

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ИННОВАТИКА И ЭКСПЕРТИЗА

Выпуск 2(23)

МОСКВА 2018

Editor-in-chief

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

Deputy Chief Editor

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

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

Executive Secretary

A.N. Gostev, Chief Scientist, Ph.D., Professor

Members of Board

K.K. Abishev, Ph.D., Associate Professor;

Yu.N. Andreyev, Doctor of Economics;

I.A. Andreyeva, Ph.D., Assistant Professor;

E.G. Andryuschenko, Ph.D., Professor;

V.P. Babintsev, Ph.D., Professor;

*A.R. Bakhtizin, Corresponding Member of RAS,
Ph.D., Professor;*

V.T. Bebeshev, Ph.D., Professor;

E.V. Berezina, Doctor of Economics;

V.A. Bobin, Ph.D.;

A.V. Bogomolov, Ph.D., Professor;

M.A. Budanova, Ph.D., Professor;

L.V. Vasilieva, Doctor of Economics;

A.Yu. Goloborodko, Ph.D., Assistant Professor;

A.A. Gostev, Doctor of Law;

I.V. Grigoriev, Ph.D., Professor;

*T.S. Demchenko, Doctor of Sociology, Assistant
Professor;*

V.M. Juha, Ph.D., Professor;

*A.V. Dmitriyev, Corresponding Member of RAS,
Ph.D.;*

R.A. Durnev, Ph.D., Assistant Professor;

N.V. Dychko, Doctor of Sociology;

G.S. Yevtushenko, Ph.D., Professor;

V.V. Yelistratov, Ph.D.;

N.P. Ivaschenko, Ph.D., Professor;

T.N. Izmailov, Doctor of Economics;

I.N. Karavayev, Ph.D., Professor;

M.V. Kibakin, Ph.D., Assistant Professor;

A.P. Kislov, Doctor of Engineering, Professor;

Yu.S. Konoplin, Ph.D., Professor;

N.P. Kriuchin, Ph.D., Professor;

M.K. Kuderin, Ph.D., Professor;

D.S. Kuznetsova, Doctor of Sociology;

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

I.P. Langeman, Ph.D., Professor;

V.V. Litvinenko, Ph.D., Professor;

P.M. Mazurkin, Ph.D., Professor;

A.S. Marakhovskiy, Ph.D., Assistant Professor;

V.V. Markin, Ph.D., Professor;

Yu.I. Migachev, Ph.D., Professor;

N.A. Mironov, Doctor of Engineering;

*P.A. Mikhnenko, Doctor of Engineering,
Assistant Professor;*

S.A. Pavlova, Ph.D., Professor;

G.I. Pismenskiy, Ph.D., Professor;

I.M. Rassolov, Ph.D., Professor;

G.G. Rodionova, Doctor of Economics;

N.A. Rudianov, Ph.D., Assistant Professor;

Yu.P. Rybakov, Doctor of Engineering, Ph.D.;

A.V. Sablukov, Ph.D., Professor;

*O.V. Selskaya, Doctor of Sociology, Assistant
Professor;*

V.G. Semionova, Ph.D., Assistant Professor;

M.V. Sokolskaya, Ph.D., Assistant Professor;

S.A. Starostin, Ph.D., Professor;

D.V. Stakhanov, Ph.D., Assistant Professor;

D.V. Suvorov, Ph.D., Assistant Professor;

E.S. Sumenova, Doctor of Economics;

V.E. Talnev, Ph.D., Assistant Professor;

D.K. Tanatova, Ph.D., Professor;

Ya. Teivan-Treinovskiy, Ph.D., Professor;

Главный редактор

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

Зам. гл. редактора

*П.Б. Мельник, зам. ген. директора ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по научной работе, канд. техн. наук;
К.В. Лебедев, зам. ген. директора ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по научной работе — дир. центра,
канд. экон. наук*

Отв. секретарь

А.Н. Гостев, гл. научн. сотр. д-р социол. наук, проф.

