ключевые слова: эффективность финансирования науки, региональные бюджеты, индексы эффективности.

COMPARATIVE EVALUATION OF SCIENCE FUNDING FROM THE REGIONAL BUDGETS

K.V. Lebedev, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Economy, *k.lebedev@extech.ru*
F.F. Glisin, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Economy, *glisin@extech.ru*
V.V. Kaliujny, Leading Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Physics and Mathematics, *vlad-kaluzh@yandex.ru*

The article analyzes the effectiveness of science financing from regional budgets and appropriate conclusions. For this proposed and calculated three aggregate index, which respectively represent the actual effectiveness of budget financing, the resource base of science in the region and the impact of regional science. The analysis showed that in regions of funding Science inefficiently.

Key words: efficiency of science funding, regional budgets, performance index.

Для ускорения социально-экономического развития и обеспечения хозяйственной самостоятельности регионов особое значение приобретает региональная наука, призванная решать наиболее актуальные задачи, стоящие перед субъектами РФ и способная обеспечивать во взаимодействии с федеральной наукой эффективное межрегиональное взаимодействие регионов, направленное на ускорение инновационных процессов. Развитие региональной науки в значительной степени определяется ее финансированием, в том числе, финансированием из региональных бюджетов и, естественно, эффективностью использования региональных финансовых ресурсов. В настоящей работе проведена сравнительная оценка эффективности финансирования науки из региональных бюджетов.

Эффективность финансирования региональной науки зависит от ряда факторов, среди которых, прежде всего, следует отметить качество организации бюджетного процесса финансирования научных исследований. Следующим важным фактором является наличие в регионе качественного ресурсного потенциала науки, позволяющего эффективно использовать имеющиеся финансовые средства. И, наконец, третий фактор – результативность научной деятельности в регионе.

При качественной организации бюджетного процесса должен быть положителен общий тренд изменения бюджетных затрат при одновременной равномерности бюджетного финан-

сирования науки. Очевидно, что резкие ежегодные изменения бюджетных затрат не должны положительно сказываться на эффективности бюджетного финансирования.

Необходимость положительного тренда и равномерности динамики бюджетных затрат на науку подтверждается, в частности, данными ведущих стран мира [2]. В табл. 1 представлены результаты аппроксимации бюджетных затрат стран G7 на науку линейной зависимостью вида

$$y = At + R\ (t_0 \le t \le T)\,. \qquad (1)$$

Там же представлены данные для изменения бюджетных затрат в России на федеральном уровне. Видно, что во всех представленных в табл. 1 странах общий тренд изменения бюджетных затрат положителен. При этом, для Канады, Германии, Японии, США и России в целом характерен высокий коэффициент детерминации R, получающийся при аппроксимации временного тренда бюджетных затрат линейной зависимостью (1). Это свидетельствует о равномерности бюджетного финансирования науки в указанных странах. По существу, выпадающее низкое значение коэффициента детерминации R получается только для Италии.

Таблица 1

Значения параметров *A* и *R* для ведущих научных стран мира

Страна	*A*	*R*
Канада	0,0587	0,9265
Франция	0,0265	0,3913
Германия	0,0839	0,9906
Италия	0,159	0,0112
Япония	0,0367	0,9684
Великобритания	0,0146	0,4536
США	0,0377	0,968
Россия	0,3002	0,9595

В табл. 2 представлены значения A и R, полученные при аппроксимации затрат на науку из региональных бюджетов зависимостью (1). Данные сгруппированы по федеральным округам. Следует отметить, что расчеты для регионов, в которых финансирование науки из региональных бюджетов в период 2005–2012 гг. не осуществлялись вообще или осуществлялись не более половины указанного срока, в данной работе не проводились.

Данные табл. 2 показывают что в 21 регионе России (26,2 %) из рассмотренных 80 регионов тренд бюджетных затрат на науку в 2005–2012 гг. был отрицательным. Кроме того, в большинстве случаев имел место низкий коэффициент детерминации R. Особенно наглядно это проявляется при сравнении региональных данных с данными табл. 1 для стран G7 и России в целом, что математически подтверждает достаточно высокую нестабильность бюджетного финансирования науки в значительной части регионов РФ.

Очевидно, что эффективное развитие региональной науки не может быть достигнуто без взаимодействия с федеральным центром. С точки зрения финансирования это означает необходимость выполнения так называемого принципа дополнительности. Согласно этому принципу, эффективность затрат региональных бюджетов может быть достигнута в том случае, когда эти затраты составляют заметную часть внутренних затрат на науку в регионе, формируемых из всех источников (федеральный бюджет, региональный бюджет, затраты бизнеса и т. д.). Нужно отметить, что в ведущих зарубежных странах доля затрат региональных бюджетов часто оказывается практически равной доле затрат федеральных бюджетов [3, 4].

Таблица 2

Значения *A* и *R* для регионов Российской Федерации

Регионы	*A*	*R*
Центральный федеральный округ		
Белгородская область	1,0617	0,8376
Брянская область	–	–
Владимирская область	–	–
Воронежская область	-0,3121	0,4732
Ивановская область	–	–
Калужская область	0,0252	0,0022
Костромская область	–	–
Курская область	–	–
Липецкая область	–	–
Московская область	0,0686	0,4567
Орловская область	0,0228	0,0119
Рязанская область	0,3089	0,151
Смоленская область	–	–
Тамбовская область	0,0911	0,0685
Тверская область	0,0726	0,0398
Тульская область	-0,1125	0,1625
Ярославская область	–	–
г. Москва	-0,0204	0,0157
Северо-Западный федеральный округ		
Республика Карелия	0,1325	0,1252
Республика Коми	-0,0678	0,3495
Архангельская область	-0,042	0,0138
Вологодская область	2,23	0,3423
Калининградская область	–	–
Ленинградская область	-0,1656	0,3036
Мурманская область	-0,2274	0,1686
Новгородская область	0,4218	0,2632
Псковская область	–	–
г. Санкт-Петербург	-0,073	0,1345
Южный федеральный округ		
Республика Адыгея	0,2295	0,3812
Республика Калмыкия	0,0823	0,483
Краснодарский край	-0,0661	0,097
Астраханская область	3,499	0,2413

Продолжение табл. 2

Регионы	*A*	*R*
Волгоградская область	1,449	0,0558
Ростовская область	0,0046	0,0002
Северо-Кавказский федеральный округ		
Республика Дагестан	0,228	0,6532
Республика Ингушетия	–	–
Кабардино-Балкарская Республика	0,11	0,8037
Карачаево-Черкесская Республика	0,2511	0,9092
Республика Северная Осетия – Алания	-0,0122	0,0131
Чеченская Республика	1,2517	0,3562
Ставропольский край	0,2744	0,7346
Приволжский федеральный округ		
Республика Башкортостан	0,3161	0,8433
Республика Марий Эл	0,3118	0,7936
Республика Мордовия	0,1806	0,5781
Республика Татарстан	0,3177	0,9833
Удмуртская Республика	-0,1964	0,2129
Чувашская Республика	-0,0389	0,6938
Пермский край	0,1706	0,349
Кировская область	–	–
Нижегородская область	–	–
Оренбургская область	0,964	0,6269
Пензенская область	–	–
Самарская область	-0,1754	0,7881
Саратовская область	–	–
Ульяновская область	–	–
Уральский федеральный округ		
Курганская область	-0,1407	0,8391
Свердловская область	0,1424	0,2803
Тюменская область	-0,0572	0,3057
Челябинская область	-0,1598	0,8228
Сибирский федеральный округ		
Республика Алтай	0,1041	0,3323
Республика Бурятия	-0,3749	0,2095
Республика Тыва	0,3699	0,848
Республика Хакасия	0,1817	0,8176
Алтайский край	0,3966	0,7896
Забайкальский край	0,4746	0,8207
Красноярский край	-0,1183	0,0512

Окончание табл. 2

Регионы	*A*	*R*
Иркутская область	1,1266	0,795
Кемеровская область	–	–
Новосибирская область	-0,2308	0,5895
Омская область	-0,1322	0,8404
Томская область	-0,0617	0,0047
Дальневосточный федеральный округ		
Республика Саха (Якутия)	-0,0529	0,275
Камчатский край	–	–
Приморский край	–	–
Хабаровский край	0,0635	0,2282
Амурская область	0,1178	0,022
Магаданская область	–	–
Сахалинская область	0,4198	0,0495
Еврейская автономная область	–	–
Чукотский автономный округ	–	–

В России принцип дополнительности не выполняется в большинстве регионов. Во многих из них, в частности, слабо развиты научные разработки региональных проблем. Это хорошо видно из табл. 3, где представлено распределение регионов по величине доли затрат региональных бюджетов α во внутренних затратах на исследования и разработки.

Из данных, представленных в табл. 3 видно, что в 62 регионах (77,5 % от общей численности) доля затрат региональных бюджетов на науку во внутренних затратах α не превышает 5 %, т. е. наука в этих регионах развивается в основном за счет федерального бюджета, вклад которого во внутренние затраты в настоящее время является доминирующим. В Центральном, Северо-Западном и Уральском федеральных округах вообще отсутствуют регионы с высоким значением α. К числу «дотационных» относятся, в частности, научные центры таких городов, как Москва, Санкт-Петербург, Томск, Новосибирск и Иркутск.

Следующим важным фактором, влияющим на эффективность финансирования региональной науки, является целевое назначение бюджетных ресурсов, которое определяется использованием бюджетных средств на финансирование исследований, непосредственно содействующих социально-экономическому развитию регионов. Именно направленность научных исследований на решение региональных задач во многом определяет заинтересованность регионов в ее финансировании.

Можно предположить, что основными направлениями использования бюджетных затрат для решения задач социально-экономического развития регионов должны быть следующие прикладные исследования в областях:

– ЖКХ;
– окружающей среды;
– образования;
– культуры, кинематографии и СМИ;
– здравоохранения, физической культуры и спорта;
– социальной политики.

Таблица 3

Распределение регионов по доле затрат региональных бюджетов на науку во внутренних затратах α

Федеральный округ	α < 5 %	α > 5 %	Регионы с высокими значениями α
Центральный федеральный округ	18		
Северо-западный федеральный округ	10		
Южный федеральный округ	4	2	Республика Адыгея (47 % в 2005 г.), Республика Калмыкия (32 % в 2005 г.)
Северо-Кавказский федеральный округ	3	4	Республика Ингушетия (99,99 % в 2005 г.), Кабардино-Балкарская Республика (9,87 % в 2006 г.), Республика Северная Осетия – Алания (27,3 % в 2005 г.), Чеченская Республика (559,65 % в 2011 г.)
Приволжский федеральный округ	9	5	Республика Башкортостан (10,1 % в 2006 г.), Республика Марий-Эл (15,95 % в 2009 г.), Республика Мордовия (29,49 % в 2005 г.), Чувашская Республика (17,6 % в 2005 г.)
Уральский федеральный округ	4		
Сибирский федеральный округ	8	4	Республика Алтай (50,04 % в 2005 г.), Республика Бурятия (20,75 % в 2006 г.), Республика Тыва (42,94 % в 2006 г.), Республика Хакасия (21,4 % в 2006 г.)
Дальневосточный федеральный округ	6	3	Республика Саха (Якутия) (49,85 % в 2005 г.), Хабаровский край (5,14 % в 2005 г.), Амурская область (10,41 % в 2008 г.)

В работе [1] показано, что целевое назначение затрат региональных бюджетов на науку не вполне соответствует перечисленным выше направлениям. Это хорошо видно и в табл. 4, взятой из работы [1].

Как свидетельствуют приведенные данные, практически не финансируются из региональных бюджетов такие важные направления, как прикладные исследования в области ЖКХ, в области охраны окружающей среды и в области социальной политики. Недостаточно финансирование исследований в области образования.

Естественно, к направлениям, имеющим значение для регионов, могут относиться и прикладные исследования в области национальной экономики в той части, которая относится непосредственно к региональной экономике. Однако в бюджетной росписи выделить такие регионально направленные исследования не представляется возможным, что затрудняет анализ.

Тем не менее, чтобы учесть затраты на прикладные исследования в области национальной экономики, в настоящей работе при определении показателей, характеризующих выполнение критерия цели, предполагалось, что на исследование конкретных региональных проблем расходуется половина от затрат по этой бюджетной статье. Т. е. в рамках этого предположения региональные бюджеты расходуют заметные средства только на такие важные с точки зрения социально-экономического развития направления, как прикладные исследования в области национальной экономики и здравоохранения.

Таблица 4

Доли средств региональных бюджетов по направлениям научной деятельности за 2005–2012 гг. (%)

Направления научной деятельности	Доли средств региональных бюджетов
Фундаментальные исследования	11,3
Прикладные исследования в области общегосударственных вопросов	11,4
Прикладные исследования в области национальной экономики	43,5
Прикладные исследования в области ЖКХ	0,5
Прикладные исследования в области охраны окружающей среды	1,4
Прикладные исследования в области образования	1,9
Прикладные исследования в области культуры	0,6
Прикладные исследования в области здравоохранения и спорта	28,8
Прикладные научные исследования в области социальной политики	0,4

Еще одним критерием эффективности затрат на исследования и разработки является их достаточность для обеспечения экономически эффективной научной деятельности. В работе [3] на основании многолетних статистических данных работы [2] для различных стран (1981–2010 гг.) показано, что экономически эффективная научно-инновационная деятельность начинается тогда, когда внутренние затраты на исследования и разработки, приходящиеся на одного исследователя, не меньше 100–150 тыс. долл. США в год, т. е. не меньше 3–4 млн руб. в год. Поэтому для оценки степени достаточности в настоящей работе в качестве «порогового» значения внутренних затрат в регионах бралась величина, равная 3 млн руб. в год. Именно с этой величиной целесообразно сравнивать реальные внутренние затраты на исследования и разработки, приходящиеся на одного исследователя.

Подробно соответствующий анализ был проведен в работе [1], результаты которого были использованы при вычислении интегральных индексов в настоящем исследовании. Кроме соответствия показателя внутренних затрат на науку в регионах указанному пороговому значению, в настоящей работе использовалось также соотношение между затратами региональных бюджетов, приходящихся на одного исследователя, и средней начисленной заработной платой в регионах.

Представляется очевидным, что эффективное использование бюджетных затрат на науку может быть достигнуто только при том условии, что в регионе существует для этого соответствующий научный потенциал. В настоящей работе для характеристики ресурсного потенциала используются две группы показателей. К первой группе относятся показатели, характеризующие квалификационный уровень исследователей, укомплектованность исследователями высшей квалификации научных организаций и обеспеченность научных исследований техническим персоналом. Ко второй группе относятся показатели, качественно и количественно характеризующие подготовку специалистов высшей квалификации (кандидатов наук и докторов наук). Все показатели перечисленных групп определяются по данным работы [5]. Перечень показателей научного потенциала региона с указанием способа их вычисления представлен в табл. 5.

Строго говоря, в табл. 5 должны были бы войти и другие показатели, такие как доля средств региональных бюджетов, идущих на приобретение приборов и комплектующих, возраст аппаратуры и оборудования состояние научной инфраструктуры и т. д. Однако такие систематизированные данные в настоящее время отсутствуют. По существу, лишь в некото-

Таблица 5

Перечень показателей научного потенциала региона

Показатель	Вычисление показателя
Показатели первой группы	
Показатель квалифицированности исследовательских кадров	Отношение количества кандидатов и докторов в регионе к общей численности исследователей
Показатель укомплектованности исследователями высшей квалификации научных организаций	Отношение численности кандидатов и докторов наук к общей численности организаций, выполняющих в регионе исследования и разработки
Показатель обеспеченности техническим персоналом	Отношение численности технического персонала к численности исследователей
Показатель обеспеченности материальными ресурсами	Отношение доли внутренних затрат, идущих на приобретение оборудования и материалов к внутренним затратам
Показатели второй группы	
Показатель эффективности аспирантуры	Отношение численности окончивших аспирантуру с защитой диссертации к численности аспирантов
Показатель качества подготовки аспирантов	Отношение численности кандидатов и докторов в регионе к численности аспирантов в регионе

рых региональных бюджетах отдельной строкой прописываются расходы на увеличение материальных активов. Однако, во-первых, эта строка есть не во всех бюджетах, а, во-вторых, из нее не ясно, на увеличение каких именно материальных активов расходуются средства.