Члены редколлегии

- | | |
|--|--|
| <i>К.К. Абишев, канд. техн. наук, асс. проф.;</i> | <i>М.К. Кудерин, д-р техн. наук, проф.;</i> |
| <i>Ю.Н. Андреев, канд. экон. наук.;</i> | <i>Д.С. Кузнецова, канд. социол. наук;</i> |
| <i>И.А. Андреева, д-р юрид. наук, доц.;</i> | <i>И.И. Курочка, канд. физ-мат. наук;</i> |
| <i>Е.Г. Андриющенко, д-р филос. наук, проф.;</i> | <i>И.П. Лангеман, д-р техн. наук, проф.;</i> |
| <i>В.П. Бабинцев, д-р филос. наук, проф.;</i> | <i>В.В. Литвиненко, д-р техн. наук, проф.;</i> |
| <i>А.Р. Бахтизин, чл.-кор. РАН, д-р экон. наук, проф.;</i> | <i>П.М. Мазуркин, д-р техн. наук, проф.;</i> |
| <i>В.Т. Бебешев, д-р техн. наук, проф.;</i> | <i>А.С. Мараховский, д-р экон. наук, доц.;</i> |
| <i>Е.В. Березина, канд. экон. наук;</i> | <i>В.В. Маркин, д-р социол. наук, проф.;</i> |
| <i>В.А. Бобин, д-р техн. наук;</i> | <i>Ю.И. Мигачев, д-р юрид. наук, проф.;</i> |
| <i>А.В. Богомолов, д-р техн. наук, проф.;</i> | <i>Н.А. Миронов, канд. техн. наук.;</i> |
| <i>М.А. Буданова, д-р филос. наук, проф.;</i> | <i>П.А. Михненко, канд. техн. наук, доц.,</i> |
| <i>Л.В. Васильева, канд. экон. наук;</i> | <i>С.А. Павлова, д-р экон. наук, проф.;</i> |
| <i>А.Ю. Голобородько, д-р полит. наук, доц.;</i> | <i>Г.И. Письменский, д-р воен. наук, д-р истор. наук, проф.;</i> |
| <i>А.А. Гостев, канд. юрид. наук;</i> | <i>И.М. Рассолов, д-р юрид. наук, проф.;</i> |
| <i>И.В. Григорьев, д-р техн. наук, проф.;</i> | <i>Г.Г. Родионова, канд. экон. наук;</i> |
| <i>Т.С. Демченко, канд. социол. наук, доц.;</i> | <i>Н.А. Рудианов, д-р техн. наук, доц.;</i> |
| <i>В.М. Джуха, д-р экон. наук, проф.;</i> | <i>Ю.Л. Рыбаков, канд. техн. наук, д-р биол. наук;</i> |
| <i>А.В. Дмитриев, чл.-кор. РАН, д-р филос. наук;</i> | <i>А.В. Саблуков, д-р экон. наук, проф.;</i> |
| <i>Р.А. Дурнев, д-р техн. наук, доц.;</i> | <i>О.В. Сельская, канд. социол. наук, доц.;</i> |
| <i>Н.В. Дычко, канд. социол. наук;</i> | <i>В.Г. Семенова, д-р филос. наук, доц.;</i> |
| <i>Г.С. Евтушенко, д-р техн. наук, проф.;</i> | <i>М.В. Сокольская, д-р психол. наук, доц.;</i> |
| <i>В.В. Елистратов, д-р техн. наук;</i> | <i>С.А. Старостин, д-р юрид. наук, проф.;</i> |
| <i>Н.П. Иващенко, д-р экон. наук, проф.;</i> | <i>Д.В. Стаханов, д-р экон. наук, доц.;</i> |
| <i>Т.Н. Измайлов, канд. экон. наук;</i> | <i>А.А. Суворов, канд. юрид. наук, доц.;</i> |
| <i>И.Н. Караваев, д-р воен. наук, проф.;</i> | <i>Е.С. Суменова, канд. экон. наук;</i> |
| <i>М.В. Кибакин, д-р социол. наук, доц.;</i> | <i>В.Е. Талынев, д-р социол. наук, доц.;</i> |
| <i>А.П. Кислов, канд. техн. наук, проф.;</i> | <i>Д.К. Танатова, д-р социол. наук, проф.;</i> |
| <i>Ю.С. Коноплин, д-р полит. наук, проф.;</i> | <i>Я. Тейван-Трейновский, д-р юрид. наук, проф.;</i> |
| <i>Н.П. Крючин, д-р техн. наук, проф.;</i> | <i>А.А. Титков, канд. экон. наук, доц.;</i> |

A.A. Titkov, Doctor of Economics, Assistant Professor;

G.T. Toshenko, Corresponding Member of RAS, Ph.D., Professor;

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

T.I. Turko, Doctor of Biology;

O.A. Urja, Ph.D., Professor;

A.A. Wizbayeva, Ph.D.;

O.V. Fillimonov, Ph.D., Assistant Professor;

I.M. Khasuntsev, Doctor of Economics;

A.M. Tsypuk, Ph.D., Professor;

A.M. Chayevich, Ph.D., Assistant Professor;

S.G. Chubukova, Doctor of Law, Assistant Professor;

S.B. Shepanskiy, Doctor of Engineering, Assistant Professor

Extended information about members of the Editorial Board is presented at the website inno-exp.ru.

Executive Technical Editor for the collection

A.A. Tugarinov

Innovatics and Expert Examination. The scientific works of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute – Federal Research Centre for Project Evaluation and Consulting Services» (SRI FRCEC). Moscow. SRI FRCEC, 2018. Vol. 2(23). 192 p.

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

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

ISSN 1996-2274

© SRI FRCEC, 2018

EAN-13: 9771996227771

This collection was registered on 12 April 2007 in ROSOHRANKULTURA Agency PIN® FS77-27730.

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

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

E-mail: info@extech.ru

http://www.extech.ru

Ж.Т. Тощенко, чл.-кор. РАН, д-р филос. наук, проф.;

И.А. Тугаринов, канд. геол.-мин. наук.;

Т.И. Турко, канд. биолог. наук.;

О.А. Уржа, д-р социол. наук, проф.;

А.А. Уызбаева, Ph.D.;

О.В. Филимонов, д-р социол. наук, доц.;

И.М. Хасунцев, канд. экон. наук;

А.М. Цыпук, д-р техн. наук, проф.;

А.М. Чаевич, д-р полит. наук, доц.;

С.Г. Чубукова, канд. юрид. наук, доц.;

С.Б. Щепанский, канд. техн. наук, доц.

Расширенная информация о членах редколлегии представлена на сайте inno-exr.ru.

Отв. тех. редактор сборника

А.А. Тугаринов

Инноватика и экспертиза. Научные труды Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы» (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ). М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2018. Вып. 2(23). 192 с.

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

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

ISSN 1996-2274

© ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2018

EAN-13: 9771996227771

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

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

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

E-mail: info@extech.ru

http: www.extech.ru

CONTENTS

INNOVATION: THEORY AND PRACTICE

S.G. Selivanov, S.N. Poezzhalova, A.F. Shaikhulova. The laws and regularities of innovation	10
T.S. Demchenko, M.V. Demchenko. Innovative forms of youth involvement in social control of youth personnel policy implementation in the system of organizations management	26

EXPERT EXAMINATION AND ANALYTICAL ACTIVITY

V.G. Vyskub. Modern methods of expert evaluation of scientific and technological activities	34
G.V. Luk'yanov, E.A. Maryshev. Scientific and technological priorities in the system of strategic planning of Russia	44
V.Yu. Klyushnikov, S.A. Klement'ev. Methodology of complex forecasting of technological development of complex engineering systems	53

ECONOMY AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

D.A. Usanov, N.V. Romanova. Consideration of the innovative component in assessing the importance of scientific works, their authors and research organizations in a market economy	62
A.V. Mit'ko, S.P. Yurkevichus. Development of infocommunication technologies for ensuring economic activities in the Barents Sea	67
A.V. Titova, E.G. Mirlin. Visualization of natural processes in solving problems of education, science and museum business: relevance, solutions	74
E.V. Berezina, N.A. Pluginov, I.V. Prokhorova, A.V. Fedin. State academies of sciences: outcome of restructuring 2013	86
V.P. Babintsev, V.N. Shevchenko. Analytical modeling of management formation of social and technological culture of a manager	106
F.T. Nezhmetdinova, N.S. Barabash. Transformation of education in the digital economy ...	120