В силу указанных причин в настоящей работе при описании соответствия выделяемых бюджетных средств ресурсному потенциалу науки региона использовались только показатели, представленные в табл. 5.

Ясно, что бюджетные затраты на науку должны обеспечивать получение определенных научных результатов. Поэтому важными показателями, характеризующими эффективность бюджетных затрат должны быть показатели результативности научной деятельности. В качестве таких показателей в настоящей работе были использованы количество патентов на одного исследователя и количество созданных новых технологий, приходящихся на одну организацию, занимающуюся в конкретном регионе исследованиями и разработками. В данном случае при вычислении указанных показателей интерес представляет не общее количество патентов и созданных новых технологий, которые указаны, например, в работе [5], а та доля патентов и новых технологий, которые созданы на средства именно региональных бюджетов. Однако такие данные в настоящее время в статистике отсутствуют.

Приближенно количество патентов и технологий, созданных на средства региональных бюджетов, можно оценить по следующим формулам:

$$n_{pr} = \frac{V_{rb}}{V} n_{p0}, \tag{2}$$

$$n_{tr} = \frac{V_{rb}}{V} n_{t0}. \tag{3}$$

В выражениях (2), (3) n_{pr} и n_{tr} – количество патентов и технологий, созданных в регионе за счет региональных бюджетов соответственно; n_{p0} и n_{t0} – общее количество патентов и технологий, созданных в регионе, V_{rb} и V затраты региональных бюджетов и внутренние затраты на науку в регионе.

Перечисленные выше группы показателей были использованы для вычисления результирующих индексов эффективности бюджетного финансирования, индекса развития научного потенциала и индекса результативности. Расчет индексов проводился по достаточно широко используемой методике [1, 6].

Пусть эффективность бюджетного финансирования в i-м регионе (всего в настоящей работе рассматривалось 80 регионов РФ) зависит от совокупности N показателей x_{ij} ($1 \le i \le 80$, $1 \le j \le N$). Если определить максимальное и минимальное значения i-го показателя ($x_{\max,j}$ и $x_{\min,j}$) для всех регионов, то рассматриваемые показатели можно отнормировать следующим образом:

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min,j}}{x_{\max,j} - x_{\min,j}} \ . \qquad (4)$$

Все получающиеся нормированные значения X_{ij} изменяются в диапазоне от 0 до 1. Случай, когда $X_{ij} = 0$ означает неудовлетворительное состояние дел по показателю j-го региона по сравнению с другими регионами, а случай $X_{ij} = 1$, наоборот, означает, что по данному показателю у региона дела обстоят отлично.

Результирующий показатель (индекс), определялся, как среднее арифметическое всех нормированных показателей X_{ij} для каждого региона, т. е.

$$Res_i = \frac{\sum_j^N X_{ij}}{N} \ . \qquad (5)$$

Значение Res_i можно рассчитать для каждого года из рассмотренного диапазона 2005–2012 гг. Однако в настоящей работе определялись индексы усредненные по периоду 2005–2012 гг. При этом каждый показатель x_{ij} вычислялся как среднее арифметическое данного показателя за все рассматриваемые годы.

Результаты расчетов региональных индексов эффективности финансирования науки из региональных бюджетов, индексов научного потенциала и индексов результативности представлены в табл. 6. Данные сгруппированы по федеральным округам.

Представленные в табл. 6 результаты расчетов свидетельствуют о том, что в большинстве регионов величины анализируемых индексов находятся ниже среднего уровня (0,5). Особенно настораживает то, что подобное положение дел существует в ведущих научных центрах страны: в г. Москве, Московской области, г. Санкт-Петербурге, Самарской области, Пермском крае, Новосибирской области, Томской области – практически во всех этих регионах, кроме Самарской области. Примечательно, что наибольшим является индекс ресурсного обеспечения, в то время как индекс результативности научной деятельности является самым низким.

Подобное соотношение между индексами в большей или меньшей степени наблюдается в большинстве регионов Российской Федерации.

Можно предположить, что различие значений индексов говорит о несбалансированности эффективности финансирования и ресурсной базы науки в регионах. Возможно, именно такая несбалансированность и порождает низкую результативность научных исследований.

Даже с учетом сделанного предположения о том, что половина весьма значительных бюджетных затрат регионов на прикладные исследования в области национальной экономики идет на решение региональных проблем, только около трети регионов тратит на них также более 50 % бюджетных ассигнований.

Существуют в регионах также проблемы, связанные с формированием научного потенциала науки. В частности, чрезвычайно мала доля затрат на оборудование во внутренних затратах на науку. Лишь только в трех регионах РФ (Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика и Камчатский край) эта доля превосходит 10 %. При этом

Таблица 6

Индексы эффективности финансирования науки из региональных бюджетов, научного потенциала и результативности в регионах РФ

Регионы	Индекс эффективности бюджетного финансирования	Индекс научного потенциала	Индекс результативности
Центральный федеральный округ			
Белгородская область	0,297	0,323	0,014
Брянская область		0,253	0,000
Владимирская область	0,137	0,253	0,003
Воронежская область	0,121	0,324	0,007
Ивановская область	0,152	0,380	0,029
Калужская область	0,148	0,324	0,019
Костромская область	0,021	0,200	0,000
Курская область		0,249	0,000
Липецкая область		0,337	0,000
Московская область	0,324	0,394	0,008
Орловская область	0,134	0,379	0,104
Рязанская область	0,180	0,174	0,014
Смоленская область	0,163	0,220	0,002
Тамбовская область	0,079	0,266	0,004
Тверская область	0,164	0,320	0,003
Тульская область	0,085	0,243	0,007
Ярославская область	0,139	0,308	0,003
г. Москва	0,207	0,418	0,027
Северо-Западный федеральный округ			
Республика Карелия	0,182	0,500	0,020
Республика Коми	0,244	0,297	0,012
Архангельская область	0,186	0,163	0,019
Вологодская область	0,293	0,177	0,023
Калининградская область	0,112	0,219	0,006
Ленинградская область	0,136	0,398	0,006
Мурманская область	0,227	0,382	0,001
Новгородская область	0,199	0,197	0,009
Псковская область	0,003	0,288	0,000
г. Санкт-Петербург	0,157	0,309	0,003
Южный федеральный округ			
Республика Адыгея	0,263	0,400	0,127
Республика Калмыкия	0,264	0,302	0,036
Краснодарский край	0,146	0,318	0,043
Астраханская область	0,325	0,362	0,028

Продолжение табл. 6

Регионы	Индекс эффективности бюджетного финансирования	Индекс научного потенциала	Индекс результативности
Волгоградская область	0,250	0,242	0,027
Ростовская область	0,222	0,256	0,002
Северо-Кавказский федеральный округ			
Республика Дагестан	0,205	0,342	0,128
Республика Ингушетия	0,230	0,348	0,185
Кабардино-Балкарская Республика	0,230	0,462	0,142
Карачаево-Черкесская Республика	0,296	0,453	0,027
Республика Северная Осетия – Алания	0,122	0,259	0,447
Чеченская Республика	0,525	0,306	0,483
Ставропольский край	0,265	0,425	0,022
Приволжский федеральный округ			
Республика Башкортостан	0,285	0,317	0,199
Республика Марий Эл	0,281	0,323	1,014
Республика Мордовия	0,290	0,239	0,639
Республика Татарстан	0,274	0,317	0,097
Удмуртская Республика	0,080	0,342	0,037
Чувашская Республика	0,364	0,269	0,303
Пермский край	0,203	0,265	0,020
Кировская область		0,358	0,000
Нижегородская область		0,390	0,000
Оренбургская область	0,226	0,374	0,132
Пензенская область	0,115	0,298	0,002
Самарская область	0,358	0,319	0,028
Саратовская область	0,176	0,429	0,003
Ульяновская область	0,191	0,269	0,002
Уральский федеральный округ			
Курганская область	0,169	0,344	0,021
Свердловская область	0,172	0,349	0,009
Тюменская область	0,304	0,259	0,002
Челябинская область	0,351	0,327	0,007
Сибирский федеральный округ			
Республика Алтай	0,305	0,262	0,107
Республика Бурятия	0,196	0,414	0,061
Республика Тыва	0,465	0,364	0,133
Республика Хакасия	0,409	0,293	0,063

Окончание табл. 6

Регионы	Индекс эффективности бюджетного финансирования	Индекс научного потенциала	Индекс результативности
Алтайский край	0,206	0,300	0,035
Забайкальский край	0,366	0,134	0,000
Красноярский край	0,200	0,262	0,013
Иркутская область	0,290	0,419	0,011
Кемеровская область		0,324	0,002
Новосибирская область	0,244	0,434	0,005
Омская область	0,298	0,220	0,008
Томская область	0,133	0,412	0,006
Дальневосточный федеральный округ			
Республика Саха (Якутия)	0,315	0,418	0,161
Камчатский край	0,182	0,607	0,000
Приморский край	0,081	0,434	0,001
Хабаровский край	0,195	0,280	0,095
Амурская область	0,162	0,500	0,155
Магаданская область		0,361	0,000
Сахалинская область	0,255	0,380	0,005
Еврейская автономная область		0,369	
Чукотский автономный округ		0,118	

остается вопрос о степени соответствия имеющегося оборудования тем научным задачам, которые должны быть решены с помощью такого оборудования.

Определенную настороженность вызывает и тот факт, что в некоторых регионах на одного исследователя со степенью приходится чрезмерно большое количество аспирантов. Например, в Костромской области на одного исследователя со степенью в течение 2005–2012 гг. приходилось от 19 до 29 чел. [2]. В республике Мордовия этот показатель изменялся примерно от 9 до 12 чел. В большинстве регионов число аспирантов на одного исследователя со степенями составляло от 3 до 5 чел. И это при том, что далеко не все исследователи, обладающие научными степенями, работают с аспирантами.

Естественно, что при таком количестве аспирантов, приходящихся на одного исследователя трудно говорить о качественной подготовке аспирантов к защите диссертаций. Это подтверждает и тот факт, что число защитившихся аспирантов, приходящихся на одного исследователя со степенями существенно меньше числа обучающихся. Так в Костромской области на одного исследователя со степенью доктора или кандидата наук приходится около двух защитившихся аспирантов. Во многих регионах это значение не превосходит 1, т. е. далеко не у каждого руководителя сделанная аспирантом работа оказывается достойной кандидатской степени.

В исследовательских организациях всех регионов не решается проблема обеспеченности техническим персоналом, численность которого существенно меньше числа исследователей.

Таким образом, несмотря на то, что во многих регионах индекс ресурсного потенциала науки является достаточно высоким, качество самого ресурсного потенциала вызывает определенные сомнения.

Таким образом, на основании представленных в табл. 6 показателей можно сказать, что финансирование науки в регионах недостаточно эффективно. Все полученные и, очевидно,

взаимосвязанные индексы ниже среднего уровня. Низкая эффективность регионального бюджетного финансирования науки, отсутствие концентрации весьма скромных бюджетных средств на важных для регионов направлениях не способствуют развитию научного потенциала. В свою очередь, недостатки научного потенциала ведут к низкой результативности науки в регионах, и как результат, к незаинтересованности регионального руководства в увеличении бюджетных затрат на науку.

Очевидно, что решение перечисленных проблем возможно только во взаимодействии с федеральным центром. Это взаимодействие должно строиться, как и во всех остальных сферах, на четком разграничении полномочий. Такое разделение полномочий может быть построено на нескольких важных принципах. Во-первых, должна быть повышена доля затрат федерального центра на развитие региональной и межрегиональной научно-инновационной инфраструктуры, как это делается во многих странах мира [1]. Во-вторых, в регионах должны быть сосредоточены исследования по тем направлениям, которые являются наиболее важными для решения местных задач социально экономического развития. Фундаментальные исследования и прикладные исследования в области общегосударственных вопросов должны стать исключительной прерогативой федеральных исследовательских центров, финансируемых из федерального бюджета. И, наконец, важным условием повышения эффективности затрат региональных бюджетов на науку должно быть обеспечение четкого мониторинга направленности затрат на научные исследования, а также соотнесение их величины с получаемыми результатами, что потребует, в итоге, систематического внесения корректировки в бюджетную роспись на всех уровнях бюджета.

Список литературы

1. Глисин Ф.Ф., Калюжный В.В., Лебедев К.В. Анализ финансирования науки из региональных бюджетов: Инновации, 3(185), 2014 г., стр. 32–42.

2. Main science and technology indicators. OECD, 2012 г.

3. Глисин Ф.Ф., Калюжный В.В., Лебедев К.В. Анализ использования инструментов финансирования научной и инновационной деятельности: № 9(179), 2013 г., с. 43–49.

4. Лебедев К.В., Глисин Ф.Ф., Калюжный В.В., Прохоров В.В. Сравнительный анализ финансирования науки в субъектах РФ и в зарубежных странах: Инноватика и экспертиза, 2(11), 2013 г., с. 104–115.

5. Регионы России. Социально-экономические показатели. М.: Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2005–2012 гг.

6. Глисин Ф.Ф., Калюжный В.В. Мониторинг региональных инновационных систем: Экономист, № 6, 2011 г., стр. 18–27.

References

1. Glisin F., Kalyuzhniy V., Lebedev K. (2014) *Analiz finansirovaniya nauki iz regional'nykh byudzhetov* [Analysis of science funding from regional budgets]. *Innovatsii* [Innovation], no. 3(185), pp. 32–42.

2. Main science and technology indicators. OECD, 2012.

3. Glisin F., Kalyuzhniy V., Lebedev K. (2013) *Analiz ispol'zovaniya instrumentov finansirovaniya nauchnoy i innovatsionnoy deyatel'nosti* [Analysis of tools for funding research and innovation]. *Innovatsii* [Innovation], no. 9(179), pp. 43–49.

4. Lebedev K., Glisin F., Kalyuzhniy V., Prokhorov V. (2013) *Sravnitel'nyy analiz finansirovaniya nauki v sub"ektakh Rossiyskoy Federatsii i v zarubezhnykh stranakh* [Comparative analysis of science funding in the Russian Federation and foreign countries]. *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expert examination], no. 2(11), pp. 104–115.

5. *Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli* [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki (Rosstat), 2005–2012 gg.* [Federal State Statistics Service (Rosstat), 2005–2012], Moscow.

6. Glisin F., Kalyuzhniy V. (2011) *Monitoring regional'nykh innovatsionnykh system* [Monitoring of Regional Innovation Systems]. *Ekonomist* [Economist], no. 6, pp. 18–27.

ЖИЗНЬ В СТИЛЕ ЭКО: НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ И СТАНДАРТЫ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И КУЛЬТУРНОЙ СФЕРАХ В XXI ВЕКЕ

Н.С. Барабаш, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. филол. наук, *nsb@extech.ru*
С.С. Шувалов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, *shuvalov@extech.ru*

В статье рассматриваются вопросы перспективного развития «зеленого» направления социально-экономического развития в Великобритании, странах Евросоюза, США, ЮАР, Японии и России, проанализированы разные направления и особенности функционирования эко-индустрии в различных областях и сферах жизни общества, намечены пути расширения и укрепления социально ответственного образа жизни во всем мире в ближайшем будущем.

Ключевые слова: эко-индустрия, социальная ответственность, охрана окружающей среды, эко-инновации, «зеленые» стандарты, экологически безопасный образ жизни, эко-сертификация, эко-города, «зеленый» бизнес, «зеленый» транспорт, эко-туризм, эко-потребление.