СОДЕРЖАНИЕ

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

С.Г. Селиванов, С.Н. Поезжалова, А.Ф. Шайхулова. Законы и закономерности инноватики	10
Т.С. Демченко, М.В. Демченко. Инновационные формы вовлечения молодежи в социальный контроль процесса реализации молодежной кадровой политики в системе управления организациями	26

ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В.Г. Выскуб. Современные методы экспертного оценивания научно-технической деятельности	34
Г.В. Лукьянов, Е.А. Марышев. Научно-технические приоритеты в системе стратегического планирования России	44
В.Ю. Ключников, С.А. Клементьев. Методология комплексного прогнозирования технологического развития сложных технических систем	53

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Д.А. Усанов, Н.В. Романова. Учет инновационной составляющей при оценке значимости научных работ, их авторов и научных организаций в условиях рыночной экономики	62
А.В. Митько, С.П. Юркевичюс. Развитие инфокоммуникационных технологий для обеспечения хозяйственной деятельности в Баренцевом море	67
А.В. Титова, Е.Г. Мирлин. Визуализация природных процессов при решении задач образования, просвещения, науки и музейного дела: актуальность, пути решения	74
Е.В. Березина, Н.А. Плужнова, Л.В. Прохорова, А.В. Федин. Государственные академии наук: итоги реорганизации 2013 года	86
В.П. Бабинцев, В.Н. Шевченко. Аналитическое моделирование управления формированием социально-технологической культуры менеджера	106
Ф.Т. Нежметдинова, Н.С. Барабаш. Трансформация образования в условиях формирования цифровой экономики	120

ENGINEERING AND TECHNOLOGY

G.S. Evtushenko, S.N. Torgaev, M.V. Trigub. Active optical systems for visual testing of products and diagnostics of high speed processes	132
V.N. Bashkin. Engineering biogeochemistry and biogeochemical technologies	140
P.M. Mazurkin. Factor analysis of daily dynamics of US dollar exchange rate and Brent oil parameters	145
N.I. Buravchuk, O.V. Guryanova. Influence of technogenic raw material on the properties of concrete	159

NATIONAL SECURITY

A.B. Logunov, D.V. Olszewski, A.V. Grenchikhin. Analysis of practical issues of participation of educational institutions of higher education in the implementation of the program of the Military-industrial commission of the Russian Federation «Interdepartmental program of coordination of fundamental, exploratory and applied research in the interests of defense and security of the state»	173
E.I. Kondratyuk. Main directions of development of hypersonic technologies in the USA ...	182

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Г.С. Евтушенко, С.Н. Торгаев, М.В. Тригуб. Активные оптические системы для визуального контроля изделий и диагностики быстропротекающих процессов	132
В.Н. Башкин. Инженерная биогеохимия и биогеохимические технологии	140
П.М. Мазуркин. Факторный анализ посуточной динамики курса доллара и параметров нефти Brent	145
Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова. Влияние техногенного сырья на свойства бетонов ...	159

НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

А.Б. Логунов, Д.В. Ольшевский, А.В. Гренчихин. Анализ практических вопросов участия образовательных организаций высшего образования в реализации программы Военно-промышленной комиссии Российской Федерации «Межведомственная программа координации фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в интересах обороны и обеспечения безопасности государства»	173
Е.Л. Кондратюк. Основные направления развития гиперзвуковых технологий в США	182

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ЗАКОНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИННОВАТИКИ

С.Г. Селиванов, проф. Уфимского государственного авиационного технического университета, д-р техн. наук, s.g.selivanov@mail.ru

С.Н. Поезжалова, доц. Уфимского государственного авиационного технического университета, канд. техн. наук, poezjalova@mail.ru

А.Ф. Шайхулова, асс. Уфимского государственного авиационного технического университета, shaihulova@inbox.ru

Инновационное проектирование основывается на математическом и физическом моделировании развития техники и технологий. Для решения этих задач в данной публикации установлены основные законы и закономерности инноватики, обеспечивающие эффективное управление инновационной деятельностью в реализации задач ускорения научно-технического прогресса.