LIFE STYLE ECO: NEW PRINCIPLES AND STANDARDS IN ECONOMIC, SOCIAL AND CULTURAL SPHERES IN THE XXI CENTURY

N.S. Barabash, Leading Scientist, SRI FRCEC, Doctor of Phylology, *nsb@extech.ru*
S.S. Shuvalov, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Economics, *shuvalov@extech.ru*

The article examines the long-term development of «green» areas of socio-economic development in the UK, EU, USA, South Africa, Japan and Russia, analyzes different areas and features of the functioning of eco-industry in various fields and sectors of society, as well as the ways to expand and strengthen socially responsible way of life around the world in the near future.

Key words: eco-industry, social responsibility, environmental protection, eco-innovation, «green» standards, environmentally friendly lifestyle, eco-certification, eco-city, «green» business, «green» transport, eco-tourism, eco-friendly consumption.

Жизнь в стиле «эко» («зеленый стиль») набирает обороты по всему миру. Принципы такой жизни примерно одинаковы во всех странах. Однако в ряде государств это уже практически неотъемлемая часть жизни граждан и общества в целом, и ее можно встретить повсеместно – в аэропортах, железнодорожных станциях, ресторанах, магазинах, культурно-развлекательных центрах и в частной жизни, как, например, в Великобритании. В других странах, напротив, это движение и образ жизни только набирает обороты, привлекая в свои ряды поклонников и последователей. В этой статье мы рассмотрим наиболее яркие эко-примеры и принципы, затрагивающие разные сферы жизни общества и выявим сходства и различия, чтобы понять и почувствовать, что это уже наступившее будущее и один из самых глобальных мировых трендов в экономической, социальной жизни страны и ее граждан, без которого нам просто не обойтись, так как планета одна, мы все – ее неотъемлемая часть, и нам придется осознать, что без «зеленой» планеты у нас не будет не только «зеленого», но, возможно, и никакого будущего.

Об эко-стиле много информации дают материалы и рекомендации ассоциаций экопроизводителей и компаний по сертификации экопродукции разных стран.

Великобритания

Жизнь, реклама и убедительная пропаганда заставляют людей выбирать социально ответственный и экологически комфортный способ существования, даже если речь идет о среднем социальном срезе общества. Несмотря на это «зеленые» стандарты в среднем по Великобритании еще недостаточно «зеленые». Компания Choose Green, занимающаяся объединением производителей и потребителей продуктов и услуг эко-направления в единую сеть по всей Великобритании, разработала документ, по своим рекомендациям способный разъяснить особенности британских принципов эко-стандартов и сертификатов, способствующих поддержанию и развитию «зеленого» стиля жизни [1].

Основные направления: продукты питания, транспорт, электроснабжение, газоснабжение, красота и здоровье, электротовары, товары для поддержания формы, изоляционные материалы, путешествия, дети, средства для уборки дома, снижение выбросов двуокиси углерода.

Продукты питания. В первую очередь в этом направлении производства рекомендуется британская ассоциация Soil, которая имеет самые высокие стандарты по отношению к отказу от опытов над животными при тестировании продукции и отказу от ГМ-продуктов по сравнению с другими сертификаторами органических продуктов и базовыми британскими стандартами, предъявляемыми к продуктам питания.

Транспорт. Выбирая «зеленую» жизнь, рекомендуется стремиться к снижению выбросов двуокиси углерода во время путешествий насколько это возможно, предпочитая прогулки пешком или на велосипеде. Если необходимо применить моторизированный транспорт, то предпочтительнее использовать общественный транспорт, автобусы, поезда и др. Если же непременно надо ехать на автомобиле, то было бы целесообразно пользоваться самыми экономичными типами автомобилей, электромобилями или, если возможно, совместно использовать автомобиль с другими людьми. Также желательно по минимуму пользоваться самолетами, если есть такая возможность, так как ничего не может компенсировать вред от выбросов двуокиси углерода в атмосферу, причиняемый самолетами окружающей среде.

Электричество. Экономичней включать свет только когда вы в комнате и выключать все электроприборы, когда вы ими не пользуетесь. Рекомендуется использовать возобновляемую энергию – энергию будущего: солнечные фотоэлементы (PV) и панели, нагрев воды за счет солнечного света и ветряные турбины. Некоторые поставщики энергии предлагают так называемые «зеленые тарифы», основанные на использовании альтернативных (возобновляемых) источников энергии, но это скорее исключение из правил, так как в массе своей британский бизнес не спешит вкладывать средства в «зеленую» энергию. Выбрать подходящих поставщиков альтернативной энергии можно на сайте www.greenelectricity.org.

Разумеется, это возможно не во всей Великобритании, поэтому целесообразно стимулировать людей обращаться к поставщикам «зеленого» электричества и инвестировать в 100 % возобновляемую энергию, даже если эти поставщики не могут предложить потребителям полностью все 100 % энергии из возобновляемых источников.

Газ и горячая вода. Микрокомбинированные нагревательные двухэнергетические бойлеры (Micro-CHP) не только обеспечивают высокоэффективное нагревание воды, но и приемлемы по цене, а кроме того, отличаются минимальным количеством выбросов в атмосферу в процессе работы. Решить проблему с горячей водой можно также при помощи самовозобновляемых источников энергии, если такой альтернативный вариант пройдет аккредитацию MCS (Microgeneration Certification Scheme).

Товары для красоты и здоровья. Химикаты в продуктах для красоты, консерванты (фталаты) за последние несколько лет исследований признаны вредными и небезопасными для кожи и здоровья в целом. Потребители, все более склоняясь в своем выборе к безопасной «зеленой» продукции, выбирают средства, состоящие из 100 % натуральных ингредиентов. Такие продукты безопасны для тела и пригодны даже для младенцев.

Такие потребители хотят, чтобы и упаковка подобных продуктов была безопасной и на 100 процентов биоразлагаемой. Там, где это невозможно, потребители ожидают, что эти продукты хотя бы не содержат парабены и фталаты. Линейка таких продуктов представлена на Women's Environmental Network (WEN).

Кроме того, «зеленые» косметические средства и средства по уходу не должны испытываться на животных.

Электроприборы. Сторонники эко-стиля рекомендуют покупать только электроприборы с максимальным уровнем экономии электроэнергии A+++ или A3t.

Если нужно использовать посудомоечную машину, правильнее делать это, когда она полностью загружена посудой, чтобы по максимуму использовать воду и электроэнергию. Когда кипятите воду в электрочайнике, наливайте в него только необходимое количество воды, не больше. Электроприборы должны иметь специальный знак Евросоюза Max 6, показывающий максимально допустимое количество воды.

Смотрите телевизор вместе со всей семьей или в компании с друзьями в одной комнате, используйте только один прибор вместо нескольких, одновременно включенных. Подумайте над тем, нужен ли вам на самом деле фен, если на улице светит солнце, равно как и нужно ли пользоваться автоматической сушилкой для белья, когда можно высушить его на открытом воздухе – это дешевле и не вредит окружающей среде.

Вскипятить воду, посмотреть телевизор или воспользоваться компьютером – постарайтесь сделать выбор, что в данный момент важнее. Разумеется, не все приборы могут работать от солнечной энергии, как карманный калькулятор, но там, где используются приборы, которые можно подзарядить посредством возобновляемого источника энергии, нужно это делать.

Следует сделать строгий отбор при выборе электроприборов, которыми мы часто пользуемся или выбираем ресурсозатратные приборы, такие как холодильники, морозильные камеры, компьютеры, телеприемники, радио, стиральные и посудомоечные машины в пользу наименее ресурсозатратных.

Также рекомендуется выбирать продукты с минимальным уровнем содержания вредных веществ, избегая те, что содержат свинец и прочие токсичные металлы.

Используйте наиболее эффективные и энергосберегающие электролампочки. По возможности, ставьте сенсоры для включения света, включайте свет только, если вы находитесь в помещении и выключайте его всегда, когда он вам больше не нужен.

Физические нагрузки. Занятия физическими упражнениями могут быть бесплатными, проводиться на свежем воздухе, и это можно делать круглый год. Олимпийские атлеты тренируются на беговых дорожках стадионов, а не на тренажерах под неоновыми лампами, переключая 100 телеканалов в процессе тренировки. Почему бы вслед за профессионалами не начать тренироваться на свежем воздухе?

К использованию спортивной одежды и обуви тоже надо подходить ответственно, следует выбирать ту, которая содержит органические волокна и ее производство достаточно безопасно для окружающей среды. Что до поднятия тяжестей, то почему бы не взять пример с Ивана Драго (героя фильма «Роки V»), когда тот поднимал ведра с водой и бревна, и пробегал с ними большие расстояния? Ведь все помнят, кто вышел победителем в той схватке.

Изоляционные материалы. Чтобы добиться возможных «зеленых» стандартов, целесообразно избегать изоляционных материалов, изготовленных из нефтепродуктов, стекловолокно, полистирол, полиуретановую вату и фольгу. Эти материалы широко распространены, потому что они не только доступны по цене и просты в установке, но и потому, что в строительной индустрии они более известны, нежели их натуральная альтернатива.

Рекомендуется использовать следующие натуральные изоляционные материалы.

Овечья шерсть – этот материал используется для лечения для предотвращения клещевых инвазий, она снижает риск воспалений, однако в строительстве этот материал также приме-

няется с большим успехом. У него очень низкая энергоемкость, и он исключительно хорош как изоляционный материал. Как изоляционный материал он известен и распространен на рынке в виде текстильного материала с начесом (флиса).

Лен и конопля. Эти натуральные растительные волокна доступны в рулонах и обычно содержат соль борной кислоты в качестве фунгицида (антигрибкового), антиинсектицида (антипаразитарного) и антипирена (антивоспламеняющегося) компонента. Картофельный крахмал также добавляется к льняным волокнам как дополнительный связующий материал. Оба материала хороши тем, что при производстве низкоэнергозатратны и легко объединяются для создания единого продукта. На рынке эти материалы известны как Isonat и Flax 100.

Целлюлоза изготовляется из перерабатываемой газетной бумаги и другого целлюлозного волокна. Это один из самых популярных натуральных материалов в строительстве, так как заполняет пустоты в стенах, полах и крышах, используется как амортизатор, также может применяться как теплоизоляция в виде щитовых панелей. Как конопля и лен, целлюлоза содержит соль борной кислоты в качестве связующего вещества. Продукты, представленные на рынке – Warmcel и Ecocell.

Древесное волокно изготавливается из древесной стружки, при прессовании формируется в панели или гибкое изоляционное волокно. В качестве связующего материала в него добавляют воду или натуральную смолу (канифоль), оно низкозатратно при изготовлении и используется в лесозаготавливающей индустрии. Коммерческие продукты на основе древесного волокна – Pavatex, Thermowall и Homatherm.

Путешествия. Люди любят путешествовать. Каникулы – время, чтобы расслабиться и перестать беспокоиться о вещах, включающих в себя и влияние окружающей среды. Однако так называемые «зеленые» каникулы могут быть одновременно увлекательным приключением и общественно полезным занятием. В большинстве случаев, доехать до места назначения означает воспользоваться услугами авиакомпаний, при этом вы надеетесь, что компенсируете выбросы углерода посредством опробованных схем (минимум багажа в качестве ручной клади, строго определенный вес чемодана, сдаваемого в багаж и др.). Но ведь можно путешествовать и на поезде – это не менее захватывающее занятие, и в этом случае можно наблюдать сменяющийся пейзаж за окном.

Выбирая отель или апартаменты разного уровня звездности, даже если те стараются находиться в гармонией с окружающей средой, почему бы, тем не менее, не попытаться снять жилье у местного населения и получить от этого невероятный и очень полезный опыт, одновременно изучая жизнь и привычки людей другой страны или местности?

Тем, кто решает жить в отеле, настоятельно рекомендуется останавливаться в эко-комплексах, например, гостиницах и мини-отелях системы B&B, где дух места даст им невероятный «зеленый» опыт, начиная с завтраков, приготовленных из натуральных продуктов, которые выращены в естественных условиях.

Дети. Для того, чтобы иметь маркировку Organic, детские продукты питания должны, по крайней мере, на 95 процентов состоять из органических компонентов, в соответствии с Non Food Certification Company (NFCC), но наша задача состоит в том, чтобы продукты для детского питания на все 100 % состояли из натуральных органических продуктов. Стандарты Soil Association слишком занижены, так как они сертифицируют продукт как органический, даже он содержит от 70 до 95 %, выращенных органическим способом овощей-фруктов-злаков и др.

Продукты по уходу за кожей, одежда, игрушки, пеленки – все это непосредственно соприкасается с кожей вашего ребенка, они должны быть натуральными, без химии и искусственных добавок.

Средства гигиены, в том числе и чистящие средства, также не должны содержать химических компонентов и пестицидов, при этом быть эффективными и не оказывающими вредного воздействия на ребенка.

Средства для уборки дома. Чистящие средства для дома могут быть токсичными и вызывать аллергические реакции на коже и слизистых, поэтому лучше избегать тех, которые содержат в своем составе ацетон. Мы также рекомендуем живые цветы или ароматические смеси вместо аэрозольных освежителей воздуха. Имеет смысл заменить химические чистящие средства на натуральные, например, такие как Ecover, или же убирать дом с помощью натуральных средств, безопасных для окружающей среды, но не менее эффективных (например, сода, соль, лимонный сок и др.), нежели средства, содержащие соли аммония.

Снижение выбросов углерода. Цитируемый британский документ о принципах эко-стиля не приветствует политику привлечения клиентов в «зеленую» жизнь за вознаграждение. Компании не могут стать «зелеными», просто вложив средства (как например, схемы, практикуемые бюджетными авиакомпаниями), так как мы убеждены, что если они действительно хотят ратовать за безопасность и окружающую среду, то им следует отражать это в своих основных продуктах и услугах, вместо того, чтобы привлекать аутсорсинговые компании [1].

Европа (страны Балтии, Германии, Польша, Франция, Бельгия)

В последнее время в Балтийском регионе наблюдался подъем и усиление «зеленого» движения. В июне 2013 г. на конференции, организованной European Green Party (EGP) в сотрудничестве с «Зеленой группой Мекленбург-Ворпоммерн» регионального парламента обсуждались возможности для роста «зеленого» направления в туризме, энергетике, водной индустрии, исследованиях и защите морской и прибрежной окружающей среды.

В обсуждении роста «зеленого» подхода в различных сферах социальной жизни принимали участие разные социальные группы: ученые, бизнесмены, представители общественности, и, конечно, члены Зеленой Партии.

По словам министра окружающей среды Финляндии Вилли Ниинсто, «в условиях кризиса нам нужны новые пути развития экономики, умные пути для роста, новые перспективы, чтобы сделать нашу экономику более устойчивой и эко-ориентированной. Балтийский регион может стать такой «зеленой» моделью. Страны этого региона находятся примерно в одинаковой экономической ситуации, имеют одинаковые перспективы. Потенциальные возможности региона очень велики, но первоочередные задачи – это борьба с загрязнением Балтийского моря, развитие концепции перекрестного туризма, разработка эко-стандартов (утилизация упаковочных материалов, выброс топлива и др.) в области морских перевозок. Сотрудничество может быть развито и в таких проектах, как морские ветряные электростанции.

Он также отметил, что Балтийский регион – один из регионов, на которые менее всего повлиял финансовый и экономический кризис. «Консервативное бизнес-лобби, доказывающее, что высокие эко-стандарты препятствуют экономическому росту, неправы. Напротив, регион должен продолжать усиливать стандарты защиты окружающей среды. Нам нужна третья индустриальная революция, но это должна быть «зеленая» революция» [2].

Ecolo, бельгийско-французская Зеленая партия на ежегодном конгрессе в Льеже в апреле 2013 г. объявила, что не только на выборах в Европарламент в 2014 г., но и на национальных и региональных выборах Ecolo надеется на высокие показатели, так как у нее есть план, как повернуть бельгийскую экономику на «зеленые рельсы».

Эмили Хойос и Оливье Делез – вице-президенты Ecolo – говорят о том, что «нужно новое решение, что нет времени и необходимости копировать старые бизнес-модели».

Ecolo планирует поддерживать различные экономические модели, фокусируясь на устойчивом развитии, уже разработан последовательный план, который обеспечит работой молодых людей и ряд инновационных достижений, которые будут способствовать конкуренции пожилых специалистов с молодыми. План позволит пожилым работникам снизить объем работы, переложив часть ее на молодых. Ecolo также предлагает продуманные тренинги и технические разработки, которые помогут способной бельгийской молодежи занять свою нишу на рынке труда. Ecolo также рассчитывает видоизменить и уменьшить траты правительства. Призывая к более эффективному и рациональному использованию бельгийских природных ресурсов, Ecolo

призывает банки инвестировать в поддержку «зеленых» фондов и инициатив. «Мы также надеемся, что публичное финансирование поможет сделать Бельгию еще более конкурентоспособной на мировом рынке. План Ecolo прогрессивен, он призван определить путь, по которому экономика Бельгии пойдет в ближайшем будущем», – заявили Хойос и Делез [3].

Польша также повлияла на ход переговоров и сыграла ключевую роль в Евросоюзе и на международной арене во время COP19 (Международная конференция по изменению климата) в ноябре 2013 г. На этой конференции обсуждалось новое международное соглашение по климату, которое будет подписано на саммите в Варшаве в 2015 г. Такое соглашение – это честный и амбициозный проект. Европа будет вовлечена в дебаты относительно экономических перспектив, вопросов окружающей среды, здоровья граждан, социальных аспектов и энергетической политики. В связи с климатическими изменениями, Польше, как и всей Европе, придется приспосабливать свою экономическую и социальную сферу, опираясь на эко-стандарты, с тем, чтобы ее жители от этого только выиграли.

США

Многие компании Соединенных Штатов Америки ищут способы, чтобы защитить и улучшить здоровье своих сотрудников, а также окружающую среду для своих клиентов. Руководство городов и компаний, потребление и строительство – вот три ключевые области, отмеченные «зеленым» знаком Green Seal (некоммерческая организация, один из лидеров борьбы за окружающую среду в США с 1989 г., сертифицирует «зеленые» продукты и услуги, используя научно разработанные компьютерные программы, помогающие организациям, пользователям и компаниям в продвижении в сторону социально ответственного бизнеса в таких областях как возобновляемая энергия, окружающая среда и забота о ней, социальные нужды.

«Зеленые» города»/«Зеленые» компании». «Green Seal» работает с муниципалитетами и другими организациями, помогая им развивать инструменты сертифицирования «зеленой» бизнес-программы, призванной для решения локальных проблем, в том числе первоочередных задач.

«Зеленое» потребление. Техническая помощь и инструкции в организации и всестороннее развитие «зеленой» торговли и потребления (EPP).

«Зеленое» строительство. Green Seal помогает создавать инструменты для организаций, нуждающихся в установлении «зеленых» программ для строительства зданий и общественных заведений, безопасно «встроенных» в окружающую среду; работает с региональными и местными администрациями для создания «зеленых» бизнес-программ, ориентированных на специфические нужды местного уровня. Существует Green Seal и для гостиничного бизнеса.

«Зеленые» бизнес-программы разрабатываются для местных администраций и других организаций, помогая совершенствовать сертификационные программы для бизнеса. В некоторых случаях происходит объединение с правительственными организациями для сертификации местных компаний под эгидой Green Seal. В других случаях осуществляется партнерство с местными администрациями для развития сертификационных программ на местах. Также разрабатываются практические инструкции и образовательные информационные материалы для государственных агентств и иных организаций для поддержки бизнес-сообществ, ориентируя их двигаться в сторону экологически безопасного направления развития бизнеса.

Подобные программы могут помочь местным администрациям решить такие экологические и экономические проблемы как:

– снижение выбросов парниковых газов;

– сохранение энергии;

– сохранение водных ресурсов;

– уменьшение твердых и опасных отходов;

– снижение числа несчастных случаев среди рабочих и гражданского населения от утечки токсичных химических веществ;

– повышения уровня информированности среди местных рабочих о преимуществах экологической политики компаний.

Ключевой задачей программы «Зеленые» города / «Зеленый» бизнес является программа поддержки и распространения информации и влияние на образование. Сотрудники Green Seal обеспечивают местный бизнес информацией о том, как включиться с программу и получить сертификат, а также о том, какие преимущества в этом случае получает организация и окружающая среда.

Сопутствующие проекты:

Программа «Зеленый Бизнес» (Лос-Анжелес) – это партнерская программа по увеличению численности «зеленых» компаний. Партнеры – офис мэра г. Лос-Анжелес, Los Angeles Community College, Торговая палата Лос-Анжелеса, Los Angeles Convention and Visitors Bureau.

Чикагская «зеленая» программа «Guaranteed Green». Рестораны города Чикаго и его окрестностей, который поддерживают принципы «зеленой» торговли могут заработать значок Guaranteed Green, просвещая своих посетителей относительно того, как функционирует эта программы.

«Зеленое» потребление. Существует Environmentally and Socially Responsible Procurement Program – Программа экологически безопасных и социально ответственных поставок (снабжения), созданная под эгидой Панамериканского Банка Развития (Inter-American Development Bank (IDB).

Поддержка экологической безопасности и социальной ответственности корпораций для IDB включает в себя: систему маркировки продуктов разных категорий, которая облегчает возможность социально ответственного потребления, рекомендует предпочтительные продуктовые стандарты, проводит анализ и дает рекомендации по пересмотру ценовой политики, а также доступности и сроков годности для разных категорий продуктов. Проект включает в себя процесс снабжения, онлайн-тестирование на месте, и развитие процессов доставки продуктов (логистику).

В отдельных штатах существуют собственные «зеленые» программы, как, например в Колорадо. Согласно новому законодательству, там разработано техзадание (инструкция) по замене самых распространенных и потребляемых продуктов на 19 более экологичных, альтернативных, чтобы снизить потребление токсичных химикатов, используемых при изготовлении, а также уменьшить выбросы в атмосферу в процессе их доставки в супермаркеты.

«Зеленые» дома». Интерес к «зеленому» строительству за последние несколько лет вырос весьма существенно. Федеральное правительство опубликовало часть требований (Executive Order 13514) согласно которым необходимо, чтобы все новые федеральные дома соответствовали строгим стандартам безопасности для окружающей среды. Местные власти вводят в оборот собственные директивные документы по строительству зданий, такие как Washington, DC's Green Building Act of 2006, Green Building Council's Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Rating Systems.

Большинство застройщиков принимают эти инициативы как руководство к действию. Green Seal обеспечивает руководство компаний-застройщиков инструкциями по уменьшению энерго- и водозатрат и снижению количества токсичных стройматериалов. Среди партнеров – компания Siemens Industry, Inc и 14 общественных компаний-застройщиков по всем США.

Green Seal разработала документ – The Green Building Operations & Maintenance Manual: A Guide for Public Housing Authorities – руководствуясь 3-я типами климатических особенностей: для северного, южного и юго-западного регионов США. Это руководство затрагивает такие области как: уборка дома – процедура и продукты, вентиляция, кондиционирование и нагрев воздуха в южном, северном и юго-западном регионе США (3 разные программы), ландшафт, освещение, паркинги (гаражи, содержание и эксплуатация земель, прилегающих к постройке), снабжение, эксплуатация кровли, уборка крыш от снега и льда, оборудование для водоснабжения и резервуары для воды, погрузка и разгрузка, образование и информирование жильцов об эко-доме, переработка отходов (вторичное использование,

токсичный мусор и утилизация электронных приборов), руководство по «зеленому» потреблению, контроль и управление прилегающей территорией, общественные сады (озеленение) и компостирование (программа).

Похожие программы есть в Филадельфии, Пенсильвании и Майами (3 университета в Майами разработали и поддерживают собственную эко-программу и придерживаются эко-стандартов в процессе эксплуатации [4].

ЮАР

Новые стандарты «зеленого» туризма в ЮАР. Департамент туризма ЮАР разрабатывает аккредитационные стандарты для эко-сертификаций, которые появились только несколько лет назад.

Проект единого документа «Национальные минимальные стандарты социально ответственного туризма» (The National Minimum Standards for Responsible Tourism (NMSRT) разработан в ответ на существующие схемы, не имеющие единых стандартов.

Как сообщается в документе, итоговая версия которого должна быть выпущена в ноябре 2013 г., «довольно непросто оценить кредитоспособность и сделать не слишком высоким барьер для входа в рынок для заинтересованных компаний, так как это могло бы повредить репутации ЮАР на мировом туристическом рынке». Представитель Fair Trade в сфере туризма Южной Африки менеджер по сертификации Лиса Скрайвен сообщила, что «ранее было разработано более 100 систем, при этом туроператоры и туристы не имели ясного представления о том, что конкретно предписывают эти системы» [5].

Крайвен сообщила также, что «южноафриканские компании, занимающиеся недвижимостью, которые хотят получить аккредитацию, должны придерживаться правил и требований, предъявляемых не только к зданиям, но и к земле, на которой они построены». По словам директора Международного центра социально ответственного туризма Южной Африки Хайди Кизер, принимавшей участие в разработке документа, наибольшее внимание уделяется вредным выбросам углерода. «Наша главная проблема не только экологическая, но и экономико-социальная, поэтому директива разрабатывается на долгосрочную перспективу и состоит из 51-го требования для новых и реконструированных зданий» [6].

Одна из уже существующих систем – Green Stay SA – предлагает заинтересованным в аккредитации компаниям-застройщикам и владельцам недвижимости в ЮАР онлайн-программу для оценки их воздействия на окружающую среду, а также инструкцию, как снизить выбросы углерода за счет инвестиций в систему энергоснабжения для повышения энерго-, водо- и теплоэффективности и сбережения.

Более 40 застройщиков и компаний, владеющих объектами недвижимости (отели, туристические комплексы) в ЮАР уже проявили интерес и подписалась на эту программу, чтобы быть аккредитованными по 4-х ступенчатой системе относительно рационального использования ресурсов и эко-безопасности гостиниц.

Такие сертификационные схемы как GreenStaySA предназначены для аккредитации в соответствии с «зелеными» стандартами, предложенными Советом по классификации в области туризма ЮАР (Tourism Grading Council of South Africa (TGCSA), и включают в себя множество критериев и стандартов, однако новый, более детальный документ может содержать еще более жесткие и высокие требования, предъявляемые к «зеленому» туризму в ЮАР.

Япония

Япония стремится стать лидером в области охраны окружающей среды согласно «Стратегии в 21 веке. Стратегия Японии по созданию экологически безопасного общества». Эко-инновации занимают в этой стратегии одно из центральных мест. Ключевые документы: «Инновация 25» (2007 г.), «Стратегия безопасного общества и нации в XXI веке» (2007 г.), «Инициативы экономического роста» (2007 г.) «Экономика и налоговая реформа 2007».

Основные проблемы, нуждающиеся в решении: глобальное потепление – важная область для экологических инноваций, выбросы в атмосферу, новые источники энергии с исполь-

зованием IT-технологий, экологически безопасный транспорт, социально ответственное потребление и стиль жизни, ограничение потребления, социальные реформы в области сохранения окружающей среды, энергосбережения.

Ключевая японская идея при создании ценностей – *Monodzukuri* (искусство создания вещей максимально совершенными и эффективными при минимальном ущербе, наносимом окружающей среде) [7].

Эко-индустрия и инновации в Японии. Япония – мировой лидер в эко-инновациях, которые построены на зависимости использования энергии естественных источников и возможностях их применения в индустриальной сфере. Рынок продуктов и технологий, сберегающих окружающую среду, в Японии стал активно развиваться уже начиная со второй половины 90-х годов, благодаря усилению законов об окружающей среде. В 2000 г. он составлял около 30 трлн йен, к 2020 г. он должен составить, по прогнозам Министерства окружающей среды, по меньшей мере, 58 трлн йен. К 2025 г. число сотрудников, занятых в эко-ориентированных компаниях достигнет 2,22 млн человек. Уже более 20 000 японских компаний имеют сертификат ISO 14001 (международный стандарт по созданию системы экологического менеджмента) – самое большое число компаний на всем мировом рынке. Этот сертификат теперь прерогатива не только крупных, но также средних и мелких компаний Японии – производителей как товаров, так и услуг [8].

Министерства Японии, поддерживающие и разрабатывающие «зеленую» программу:

Министерство окружающей среды (MOE). Это министерство курирует Национальный институт исследований окружающей среды, среди приоритетных направлений – изменение климата, утилизация материалов, риски для окружающей среды и экология Азиатского региона. Бюджет, выделяемый для исследований – 71 млрд йен за 5 лет (2006–2010 гг.) [9].

Министерство экономики, торговли и промышленности (METI). Занимается, в основном, инновациями, включая эко-инновации. Эко-инновации – важный элемент на мировом рынке, двигатель нового экономического роста для Японии. Среди приоритетных направлений – моделирование экологически ориентированного общества, где экономика существует в согласии с окружающей средой, что должно в итоге стать моделью мировой инновационно-ориентированной промышленности и социальных отношений.

Министерство образования, культуры, спорта науки и технологий (MEXT). Занимается планированием и разработкой основ научной и технологической политики Японии. Более детально этими вопросами занимается Бюро по научной и технологической политике под эгидой MEXT. Бюро также отвечает за формулирование исследовательских программ и их продвижение, обучение исследователей и технических специалистов, продвижение региональных разработок.

Министерство земли, инфраструктуры, транспорта и туризма (MLIT). Занимается применением экотехнологий при развитии сельского хозяйства, дорог, транспорта и индустрии туризма.

Совет по науке и технологической политике (CSTP). Координирует экологические аспекты развития науки и технологий.

Основной стратегический план Японии – продвижение эко-инноваций, как отдельной области техносоциальных инноваций, охватывающей сразу три аспекта: производство, вторичная переработка материалов и экономное использование источников энергии и прочих ресурсов. Важной его частью является сокращение использования каменного угля в качестве источника энергии до самого минимального уровня из-за ущерба, наносимого им окружающей среде, и замена его угольно-углеродным топливом а также продвижение различных источников возобновляемой энергии с применением IT-технологий.

Стиль жизни и потребление – ключевая часть стратегического плана Японии: применение рационального потребления и нового подхода к жизни, так как только технологиями и инновациями обойтись невозможно. Новый эко-ответственный стиль жизни должен соответст-

вовать новой системе ценностей в области потребления в XXI веке, которая должна быть признана и поддержана всем обществом, голосующим за принципиально иные подходы к образу жизни в Японии, базирующемуся на эко- и социально ответственной основе [9].

Россия

Тренд «зеленый офис» («эко-офис») постепенно начинает набирать силу в России. Конечно, пальма первенства здесь принадлежит российским представительствам зарубежных компаний, однако и российские компании начали активно обсуждать эту мировую тенденцию несколько лет назад. «Эко-офис» представляет собой комплексную программу, включающую технические и образовательные мероприятия, которые помогают компаниям осуществлять внутреннюю экологическую политику.

«Зеленые» компании, программы «Зеленый офис». В России существуют эко-программы: «Зеленый офис» (Гринпис России), «Живой офис» (WWF), «Эко-офис» (бюро эко-решений «Green Up»).

На сайте «Гринпис Россия» в рамках программы «Зеленый офис» даются рекомендации, помогающие снизить потребление энерго- и водопотребление и уменьшить нагрузку на окружающую среду, а заодно сэкономить финансовые средства. Помимо этого, «Гринпис Россия» в рамках проекта проводит для всех желающих бесплатные семинары на тему «озеленения» офиса. Цель всех этих программ – снизить потребление энергии и ресурсов в офисах компаний.

Как утверждает руководитель проекта «Зеленый офис» Гринпис России Юлия Пронина, «основная причина, по которой компании присоединяются к проекту, имиджевая, так как участие в нем способствует упрочению репутации любой компании в глазах клиентов. К тому же экологически ответственные организации получают ряд преимуществ, ведь куда приятней иметь дело с представителями тех компаний, в которых руководство озабочено не только увеличением прибыли, но и состоянием окружающей среды. В тоже время это забота о будущих поколениях, так как наше отношение к природе перейдет по наследству к нашим детям» [10].