Ключевые слова: инноватика, научные законы инноватики, инновационная деятельность, инновационное проектирование, развитие техники и технологий.

THE LAWS AND REGULARITIES OF INNOVATION

S.G. Selivanov, Professor, Ufa State Aviation Technological University, Ph.D., s.g.selivanov@mail.ru

S.N. Poezhalova, Assistant Professor, Ufa State Aviation Technological University, Doctor of Engineering, poezjalova@mail.ru

A.F. Shaikhulova, Assistant, Ufa State Aviation Technological University, shaihulova@inbox.ru

Innovative design is based on mathematical and physical simulation of the development of engineering and technology. To meet these challenges this publication established the basic laws and patterns of innovatics ensuring effective management of innovative activities in the implementation of the tasks of accelerating scientific and technological progress.

Keywords: Innovatics (innovation); scientific laws of innovation; innovative activities; innovative design; development of engineering and technology.

Введение

Актуальность данной статьи определяется формированием в настоящее время новой науки — «Инноватики», которая является теоретической основой:

- инновационной деятельности;
- инновационного проектирования;
- управления инновационными проектами;
- формирования инновационной политики и инновационной экономики;
- реализации принципов разработки инновационной продукции и технологических инноваций, а также выявления квазиинноваций для исключения малоперспективных затрат на такие проекты.

Инноватика — это новая наука о формировании и распространении новшеств на основе целенаправленной организации инновационной деятельности. Инноватика — это не только особая отрасль науки, но и ее инструмент, который обеспечивает превращение всех фундаментальных и прикладных наук в производительную силу общества.

С помощью инноватики наука оказывает прямое воздействие на все сферы человеческой деятельности в единой цепочке преобразования научных знаний в определенные ценности: фундаментальные исследования → поисковые НИР → прикладные НИР → прикладные НИОКР → технологии → производство → рыночная реализация.

Цели и задачи данной публикации определяются тем, что научные законы инноватики проявляются на всех этапах и стадиях жизненного цикла техники и технологий. Сказанное предполагает определение с помощью законов инноватики локальных научных закономерностей, принципов, методов инновационной деятельности и инновационного проектирования, в первую очередь, для математического моделирования и оптимизации проектных решений, поиска новых физических эффектов для их реализации в технике (технологиях) новых поколений.

Научная новизна статьи определяется тем, что в ней на основе результатов исследований выполнено теоретическое обобщение основных закономерностей инноватики. Они следуют из фундаментальных законов инноватики и обеспечивают повышение эффективности инновационной деятельности по ключевым факторам развития техники, технологий и модернизации производства.

Основные требования науковедения к научной теории инновационной деятельности

В науковедении¹ принято считать, что фундаментальная наука и разрабатываемые на ее основе различные научные теории затрагивают базовые принципы большинства научных дисциплин на основе определения конкретных законов природы и общества.

В данном случае закон — это вербальное и/или математически выраженное утверждение, имеющее доказательство достоверности на основе теоретического обобщения объективных фактов. Закон, справедливость которого была установлена не из теоретических соображений, а из опытных данных, называют эмпирическим законом. Он должен носить необходимый, устойчивый и повторяющийся характер.

Приведем несколько известных примеров:

— в философии — это фундаментальные законы диалектики (единства и борьбы противоположностей; взаимного перехода количественных изменений и качественных изменений; отрицания отрицания), которые проявляются и в природе, и обществе;

— в физике — это естественно-научные законы природы (например, закон Ампера, закон Архимеда, закон Бойля—Мариотта, закон всемирного тяготения Ньютона и законы механики Ньютона, закон Гука, закон Кулона, закон Кюри, закон Ома, закон отражения света, законы Кирхгофа, законы электролиза Фарадея и законы электромагнитной индукции Фарадея и т. д.).