Недостатки существующей «экологической» корпоративной политики:

– отсутствие должной информированности о состоянии среды;
– халатное отношение к окружающей среде среди населения;
– дополнительные затраты на обеспечение эко-политики;
– сложность измерения эффекта;
– недостаточная популярность эко-программ в России и др.

Компаний, которые активно поддерживают программы «эко-офиса», в России совсем немного. Например, в проекте «Зеленый офис» Гринпис России, по словам организаторов проекта, поучаствовало чуть более 150 компаний.

«Хотелось бы, чтобы большее количество российских компаний принимало активное участие в программах «эко-офис». Под активным участием, в первую очередь, я понимаю воплощение в жизнь идей экономного отношения к окружающей среде, не просто декларирование, а активное внедрение в жизнь мероприятий, призванных помочь компаниям разработать внутреннюю экологическую политику и научиться бережно относиться к ресурсам офиса», – говорит руководитель направления «ИТ и Телекоммуникации» кадрового холдинга «Империя Кадров» Алевтина Гаврюшина [10]. Программу «эко-офис» на сегодняшний день поддерживают компании, работающие различных сферах: от крупных медийных агентств до промышленных предприятий. Но пока, в основном, это российские офисы иностранных компаний.

В качестве положительного примера можно привести тот факт, что оргкомитет «Сочи-2014» активно осуществляет политику «зеленого офиса»: внедрен комплекс информационных систем, позволяющий экономить время сотрудников и бумажные ресурсы, большое внимание уделяется вопросам ресурсосбережения, организована закупка бумажных изделий от сертифицированных FSC-поставщиков, установлены приборы вентиляции, отопления и

кондиционирования, управляемые индивидуально с помощью электронных табло и пультов, все уличное освещение представлено светодиодными фонарями, офисные здания оборудованы всеми необходимыми устройствами для людей с ограниченными возможностями, в будущем планируется организация стоянки для велосипедов. Эти меры позволяют осуществлять экономичный подход к использованию средств офиса и охране окружающей среды, а также улучшить самочувствие и повысить эффективность ее сотрудников.

Экотуризм в России. Россия является самой многонациональной страной в мире, где проживает более 180 народов, которые из поколения в поколение сохраняют и передают свой жизненный уклад, язык, традиции, культуру и обычаи. Для ответственного путешественника существует несколько правил, придерживаясь которых до, во время и после путешествия, он может быть уверен, что его действия не пойдут вразрез с понятием «экотуризм». Гораздо проще отправиться в путешествие без должной информационной подготовки, однако, обладая необходимыми знаниями, можно способствовать улучшению окружающего мира.

Вот своеобразный эко-кодекс ответственного путешественника по России и миру.

1. *Подготовьтесь перед поездкой.* Узнайте как можно больше о месте назначения, традициях, обычаях и культурных особенностях региона России или мира, который Вы планируете посетить. Выучите основные фразы на местном языке: умение поприветствовать и поблагодарить не будет лишним, кроме того, всегда полезно учиться чему-то новому.

2. *Уважайте местные обычаи и традиции.* Старайтесь одеваться так, как принято в данной местности. Уважайте вероисповедование местных жителей. В мире существует много разных представлений о времени, личном пространстве, манере общения и т. д. Среди них нет неправильных или незначительных – все они одинаково важны.

4. *Будьте готовы ко всему.* Отнеситесь к неприятностям как к приключению. Иногда планы меняются очень резко, но при этом вам представляется возможность глубже понять национальные особенности принимающей стороны и пережить уникальный опыт. Проще подстроиться под ситуацию, чем пытаться ее изменить.

5. *Помогайте природе.* При возгорании леса или его несанкционированной вырубке, в случаях браконьерства, загрязнения рек и озер следует информировать об этом государственные ведомства или Службу спасения природы – Green SOS.

6. *Оказывайте как можно меньше влияния на окружающую среду.* Захватите с собой весь мусор, который видите, даже если он не ваш. Оставьте на природе все, что ей принадлежит, не берите на память «сувениры» растительного или животного происхождения. Узнайте, какие виды животных охраняются на данной территории, чтобы по ошибке не купить продукцию, сделанную из их кожи или перьев. Это не только вредно для окружающей среды, но и незаконно. Путешествуйте чаще на велосипеде, на местном муниципальном транспорте, используйте эко-масла и эко-топливо.

7. *Поддерживайте местную экономику*, пользуясь местным транспортом, услугами местных гидов, гостиницами, кафе и магазинами, покупая экологически чистые продукты у фермеров, а у народных умельцев – сувениры и изделия народного промысла. Это помогает сохранять местную экологию, предоставляя жителям возможность зарабатывать без причинения ущерба окружающей среде. Экотуризм поддерживает занятость местных жителей и повышает их благосостояние. Пользуйтесь льготами и скидками по эко-карте у партнеров «зеленой» коалиционной программы лояльности для путешественника по России.

8. *Наводите межкультурные мосты.* Станьте культурным посредником. Используйте любую подходящую ситуацию для культурного обмена и нахождения общего между людьми разных культур независимо от вероисповедания. Знакомство с попутчиком или беседа с хозяином заведения, где вы остановились или куда зашли перекусить, требует определенных душевных усилий, но вознаграждается в полной мере.

9. *Не прерывайте практику по возвращении домой.* Не переставайте быть эко-ответственным путешественником, даже если уже переступили порог своего дома и распаковали чемо-

даны. Оберегайте окружающую среду в своей повседневной жизни. Делитесь своим опытом с остальными, чтобы способствовать росту взаимопонимания между людьми и воспитанию бережного отношения к природе [11].

Эко-сертификаты. Проведение в России в 2013 г. Года охраны окружающей среды было объявлено указом Президента РФ [12]. Некоммерческий неправительственный Федеральный экопроект «Зеленая Россия», учрежденный фондом «Всемирная Флора Фауна» при участии эко-ответственных компаний России в 2013 г. запустили постоянно действующую природоохранную кампанию «Сохраним природное наследие России!».

В 2013 г. для национальных парков и заповедников России участников природоохранной кампании безвозмездно напечатаны благотворительные эко-сертификаты посещения особо охраняемых природных территорий (ООПТ) физическими и юридическими лицами, которые позволят напрямую привлекать пожертвования для оказания практической помощи ООПТ.

Все благотворительные эко-сертификаты напечатаны на FSC-бумаге, сделанной из древесины тех лесных массивов, где соблюдаются высокие международные требования по экологии, а также учитываются интересы работников и местного населения.

«Зеленые» экосертификаты выполнены в едином фирменном стиле федерального экопроекта «Зеленая Россия».

Благотворительные сертификаты посещения ООПТ будут иметь формат коллекционных сертификатов посещения заповедных территорий России, что позволит мотивировать часто путешествующих по России к посещению ООПТ, соприкасаться с дикой природой, формируя бережное отношение к ней, социальную ответственность, чувство патриотизма, популяризацию эко-туризма и природоохранной благотворительность.

Первый «зеленый» сертификат в Год охраны окружающей среды выпущен для заповедника «Воронинский» Тамбовской области.

Стратегическое значение особо охраняемых природных территорий – сохранение всех форм жизни на Земле. Современная сеть ООПТ России сохраняет более 85 % видов животных и растений, составляющих основу биологического разнообразия страны. На территории многих ООПТ сохраняются уникальные объекты культурного наследия страны, ООПТ также являются центрами экологического образования и просвещения. Распространение знаний о природе и обучение бережному к ней отношению – важнейшая задача особо охраняемых природных территорий.

Сертификат Green Hotel. Экологический сертификат *Green Hotel*, учрежденный некоммерческим фондом защиты природы и окружающей среды «Всемирная Флора Фауна», является знаком экологической ответственности, способствующий налаживанию эффективного партнерства в индустрии гостиничного бизнеса, услуг размещения и проживания в России и СНГ. Green Hotel создан под эгидой Федерального мультимедийного туристского экопроекта «Зеленая Россия» при поддержке ЮНЕСКО, МинПриродыРФ и РосТуризма, в рамках проводимого Года охраны окружающей среды в РФ и странах СНГ.

Green Hotel является добровольной экологической сертификацией для индустрии гостиничного бизнеса, услуг размещения, проживания и выдается на год с последующей пролонгацией при выполнении следующих требований.

Предприятия и объекты гостиничной индустрии, заинтересованные стать обладателями знака экологической ответственности Green Hotel, должны предлагать не только высококачественные гостиничные услуги своим гостям, но стремиться к максимально безопасной утилизации отходов и быть отмеченными, как минимум, в 2-х из следующих «зеленых» категорий:

– гостиничные услуги, построенные на базе социально ответственных принципов ведения бизнеса;

– проведение социальных эко-просветительских рекламных кампаний (на сайте, в гостиничных номерах, в рекламной продукции);

– печать рекламной полиграфической (буклеты, каталоги, листовки, др.) и офисной продукции (бланки, визитки, электронные транспортные билеты и т. д.) полностью или частично на FSC-бумаге;

– участие в программах «Зеленый офис» (Greenpeace, «Листок жизни» и т. д.);

– использование «зеленого» хостинга для сайта;

– участие в «зеленой» благотворительности;

– поддержка Фонда WWF (или иных НКО);

– программа «1 % for Green Russia» (с каждой продажи 1 % отчисляется в пользу Общероссийских природоохранных кампаний и в поддержку экопроекта «Зеленая Россия»);

– использование экологичных видов транспорта (велосипеды, гибридные авто, электрокары);

– участие в природоохранных кампаниях и акциях.

Обладателями знака экологической ответственности *Green Hotel* в России в 2013 г. стали: дом-отель «Усадьба на Луговой» (с. Никольское, Белгородской области, villagetour-nj.ru), русско-французский отель «Частный визит» (г. Плес, Ивановская область, www.pless.ru), эко-деревня и эко-гостиница «Рожство» (с. Рожство, Вичугский район, Ивановская область, рожство.рф), отель «Фортеция Русь» (г. Плес, Ивановская область, www.fortecia.ru/ples), эко-туристический лагерь «Еж» (Республика Коми, ООО «Корпорация по развитию туризма Республики Коми», komi-tour.ru/projects/ekoturisticheskij-lager-ezh) и др. [13].

Сертификат Green Tourism. Экологический сертификат *Green Tourism*, учрежденный некоммерческим фондом защиты природы и окружающей среды «Всемирная Флора Фауна», является знаком экологической ответственности, сспособствующей налаживанию эффективного партнерства в индустрии ответственного туризма в России и странах СНГ.

Экологический сертификат *Green Tourism* создан под эгидой Федерального мультимедийного туристического экопроекта «Зеленая Россия» при поддержке Российского отделения ЮНЕСКО, МинПрироды РФ и РосТуризма.

Знак экологической ответственности *Green Tourism* создан в рамках проводимого Года охраны окружающей среды в РФ, странах СНГ при поддержке Всемирного партнера – Конвенции о биологическом разнообразии ООН «Десятилетие биоразнообразия 2011–2020».

Для получения эко-сертификата *Green Tourism* необходимо выполнение следующих требований.

Предприятия в индустрии ответственного туризма, желающие стать обладателями знака экологической ответственности *Green Tourism*, должны не только предлагать высококачественный сервис, но и оказывать минимально негативное воздействие на окружающую среду на всех этапах предоставления турпродукта и туруслуги, но и быть отмеченными как минимум в 2-х следующих «зеленых» категориях:

– организовывать, проводить и популяризировать экологические туры и экскурсии (визит-центры, эко-тропы, «зеленый» туризм в национальные парки и заповедники, сельский туризм, духовный туризм, этнографический туризм, активный туризм (велотуризм, воздухоплавательный туризм, конный туризм, экспедиционный туризм, культурно-исторический туризм и т. д.);

– проводить эко-просветительские рекламные кампании (на сайте, в офисе, на рекламной продукции);

– печатать частично или полностью рекламную полиграфическую продукции (буклеты, каталоги, листовки) и офисную продукцию (бланки, визитки, турпакеты, турпутевки, электронные транспортные билеты и т. д.) на FSC-бумаге;

– участвовать в программах «Зеленый офис» (Greenpeace, «Листок жизни» и т. д.);

– использовать «зеленый» хостинг для сайта;

– принимать участие в «зеленой» благотворительности;

– оказывать поддержку Фонду WWF (или иных НКО);

– поддерживать программу «1% for Green Russia» (с каждой продажи туров 1% идет на Общероссийские природоохранные кампании и в поддержку Федерального экопроекта «Зеленая Россия») и т. д;

– использовать экологичные виды транспорта в корпоративной политике ведения бизнеса (велосипеды, гибридные авто, электрокары);

– принимать участие в природоохранных кампаниях и акциях.

Обладателями знака экологической ответственности *Green Tourism* в 2013 г. стали:

Туристическая фирма «ПриродаТур» (www.prirodatour.ru), туристический информационный портал Тамбовской области (Управление по физической культуре, спорту и туризму Тамбовской области, www.visittambov.ru), Государственный заповедник «Галичья гора» (Воронежский Государственный Университет), Государственный заповедник «Воронинский» (Минприроды РФ, www.voroninsky.ru), туристическо-информационный центр «Калужский край» (Министерство спорта, туризма и молодежной политики Калужской области, www.visit-kaluga.ru), ФГБУ «Национальный парк «Русская Арктика» (www.rus-arc.ru) и др. [14].

Сертификат Green Menu. Экологический сертификат *Green Menu*, учрежденный некоммерческим фондом защиты природы и окружающей среды «Всемирная Флора Фауна», является знаком экологической ответственности и служит усилению эффективного партнерства в индустрии общественного питания в России и странах СНГ.

Экологический сертификат Green Menu создан под эгидой Федерального мультимедийного туристического экопроекта «Зеленая Россия» при поддержке ЮНЕСКО, МинПрироды РФ и РосТуризма.

Знак экологической ответственности Green Menu создан в рамках проводимого Года охраны окружающей среды в РФ и странах СНГ.

Green Menu является добровольной экологической сертификацией для индустрии общественного питания и выдается на год с последующей пролонгацией при выполнении следующих требований.

Предприятия индустрии общественного питания, заинтересованные стать обладателями знака экологической ответственности Green Menu не должны оказывать негативное воздействие на окружающую среду на всех этапах приготовления и реализации продукции, стремиться к безвредной утилизации отходов и присутствовать как активный участник как минимум в 2-х из следующих «зеленых» категорий:

– предоставлять услуги и продукты в рамках социально ответственных принципов ведения бизнеса (закупка и приготовление блюд из натуральных продуктов без ГМО и химических добавок, поддержка фермерских хозяйств, организация и предоставление вегетарианской кухни, наличие зала для некурящих и т. д.);

– проводить эко-просветительские рекламные кампании (на сайте, в помещении общепита, в рекламной продукции);

– печатать частично или полностью рекламную полиграфическую продукции (буклеты, каталоги, листовки) и офисную продукцию (бланки, визитки, турпакеты, турпутевки, электронные транспортные билеты и т. д.) на FSC-бумаге;

– участвовать в программах «Зеленый офис» (Greenpeace, «Листок жизни» и т. д.);

– использовать «зеленый» хостинг для сайта;

– принимать участие в «зеленой» благотворительности;

– поддерживать Фонд WWF (или иных НКО);

– поддерживать программу «1 % for Green Russia» (с каждой продажи туров 1 % идет на Общероссийские природоохранные кампании и в поддержку Федерального экопроекта «Зеленая Россия») и т. д;

– использовать экологичные виды транспорта в корпоративной политике ведения бизнеса (велосипеды, гибридные авто, электрокары);

– принимать участие в природоохранных кампаниях и акциях.

Обладатели знака экологической ответственности *Green Menu* в 2013 г.:

Русско-французский ресторан «Частный визит» (г. Плес, Ивановская область, www.pless.ru), частная кухня дома-отеля (г. Плес, Ивановская область, www.volga-ples.ru), частная кухня эко-деревни и эко-гостиницы «Рожство» (с. Рожство, Вичугский район, Ивановская область, рожство.рф), ресторан «Полярный хомяк» (г. Плес, Ивановская область, www.fortecia.ru/ples) [15].

Сертификат Green Media. Экологический сертификат *Green Media* является знаком экологической ответственности по создания эффективного медиа-средства в области охраны окружающей среды под эгидой некоммерческого неправительственного Федерального эко-проекта «Зеленая Россия».

Green Media – это добровольная экологической сертификация для медиа, рекламной и выставочной отраслей. Уникальность знака Green Media состоит в том, что «зеленое» сообщество способствует созданию СМИ, а также рекламных и выставочных компании, выступающих в защиту природы и окружающей среды.

Обязательные условия для получения знака экологической ответственности Green Media: участие в социально-просветительских рекламных кампаниях, полностью или частичная печать на FSC-бумаге, «зеленый» офис, «зеленый» хостинг для сайта.

Обладатели знака экологической ответственности *Green Media* в 2013 г.:

ООО «Грин Медиа Групп» (Липецк), эко-путеводитель Green Guide (www.green-russia.travel), экопроект ЭкоВики.ру (www.ecowiki.ru), экопроект EcoRussia.info (www.ecorussia.info), Greenhunter (www.greenhunter.ru), Лесной попечительский совет – FSC Россия (Фонд защиты дикой природы WWF www.wwf.ru), ФГУП РАМИ «РИА Новости» (www.ria.ru/eco), ООО «Тойота Мотор» (eco.toyota.ru) и др. [16].

Эко-проект «Зеленый» транспорт. Цель федерального эко-проекта «Зеленая Россия» и социально-значимой кампании «Зеленый транспорт в зеленом городе» в Год охраны окружающей среды – экологическое просвещение и пропаганда сознательного выбора граждан Российской Федерации в пользу наиболее безопасных для окружающей среды видов транспорта.

Задачи проекта:

– увеличение потока пользователей муниципального транспорта (троллейбус, трамвай, автобус) на электродвигателе или биогазе;

– увеличение количества пользователей велосипедов, развитие велоинфраструктуры в городах РФ;

– решение экологических проблем России за счет снижения выбросов в атмосферу всех видов транспорта, использование экологически чистых видов топлива, снижение энергоемкости транспорта, восстановление и возмещение экологических потерь, в том числе за счет высадки зеленых насаждений.

Таким образом, в России эко-направление активно развивается, но захватывает пока узкий слой общества. Чтобы в России «зеленое» направление во всех сферах жизни от семьи до государственного уровня получило самое широкое распространение должно не только пройти время, но и должны быть предприняты усилия на всех уровнях.

Как видно из сказанного выше, ведущие страны миры в большей или меньшей степени поддерживают и совершенствуют «зеленый» подход в разных сферах жизни общества – от социально ответственного бизнеса до частной жизни граждан на уровне потребления, образа жизни и охраны окружающей среды. Крайне важно, чтобы социально ответственный и экологически безопасный подход во всех областях общественной жизни в большинстве стран мира и особенно там, где он еще не имеет достаточного распространения, стал нормой и необходимостью во имя грядущих поколений и будущего планеты.

Список литературы

1. Официальный сайт Choose Green. Available at: www.choosegreen.co.uk/content.aspx.

2. Официальный сайт European Green Party. Closer cooperation for Green growth in the Baltic Sea region. Available at: http://europeangreens.eu/media/news.

3. Официальный сайт European Green Party. Ecology as future employment. Available at: http://europeangreens.eu/media/news.

4. Официальный сайт Green Seal. Available at: http://www.greenseal.org/GreenBusiness/Institutional GreeningPrograms.aspx.

5. Property 24: Going green. New standards for green tourism. Available at: http://www.property24.com/articles/new-standards-for-green-tourism/10254.

6. Property 24: Going green. New standards for green tourism. Available at: http://www.property24.com/articles/new-standards-for-green-tourism/10254.

7. Ministry of Environment Government of Japan. Environment Directorate, OECD. Xavier Leflaive Eco-Innovation Policies in Japan. Available at: http://www.env.go.jp/en/focus/070606.html; http://www.env.go.jp/en/focus/attach/070606-a.pdf; http://www.env.go.jp/en/focus/attach/070606-b.pdf.

8. Ministry of Environment Government of Japan. Environment Directorate, OECD. Xavier Leflaive Eco-Innovation Policies in Japan. Available at: http://www.env.go.jp/en/focus/070606.html; http://www.env.go.jp/en/focus/attach/070606-a.pdf; http://www.env.go.jp/en/focus/attach/070606-b.pdf.

9. National Institute for Environmental Studies, Japan. Available at: http://www.nies.go.jp/gaiyo/aisatu-e.html.

10. Интернет-журнал «Деньги и карьера». Светлана Башурина. Трудно ли быть эко: работа в «зеленом» формате. Available at: http://moneyandwork.ru/?p=572.

11. Федеральный экопроект «Зеленая Россия». Available at: http://www.greenrussia.travel/code_traveler.php.

12. Указ Президента Российской Федерации от 10.08.2012 г. № 1157 «О проведении в Российской Федерации Года охраны окружающей среды».

13. Федеральный экопроект «Зеленая Россия». Available at: http://www.greenrussia.travel/hotel.

14. Федеральный экопроект «Зеленая Россия». Available at: http://www.greenrussia.travel/tourism.

15. Федеральный экопроект «Зеленая Россия». Available at: http://www.greenrussia.travel/menu.

16. Федеральный экопроект «Зеленая Россия». Available at: http://www.greenrussia.travel/media.

References

1. *Ofitsial'nyy sayt Choose Green* [Official Website of Choose Green]. Available at: www.choosegreen.co.uk/content.aspx.

2. *Ofitsial'nyy sayt European Green Party* [Official Website of European Green Party. Closer cooperation for Green growth in the Baltic Sea region]. Available at: http://europeangreens.eu/media/news.

3. *Ofitsial'nyy sayt European Green Party* [Official Website of European Green Party. Ecology as future employment]. Available at: http://europeangreens.eu/media/news.

4. *Ofitsial'nyy sayt European Green Seal* [Official Website of European Green Seal]. Available at: http://www.greenseal.org/GreenBusiness/InstitutionalGreeningPrograms.aspx.

5. Property 24: Going green. New standards for green tourism. Available at: http://www.property24.com/articles/new-standards-for-green-tourism/10254.

6. Property 24: Going green. New standards for green tourism. Available at: http://www.property24.com/articles/new-standards-for-green-tourism/10254.

7. Ministry of Environment Government of Japan. Environment Directorate, OECD. Xavier Leflaive Eco-Innovation Policies in Japan. Available at: http://www.env.go.jp/en/focus/070606.html; http://www.env.go.jp/en/focus/attach/070606-a.pdf; http://www.env.go.jp/en/focus/attach/070606-b.pdf.

8. Ministry of Environment Government of Japan. Environment Directorate, OECD. Xavier Leflaive Eco-Innovation Policies in Japan. Available at: http://www.env.go.jp/en/focus/070606.html; http://www.env.go.jp/en/focus/attach/070606-a.pdf; http://www.env.go.jp/en/focus/attach/070606-b.pdf.

9. National Institute for Environmental Studies, Japan. Available at: http://www.nies.go.jp/gaiyo/aisatu-e.html.

10. *Internet-zhurnal «Den'gi i kar'era». Svetlana Bashurina. Trudno li byt' eko: rabota v «zelenom» formate* [Internet magazine «Money and Career» Svetlana Bashurina. Is it hard to be eco: work in «green» format]. Available at: http://moneyandwork.ru/?p=572.

11. *Federal'nyy ekoproekt «Zelenaya Rossiya»* [Federal Ecoproject «Green Russia»]. Available at: http://www.greenrussia.travel/code_trave-ler.php.

12. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 10.08.2012 g. № 1157 «O provedenii v Rossiyskoy Federatsii Goda okhrany okruzhayushchey sredy»* [Presidential Decree of 10.08.2012 № 1157 «On holding Russia's Year of Environment»].

13. *Federal'nyy ekoproekt «Zelenaya Rossiya»* [Federal Ecoproject «Green Russia»]. Available at: http://www.greenrussia.travel/hotel.

14. *Federal'nyy ekoproekt «Zelenaya Rossiya»* [Federal Ecoproject «Green Russia»]. Available at: http://www.greenrussia.travel/tourism.

15. *Federal'nyy ekoproekt «Zelenaya Rossiya»* [Federal Ecoproject «Green Russia»]. Available at: http://www.greenrussia.travel/menu.

16. *Federal'nyy ekoproekt «Zelenaya Rossiya»* [Federal Ecoproject «Green Russia»]. Available at: http://www.greenrussia.travel/media.

КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ВЫСОКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ В МЕГАПОЛИСАХ: ОТ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ К УПРАВЛЕНИЮ СТОЙКОСТЬЮ

И.А. Кириллов, вед. науч. сотр. Национального Исследовательского Центра «Курчатовский Институт», канд. физ.-мат. наук, *Kirillov.Igor@gmail.com*
С.В. Клименко, гл. науч. сотр. Института физико-технической информатики, д-р физ.-мат. наук, проф. г. Протвино, *Stanislav.Klimenko@gmail.com*
А.С. Клименко, науч. сотр. Института физико-технической информатики, г. Протвино, *Andy.Klimenko@gmail.com*
С.А. Мещерин, науч. сотр. Института физико-технической информатики, г. Протвино, *Sergey.Metcherin@gmail.com*

В статье обосновывается необходимость новой парадигмы комплексного обеспечения безопасности систем высокой ответственности в мегаполисах. На примере катастрофы 9/11 показана методологическая ограниченность анализа и управления риском как концептуального подхода к обеспечению безопасности для чрезвычайных ситуаций с множественными угрозами. Описаны основные тенденции и нерешенные научные проблемы в современных исследованиях безопасности сложных систем. Предложено в качестве дополнительного целевого индикатора безопасности использовать концепцию стойкости.

Ключевые слова: мегаполисы, системы высокой ответственности, безопасность, парадигма.

COMPLEX SECURITY SYSTEMS OF HIGH RESPONSIBILITY IN MEGACITIES: FROM RISK MANAGEMENT TO RESISTANCE MANAGEMENT

I.A. Kirillov, Leading Scientific Researcher, National Research Centre «Kurchatov Institute», Ph.D. of Physics and Mathematics, *Kirillov.Igor@gmail.com*
S.V. Klimenko, Chief Scientific Researcher, Institute of Physics and Technology Informatics, Ph.D. of Physics and Mathematics, Professor, Protvino, *Stanislav.Klimenko@gmail.com*
A.S. Klimenko, Scientific Researcher, Institute of Physics and Technology Informatics, Protvino, *Andy.Klimenko@gmail.com*
S.A. Meshcherin, Scientific Researcher, Institute of Physics and Technology Informatics, Protvino, *Sergey.Metcherin@gmail.com*

The article proves the necessity of a new paradigm of integrated security systems of high responsibility in the megacities. For example, the catastrophe of 9/11 shows the methodological limitations of the analysis and risk management as a conceptual approach to security for emergency situations with multiple threats. The main trends and unresolved scientific issues in contemporary security studies of complex systems are described herein. The concept of stability is proposed to be used as an additional target indicator of security.

Key words: population, system of high responsibility, security, paradigm.

Проблема безопасности в мегаполисах. Дом (в более общем смысле – инженерная среда обитания Человека) был и будет в большинстве случаев последним рубежом защиты Человека. Гражданская инженерная среда и ее критически важные элементы, так называе-

мые системы высокой ответственности[1] (СВО) – созданные человеком строительные сооружения (здания – особенно высотные и уникальные, крупные транспортные узлы, мосты), гидротехнические сооружения (дамбы, плотины), заводы, системы инженерно-технического обеспечения – источники и сети энерго-, водо-, газоснабжения и т. д. – обеспечивают насущные потребности человеческой жизнедеятельности.

С древних времен люди верили, что «мой дом – моя крепость». Сегодня это утверждение должно быть, по меньшей мере, проверено и обосновано. Хрупкость нынешнего относительно комфортабельного и безопасного мира, в частности, внутри и на основе гражданской инфраструктуры, огромна. Старение инженерной инфраструктуры, все возрастающие частота и масштаб негативных последствий природных и техногенных катастроф, постоянная нехватка ресурсов для своевременного технического обслуживания эксплуатируемых систем, восстановления разрушенных являются, к сожалению, атрибутами современной жизни.

Хорошо функционирующая в нормальных условиях, слабо чувствительная к опасным воздействиям в условиях чрезвычайных ситуаций и быстро восстанавливающаяся после катастрофы гражданская инженерная среда жизненно необходима для людей и общества.

Существующая инженерная среда уязвима к природным опасностям и злонамеренным угрозам террористического или криминального характера. Особенно высока уязвимость инженерной среды в городах (особенно в мегаполисах), где велика плотность людей, велика концентрация логистических потоков (людей, товаров, энергоносителей, информации), и вблизи критически важных элементов государственной инфраструктуры – рядом с потенциально опасными инженерными объектами (АЭС, ГЭС, защитные дамбы, транспортные узлы, мосты и т. д.).

Методы комплексного обеспечения безопасности людей, в частности, в мегаполисах по отношению к множественным (комбинированным или действующим последовательно) угрозам природного, техногенного и террористического характера были и в ближайшее время будут одними из наиболее актуальных научных и практических проблем [1].

По оценкам ООН (см. рис. 1) [3] в ближайшее десятилетие более половины населения Земли будет проживать в мегаполисах. Это значит, что будут расти как существующие города, так и плотность населения в них. Это, в свою очередь, значит, что гражданская инженерная среда будет непрерывно развиваться.

Повышение *плотности населения* в городах, изменения в структуре инженерной среды – *рост количества* высотных зданий, многофункциональных торгово-развлекательных центров, многофункциональных транспортных коридоров и узлов, *повышение концентрации* энерго, информационных и логистических потоков, существенный *рост сложности* и *взаимозависимости социальных и технических подсистем* с неизбежностью приведут к еще большей уязвимости инженерной среды в РФ (где нет традиции равномерного распределения городских поселений по территории – в отличие от европейского или североамериканского уклада жизни) к природным и техногенным опасностям, террористическим и криминальным угрозам.

За последнее десятилетие риски чрезвычайных ситуаций (ЧС) различной природы, и их влияние на общество непрерывно возрастали – на рис. 2 [2–4] показана статистическая информация, зафиксированная в Международной базе данных катастроф (International Disaster Database – [4]) на основе первичных данных страховой компании Munich Re (Германия), Агентства помощи зарубежным пострадавшим в катастрофах (OFDA – Office of Foreign Disaster Assistance – США), и Исследовательского центра эпидемиологии катастроф (CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Бельгия).

Даже поверхностный анализ указанных выше тенденций позволяет предположить, что безопасность в мегаполисах в ближайшие десятилетия будет вопросом номер один. Увеличение частоты и тяжести последствий угроз различной природы заставляет развивать как

[1] В зарубежной литературе часто используется термин – критически важная инфраструктура (critical infrastructure). Прим. авт.

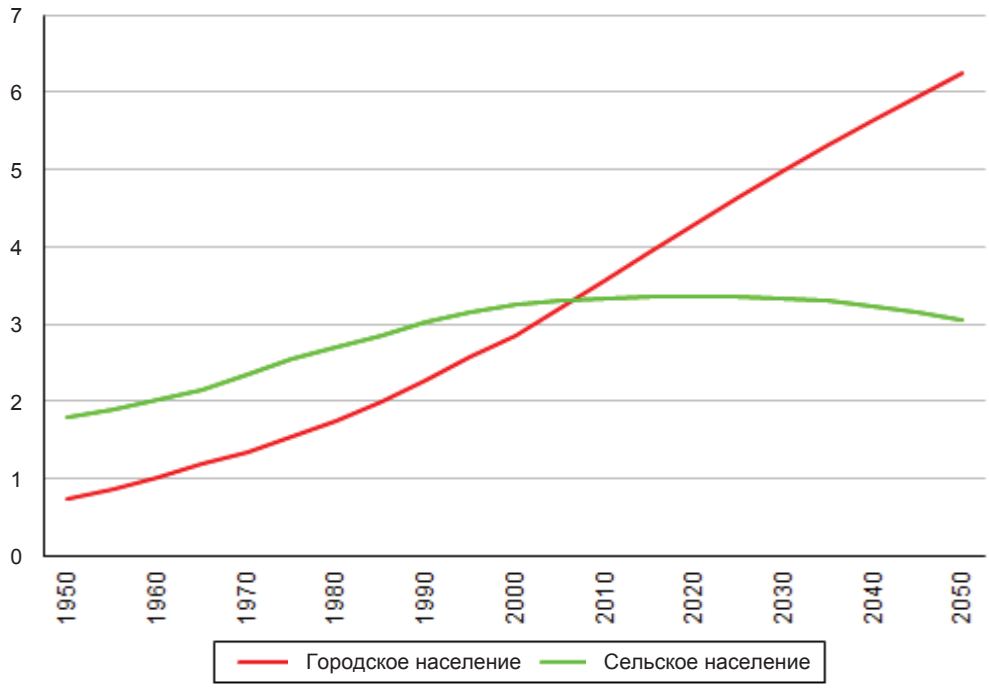


Рис. 1. Соотношение городского и сельского населения Земли (по оценке комиссии ООН)

отдельные «отраслевые» методы и теории безопасности (для пожаров, землетрясений, и т. д.), так и саму концептуальную основу комплексного обеспечения безопасности.

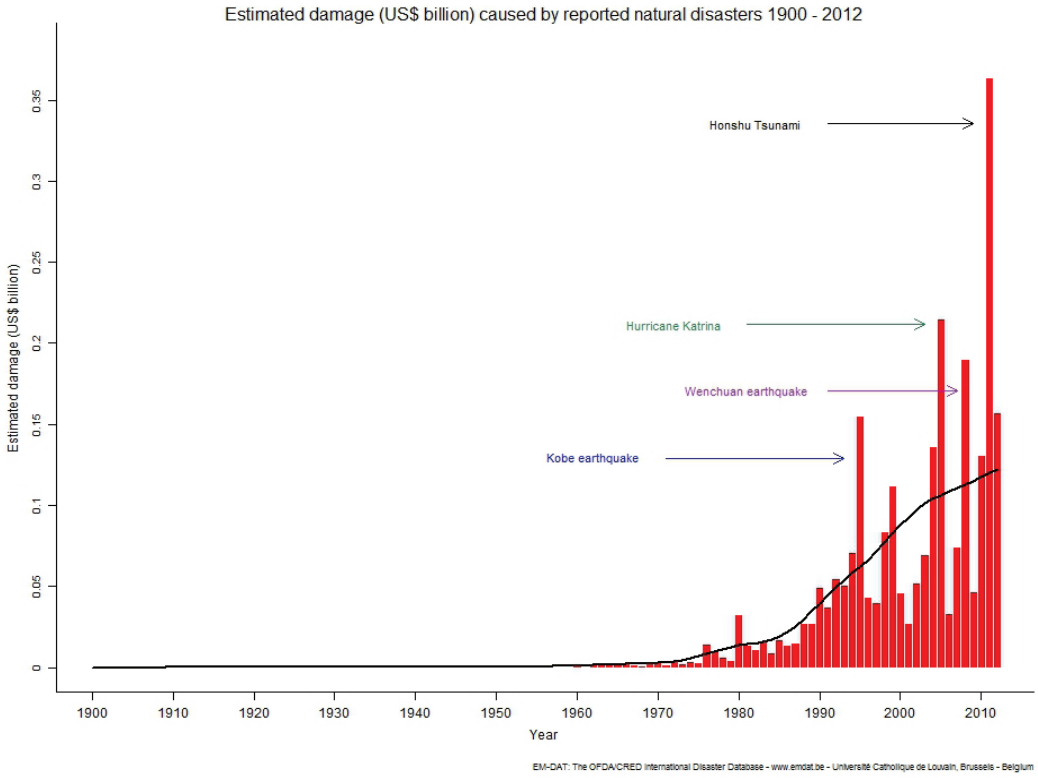
Эволюция концепций безопасности. После катастрофы «9/11» (террористической атаки на Центр Всемирной Торговли в Нью-Йорке 11 сентября 2001 г.) во многих развитых странах были инициированы многочисленные исследовательские проекты и долговременные научно-практические программы разработок в предметной области «комплексное обеспечение безопасности мегаполисов от множественных опасностей/угроз».

Анализ открытых источников информации и личные интервью с некоторыми ключевыми зарубежными исследователями и практиками – экспертами в комплексном обеспечении безопасности систем высокой ответственности – позволил выделить следующие тенденции в современных исследованиях:

1. **Необходимость учета множественных (в частности – комбинированных) опасностей/угроз**. Жители современных городов и, особенно, мегаполисов подвергаются разнообразным опасностям и угрозам, которые могут действовать как одновременно, так и последовательно. Террористическая атака на Центр Мировой Торговли в Нью-Йорке, цунами и затем авария на АЭС Фукусима в Японии – вот только наиболее известные в мире ЧС, которые заставляют пересмотреть существующие подходы к обеспечению комплексной безопасности и антитеррористической защищенности национальных и мировых социо-технических систем высокой ответственности.

Особая роль при этом отводится явному и непосредственному учету *множественных (комбинированных) опасностей и угроз*. В предыдущие десятилетия системный ответ на отдельные (изолированные или специфические) опасности (пожара, наводнения и т. д.) давался, как правило, в виде организации и функционировании специализированного государственного ведомства, ответственного за защиту от одной конкретной угрозы (террористической, общественного порядка и т. д.).

а)



б)

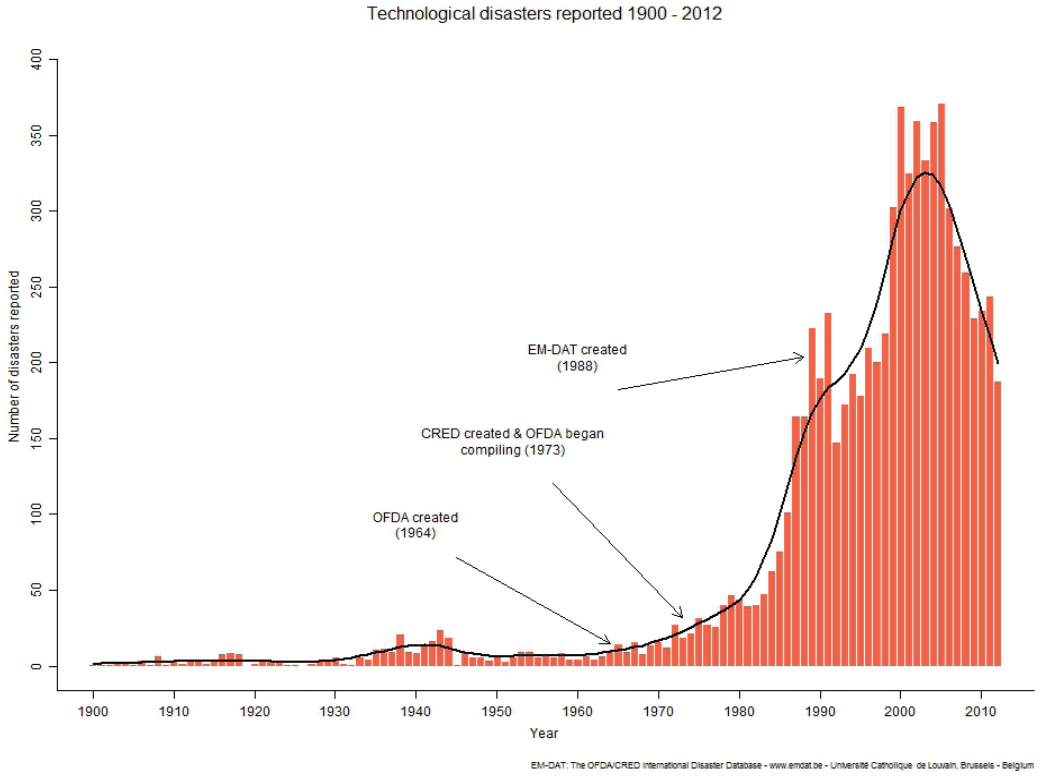


Рис. 2. Масштабы и динамика рисков природных катастроф (*а*) и чрезвычайных ситуаций, обусловленных человеком (техногенных и террористических) (*б*), по материалам OFDA, CRED, Munich Re

Возрастающая сложность мегаполисов, повышение удельной энергоемкости систем жизнеобеспечения, усложнение технических и информационных инфраструктур, увеличение скорости взаимодействия и взаимозависимости различных государственных, социальных и технических подсистем современного общества повышают как уязвимость отдельных граждан перед лицом новых вызовов и угроз, так и долговременную устойчивость государственных институтов и общественных сетей и делает, как показывает практика, неэффективным использование «моно» подхода к обеспечению безопасности. В многочисленных научных работах, выступлениях экспертов-практиков указывается на необходимость выработки более интегрированного, всеобъемлющего, системного подходов к обеспечению безопасности мегаполисов.

Трагедия 9/11 ясно показала уязвимость одного из видов систем высокой ответственности – высотных зданий – к множественным (комбинированным) опасностям. Именно сочетание (а не отдельный вид угрозы) опасных факторов – механический удар, быстропротекающий взрыв топливно-воздушной смеси и продолжительный пожар – привело к обрушению здания, гибели множества людей, нарушению работы большого количества организаций. Башни ВТЦ имели достаточный запас прочности, чтобы противостоять механическому удару и последующему взрыву внутри здания, однако их живучести не хватило для предотвращения обрушения вследствие пожаров. Другими словами, стойкость башен к множественным опасностям была недостаточной.

Из-за отсутствия знаний о синергетическом (совместном) действии комбинированных опасностей (в частности – моделей обрушения под действием множественных опасных факторов) никто из узкоспециализированных экспертов – ни специалисты в пожарной защите, ни эксперты во взрывном деле, ни инженеры-строители – не были в состоянии предсказать ни механизм обрушения, ни оставшееся (после удара самолета) время до обрушения. Вместе с тем, именно время до обрушения является жизненно важным параметром, значение которого необходимо для организации эвакуации, стратегии и тактики борьбы с огнем.

Различные типы комбинированных опасностей угрожают также другим типам инженерной среды систем высокой ответственности – многофункциональным торгово-развлекательным комплексам, многоуровневым транспортным терминалам (метро – железная дорога – наземный транспорт) и т. д.

Проблема множественный опасностей известна давно. После крупных землетрясений помимо восстановления разрушенных домов приходилось бороться с пожарами, иногда катастрофическими. Эпицентр землетрясения в 1923 г. в Японии находился в Иокогаме (90 км от Токио). Однако, землетрясение было только инициатором катастрофы. В Токио было разрушено меньше зданий, чем в Йокогаме (в процентном отношении), но здесь также повсеместно начались пожары, разносимые сильным ветром, которые и причинили наибольший ущерб (многократно превышающий ущерб от землетрясения). Спасаясь от подземных толчков и пожаров, жители бежали на открытые пространства – площади, парки, – но это не всегда помогало. На одной из площадей Токио погибло около 40 тыс. человек – они задохнулись, когда загорелись окружающие площадь дома. Противопожарные средства уцелели, но землетрясение разрушило водные магистрали города, во многих случаях пожарная техника не могла проехать по узким улицам. В конечном итоге подземные толчки и пожары уничтожили около половины строений города.

Указанные выше примеры иллюстрируют тот факт, что в настоящее время проблема множественных угроз не решена ни на уровне научно-инженерного понимания, ни на нормативно-правовом ни в одной стране мира. В ближайшем будущем маловероятно, что растущая сложность инфраструктуры мегаполисов, высокая степень взаимозависимости различных подсистем, высокая концентрация энергии и людей в городах буду снижать остроту указанной проблемы множественных угроз. Трагедия 9/11 и авария на АЭС Фукусима только акцентировали внимание на актуальности понимания, количественного моделирования

и предсказания чрезвычайных ситуаций, в которых имеет место комбинация множественных (комбинированных) опасных факторов.

2. **Как обеспечить разумно быстрый и экономически обоснованный возврат к нормальному состоянию системы высокой ответственности после ЧС?** После каждой катастрофы люди восстанавливают окружающую их инженерную среду. Однако, как видно из статистики последнего десятилетия, требуемые ресурсы (людские, материальные, финансовые, временные) для восстановления СВО непрерывно растут. Восстановление критически важных функций ключевых элементов инженерной среды должно проводиться в первую очередь для того, чтобы обеспечить оптимальные условия для восстановления других элементов инженерной среды. Вопрос в том – как проводить восстановление СВО с максимально возможной скоростью и минимально ценой с сохранением необходимого качества работ? Как расставлять приоритеты для первоочередных работ? Какие метрики (средства и единицы измерения) и критерии (как функциональные, так и экономические) должны быть использоваться для планирования и выполнения работ по восстановлению?

Сегодня упомянутые вопросы не возникают на стадии проектирования и строительства СВО, поскольку данные вопросы не отражены ни в нормативной базе, например, строительной отрасли, ни в законах, связанных с безопасностью. В настоящее время сложная, масштабная, междисциплинарная работа по поиску ответов на указанные выше вопросы в послеаварийной фазе ЧС ведется по ad hoc принципу («как получится»), в основном, на основе администрирования (как правило – в «ручном режиме») или эмпирического опыта (если такой имеется) без разумно достаточного научно-технического обоснования и без проверенных на практике, удобных к использованию в условиях ЧС инженерных методик и технологий.

3. Какими средствами и механизмами защищаться от множественных опасностей/угроз? Традиционные средства обеспечения безопасности, используемые в технике (строительстве, химической промышленности, энергетике) – точное следование нормам при проектировании, высокое качество инженерных работ, использование прочных и высококачественных материалов, полноценное и своевременное техническое и организационное обеспечение надежности узлов и механизмов – непрерывно улучшаются. Однако, достаточно ли их для защиты людей от всего спектра возможных опасностей и угроз – природных, техногенных, террористических? Особенно, если угрозы могут реализоваться последовательно (практически одновременно) или параллельно?

Две наиболее крупных катастрофы начала этого века – обрушение Центра всемирной торговли (ЦВТ) в США (удар – взрыв – пожар) и разрушение АЭС Фукусима в Японии (землетрясение – цунами – тяжелая авария на АЭС – наглядно показали, что в случае реализации множественных опасностей/угроз ни высокая живучесть несущей конструкции здания (удар самолета и взрыв авиатоплива не оказали решающего воздействия на механизм обрушения) в случае ВТЦ, ни технические системы защиты, объединенные в несколько эшелонов защиты и сертифицированные на сейсмостойкость, в случае АЭС Фукусима, не смогли минимизировать число жертв, минимизировать время восстановления («возврата в норму») и минимизировать материальные и финансовые затраты на восстановление.

Несмотря на то, что в последнее десятилетие достигнут значительный прогресс в устранении наиболее важных выявленных «лакун» как в понимании проблем комплексного обеспечения безопасности, так и в организации работы по повышению уровня защищенности систем высокой ответственности, можно утверждать, что сегодня не существует логически непротиворечивой, системной, детально прописанной концепции (парадигмы), которая отражала бы реальную уязвимость инженерной среды систем высокой ответственности к чрезвычайным ситуациям, в которых реализуются множественные опасности и/или угрозы. Упомянутая парадигма отсутствует как на эмпирическом уровне – у политиков, в органах государственного управления, в уполномоченных ведомствах (МЧС, скорая помощь, и т. д.) – так и на уровне современных научных знаний и инженерных технологий.

4. **От фрагментарного анализа и оценки рисков к системному риск-информированному принятию решений.** В условиях постоянно растущего дефицита доступных к использованию ресурсов (материальных, людских, экспертных), старения основных фондов, роста ограничений возможностей государства по экономическим, политическим и социальным причинам, повышение безопасности страны в отношении всего комплекса опасностей/угроз (а не отдельных – пусть и наиболее часто встречающихся – пожар, наводнение, землетрясение) и ее ключевых систем высокой ответственности становится все более сложной и ответственной задачей. Существующая парадигма комплексного обеспечения безопасности и антитеррористической защищенности, основанная на управлении рисками (см. рис. 3), с одной стороны, пока еще обеспечивает приемлемый уровень рисков от отдельным видам угроз (но не для множественных угроз), а с другой стороны, по-видимому, уже близка к исчерпанию своих возможностей и настоятельно требует своего развития и модернизации.

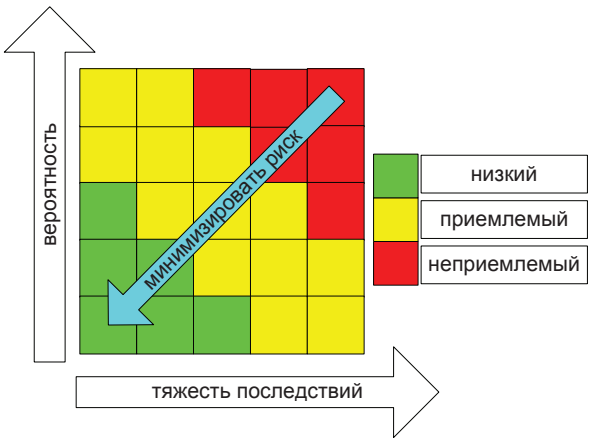


Рис. 3. Существующая парадигма комплексного обеспечения безопасностью и антитеррористической защищенностью («управление рисками») – минимизировать риски путем снижения вероятности (частоты) и/или последствий чрезвычайных ситуаций

Наиболее развитой в настоящее время методологией оценки опасностей различной природы является *анализ и оценка рисков*. Риск есть произведение вероятности нежелательного события на ущерб, вызываемый этим событием. Оценка риска есть процесс сравнения результатов анализа риска относительно некоего значения риска, выбираемого в качестве «эталона». Чем выше риск – тем опаснее угроза. Большинство методологий анализа и оценки риска, используемых в настоящее время в развитых странах для обеспечения приемлемого уровня безопасности систем высокой ответственности, используют численные значения риска в качестве целевой функции (критерия для принятия решений). Анализ и оценка рисков как научно-обоснованный метод обеспечения безопасности систем высокой ответственности получил признание в 1980-х годах в научной и инженерной среде. В 1990–2000 гг. данная концепция была ассимилирована системами государственного управления и крупными корпорациями сначала в Великобритании и Нидерландах, затем в США, Японии, Австралии и Новой Зеландии, скандинавских странах – другими словами во всех странах с высоким уровнем жизни и передовой промышленной и информационно-коммуникационной инфраструктурой. В России культура анализа и управления рисков стала системно развиваться во второй половине 1990-х на основе подходов, перенимаемых от скандинавских стран в топливно энергетическом комплексе (компании Statoil, Норвегия), DNV (Нидерланды, Норве-

гия), от Нидерландов в промышленной безопасности и пожарной безопасности (исследовательский центр TNO, Нидерланды). Перенос знаний и навыков осуществлялся сначала на инициативной основе отдельных государственных учреждений и частных компаний (в основном в страховании, банках, связанных с нефтегазовой отраслью). Завершился данный этап образованием Российского корпуса спасателей на правах Государственного комитета РСФСР (ныне – МЧС РФ). Принятие постановления Правительства РФ о создании российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях [6] послужило политическим сигналом к модернизации системы комплексного обеспечения безопасности страны на новой методологической основе. Институционально переход выразился в образовании региональных центров по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий на базе территориальных управлений гражданской обороной военных округов СССР.

До аварий на АЭС – Three Mile Island в США в 1979 г. и Чернобыльской в СССР в 1986 г. – методологической основой обеспечения безопасности технических систем высокой ответственности (системы вооружений, АЭС, опасные производства) была *теория надежности*. Система (прибор, организация, здание и т. д.) считалась надежной или безопасной (различие между сутью терминов не осознавалось), если вероятность (частота) ее отказов (поломки, невыполнения приказа, обрушения) были ниже некоторого порогового значения. Минимально допустимое значение индикатора надежности (критерий надежности) устанавливалось в нормативных или регулирующих технических документах. Считалось, что чем выше надежность системы, тем выше безопасность ее работы или использования. Последствия отказа в расчет не принимались.

Катастрофические последствия выброса большого количества опасных веществ на химическом заводе в г. Бхопал (Индия), выброс радиоактивности на Чернобыльской АЭС и другие тяжелые аварии продемонстрировали ограниченность парадигмы надежности для обеспечения безопасности людей, окружающей среды, государства и стимулировали в 1970–1980-х годах научные поиски в области анализа и оценки риска и обеспечили методологическую основу для создания и внедрения в практику новой управленческой технологии – управления рисками.

В Российской Федерации реализация ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года», инициированная МЧС позволила *начать переход* от директивных (предписывающих) методов обеспечения безопасности к риск-информированной системе принятия решений и управления защитой населения.

В качестве научной методологии использовались наработки по анализу и оценке риска, которые были развиты в 1960–1980-х годах в военном деле [6], атомной энергетике [7], химической промышленности [8], полученные, в основном, зарубежными исследователями. Например, в атомной энергетике это научно-исследовательские программы, организованные Министерством энергетики – Department of Energy (DOE) и Комиссией по ядерному регулированию – Nuclear Regulatory Commission в США, Научно-техническим обществом по безопасности установок и реакторов – Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH в Германии, Комиссариатом по ядерной энергетике – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) во Франции. Догоняющий характер работ по внедрению риск-информированных подходов был обусловлен рядом объективных причин, поскольку финансирование данных исследовательских направлений в СССР в 1980-х и в РФ в начале 1990-х практически отсутствовало.

В рамках действующей в настоящее время концепции управления рисками (например, в МЧС, в таможенной службе РФ) основной упор делается как на предупреждении и предотвращении опасностей/угроз (снижении частот/вероятностей критических событий), так и смягчении последствий чрезвычайных ситуаций (снижение их тяжести). Здесь для обеспе-

чения безопасности системы необходимо, чтобы, во-первых, она была надежной (малая вероятность отказа или нежелательного инициирующего события), и, во-вторых, для маловероятных, но связанных с крупномасштабным ущербом сценариев чрезвычайной ситуации (так называемая проблема маловероятных катастрофических сценариев), должны быть предусмотрены специальные системы защиты и/или системы смягчения последствий, спроектированные на принципах эшелонированной защиты.

5. Поиск инновационной парадигмы комплексного обеспечения безопасности мегаполиса в условиях множественных опасностей/угроз – стойкость как мера безопасности. Проблема множественных угроз является частью более общей, многоуровневой и междисциплинарной проблемы – как обеспечить безопасность и стойкость инженерной среды мегаполисов (их способность сопротивляться опасным факторам при их кратковременном действии, адаптироваться при долговременном воздействии, сохраняя способность выполнять свои функции, и восстанавливаться после ЧС) в условиях множественных опасностей? Какое системное свойство систем высокой ответственности использовать в качестве меры безопасности? Как на основе выбранной ключевой меры (метрики, индикатора) безопасности строить системы управления безопасностью (ситуационные центры, технические нормативы/стандарты и т. д.), какие технические средства и организационные механизмы разрабатывать?

После двух наиболее известных катастроф прошедшего десятилетия – террористической атаки на Центр мировой торговли в Нью-Йорке и аварии на АЭС Фукусима – неадекватность существующей парадигмы комплексного обеспечения безопасности требованиям времени стала очевидной. В обоих случаях специализированные ведомства и в США, и в Японии имели значительные ресурсы, опыт и механизмы для снижения рисков и предотвращения катастроф, однако не смогли ими воспользоваться эффективно.

Общим [9] для обоих упомянутых катастроф было то, что:

1. Отсутствовало совместно используемое (разными ведомствами) осознание ситуации [10]. Полиция и пожарные использовали более 5 видов связи (проводной и беспроводной), однако отсутствие единого информационного поля (фактически единого стандарта межведомственной передачи информации) и единой, интерактивно взаимодействующей информационно-коммуникационной сети не дало возможности своевременно скоординировать совместные усилия отдельных кризисных центров, действовавших в полиции, в пожарном департаменте и в мэрии Нью-Йорка.

2. Существующие (в момент террористической атаки) уязвимости системы высокой ответственности (в катастрофе 9/11 это – недостаточная производительность пожарных насосов в здании торгового центра, низкая огнестойкость противопожарной облицовки несущих конструкций после недавнего ремонта) не были выявлены, поскольку инженерные методики оценки уязвимости критически важных элементов и сама постановка вопроса об анализе уязвимости отсутствовали.

3. Адаптационные возможности как самих систем высокой ответственности (живучесть несущей конструкции здания торгового центра, производительность инженерных систем эвакуации людей и противопожарной защиты), так и их ближайшего окружения (топология и производительность водопроводной сети около здания торгового центра, места для временных пунктов эвакуации и т. д.) не имели достаточных резервов.

Другими словами, несмотря на высокую техническую оснащенность и разумно достаточное количество специализированных сил реагирования в катастрофе 9/11 ее последствия не были минимизированы вследствие недостаточной стойкости социо-технической системы «люди в здании торгового центра».

«Внешние» (для рассматриваемой системы высокой ответственности) ресурсы (силы реагирования, государственная власть) не были использованы своевременно и в полной мере, поскольку стойкость критически важных «внутренних» элементов самой системы (живу-

честь несущей конструкции, единое операционная картина чрезвычайной ситуации [11], производительность инженерных систем эвакуации людей и противопожарной защиты) в условиях ЧС не были достаточными.

Таким образом, природные и техногенные катастрофы, террористические атаки последнего десятилетия однозначно свидетельствуют, что доминирующая в настоящее время в большинстве развитых стран парадигма комплексного обеспечения безопасности, нацеленная на защиту населения, предотвращение/готовность/смягчение последствий опасных событий и на защиту ценностей, которые могут быть подвергнуты риску (жизни людей, инженерная среда, окружающая природная среда, бизнес, государственные символы) с помощью доступных сегодня специализированных сил (полиция, медицинская служба, спасатели и т. д.), средств (дамб, защитных сооружений и т. д.) и механизмов (эвакуация, страхование и т. д.) не могут обеспечить того уровня защиты от множественных угроз и опасностей, который ожидается современным обществом.

Современные системы технического регулирования строительства, основанные на предписывающих подходах, и доступные технологии оценки риска отдельных угроз/опасностей не в состоянии адекватно решить проблему множественных опасностей/угроз (например – комбинации удара, взрыва, пожара, сейсмических воздействий, токсических выбросов).

Должна быть разработана всеобъемлющая и эффективная с точки зрения затрат концепция комплексного обеспечения безопасности мегаполисов, основанная на управлении стойкостью. Такая концепция должна дать возможность обществу как количественно оценивать и сравнивать риски множественных угроз до появления первых предвестников ЧС, управлять живучестью ключевых элементов систем высокой ответственности и совместно используемым осознанием ситуации на стадии кризиса, так и эффективно (с точки зрения функциональности и экономических затрат) обеспечивать адаптацию систем высокой ответственности к множественным опасным воздействиям, спасение людей во время ЧС (для защиты жизни и здоровья людей на стадии эвакуации) и восстановление систем высокой ответственности после катастрофы.

Список литературы

1. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., Указ Президента РФ от 12 мая 2009 г., № 537. Available at: http://www.scrf.gov.ru/documents/99.html.

2. Available at: http://www.oecd.org.

3. World Population Prospects: The 2010 Revision, Volume I, Comprehensive Tables (United Nations publication, ST/ESA/SER.A/313) and Volume II: Demographic Profiles. (United Nations publication, ST/ESA/SER.A/317).

4. International Disaster Database. Available at: http://www.emdat.be.

5. Постановление Правительства РФ от 18 апреля 1992 г. № 261 «О создании Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях».

6. Available at: http://www.dtic.mil/ndia/2008systems/RobertSmith.pdf.

7. Rasmussen N. The Reactor Safety Study WASH-1400, Nuclear Regulatory Commission, 1975.

8. EU SEVESO II Directive, EU, 1982.

9. Kirillov I.A., Klimenko S.V. Plato's Atlantis Revisited: Risk-Informed, Multi-hazard Resilience of Built Environment via Cyber Worlds Sharing, in Proc. CyberWorlds, 2010, pp. 445–450.

10. T. Grant, Measuring the Potential Benefits of NCW: 9/11 as case study, 11th Int. Command and Control Research and Technology Symp., Coalition Command & Control in the Networked ERA, De Vere University Arms in Cambridge, UK, 2011.

11. Kirillov I.A., Metcherin S.A., Klimenko S.V. Metamodel of Shared Situation Awareness for Resilience Management of Built Environment, in Proc. Cyber World, 2012, pp. 137–143.

References

1. *Strategiya natsional'noy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii do 2020 g.* [National Security Strategy of the Russian Federation until 2020]. *Ukaz Prezidenta RF ot 12 maya 2009 g., № 537* [Presidential Decree no. 537 dated 12 May 12, 2009]. Available at: http://www.scrf.gov.ru/documents/99.html.

2. Available at: http://www.oecd.org.

3. World Population Prospects: The 2010 Revision, Vol. I, Comprehensive Tables (United Nations publication, ST/ESA/SER.A/313) and Volume II: Demographic Profiles. (United Nations publication, ST/ESA/SER.A/317).

4. International Disaster Database. Available at: http://www.emdat.be.

5. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 18 aprelya 1992 g. № 261 «O sozdanii Rossiyskoy sistemy preduprezhdeniya i deystviy v chrezvychaynykh situatsiyakh»* [Government Decree of April 18, 1992, no. 261 «On the establishment of the Russian early warning system and emergency response»].

6. Available at: http://www.dtic.mil/ndia/2008systems/RobertSmith.pdf.

7. Rasmussen N. The Reactor Safety Study WASH-1400, Nuclear Regulatory Commission, 1975.

8. EU SEVESO II Directive, EU, 1982.

9. Kirillov I.A., Klimenko S.V. Plato's Atlantis Revisited: Risk-Informed, Multi-hazard Resilience of Built Environment via Cyber Worlds Sharing, in Proc. CyberWorlds, 2010, pp. 445–450.

10. T. Grant, Measuring the Potential Benefits of NCW: 9/11 as case study, 11th Int. Command and Control Research and Technology Symp., Coalition Command & Control in the Networked ERA, De Vere University Arms in Cambridge, UK, 2011.

11. Kirillov I.A., Metcherin S.A., Klimenko S.V. Metamodel of Shared Situation Awareness for Resilience Management of Built Environment, in Proc. Cyber World, 2012, pp. 137–143.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE

FEDERAL INSTITUTION «RESEARCH INSTITUTE – FEDERAL RESEARCH CENTRE FOR PROJECT EVALUATION AND CONSULTING SERVICES»

(SRI FRCEC)

INNOVATIKA AND EXPERT EXAMINATION

SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUE 1(12)

MOSCOW 2014

ИННОВАТИКА И ЭКСПЕРТИЗА

Научные труды

1(12)

Ответственный редактор *А.А. Тугаринов*

Компьютерная верстка *А.А. Тугаринов*, *С.В. Веремеев*

Сдано в набор 17.03.14. Подписано в печать 27.06.14. Формат 60×90/8. Бумага «Future»
Усл. печ. л. 22,34. Уч.-изд. л. 26,65. Тираж 100. Заказ № 8

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт –
Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы»
Москва, ул. Антонова-Овсеенко, д. 13