В новых, зарождающихся в XXI в. науках, также как и в названных классических науках прошлого века, исследователи стремятся установить фундамент формируемой науки в виде теорий и наиболее общих законов, составляющих предмет данной науки. Например:

— в теории организации [14] — это законы синергии; наименьших; самосохранения; информированности-упорядоченности; единства анализа и синтеза; онтогенеза; композиции; пропорциональности;

— в теоретической политологии [6] — это закон геополитического аттрактора, который гласит, что «величина и частота импульсов преобразования внутренней энергии социальных систем, направленных на совершение целенаправленной работы против внешних сил в целях создания этносов, культур и цивилизаций, обратно пропорциональны их расстоянию от границ литосферных плит Земли».

¹ Это междисциплинарная область исследований, которая рассматривает науку в широком социальном, историческом и философском контексте. Данная исследовательская отрасль, занимается изучением любой науки, ее структуры, динамики, рассматривает взаимодействие и связи науки с различными как социальными институтами, так и объектами материальной культуры.

Аналогичным образом следует поступить с формированием научного теоретического фундамента и в инноватике.

Основные законы инноватики

В ходе теоретического обобщения фундаментальных работ по инноватике [11, с.4] установлено, что научным теоретическим базисом данной науки являются следующие законы:

- смены технологических укладов;
- эволюционного развития техники и технологий;
- смены поколений техники и технологий;
- диффузии высоких и критических технологий.

Закон смены технологических укладов

Технологические уклады — это целостные комплексы технологически сопряженных производств, периодический процесс последовательного замещения которых определяет «длинноволновой» ритм современного экономического роста [3, с.37]. Смена инновационными средствами доминирующих технологических укладов сопровождалась серьезными сдвигами в международном разделении труда, обновлением состава наиболее преуспевающих стран.

Каждая из длинных экономических волн формировала свой технологический уклад:

1. *Новых текстильных технологий* (в этом технологическом укладе зародилась паровая энергетика — основа следующего технологического уклада);

2. *Широкого применения технологий паровой энергетике* (развития связанного с ней машиностроения паровых двигателей, пароходов, паровозов, металлорежущих станков и зарождения электроэнергетики — основы следующего уклада);

3. *Технологий электроэнергетики* (в этом технологическом укладе зародились автомобилестроение, самолетостроение и нефтехимия, появилась радиосвязь, т.е. появились технологии следующего технологического уклада);

4. *Энергетики двигателей внутреннего сгорания и нефтехимических технологий* (в этом технологическом укладе зародились компьютерные информационные технологии и технологии атомной энергетики — это основа следующего пятого технологического уклада);

5. *Информационных технологий и микроэлектроники* (в этом технологическом укладе зародились биотехнологии, геномная инженерия, технологии освоения космического пространства, которые должны стать основой шестого технологического уклада).

Технологический уклад обладает сложной производственной структурой:

- у него есть *технологическое ядро*, которое формируется совокупностью (кластером — от англ. cluster — кисть, рой) взаимосвязанных новых (высоких и критических, ключевых и креативных, проектных и перспективных) технологий, которые способны вызвать длинную волну экономического роста;

- в нем происходит *замкнутый производственный цикл*, который включает получение первичных ресурсов, технологические переделы по их переработке и выпуск конечных продуктов, удовлетворяющих потребителя;

- технологический уклад развивается по рассмотренным далее S-образным кривым жизненного цикла, которые завершаются кризисом развития;

- в его недрах, для обеспечения непрерывного хода научно-технического прогресса, *запускается новый технологический уклад*;

- фаза роста нового технологического уклада сопровождается технологическим перевооружением производства, *созданием кластеров предприятий* на основе строительства новых и расширения предприятий, реконструкции и технического перевооружения производства для обеспечения интенсивного типа расширенного воспроизводства. В результате быстро повышается эффективность производств, составляющих новый технологический уклад.

В целях анализа переходного процесса от четвертого к пятому технологическому укладу для моделирования процесса развития современных технологических укладов установлена

новая [9, с. 74] концептуальная модель управления процессами технологического развития производства, основанная на функциональном моделировании и решении системы дифференциальных уравнений. В данной работе математическое моделирование переходного процесса осуществлено на основе анализа трудовых ресурсов – L (рис. 1).

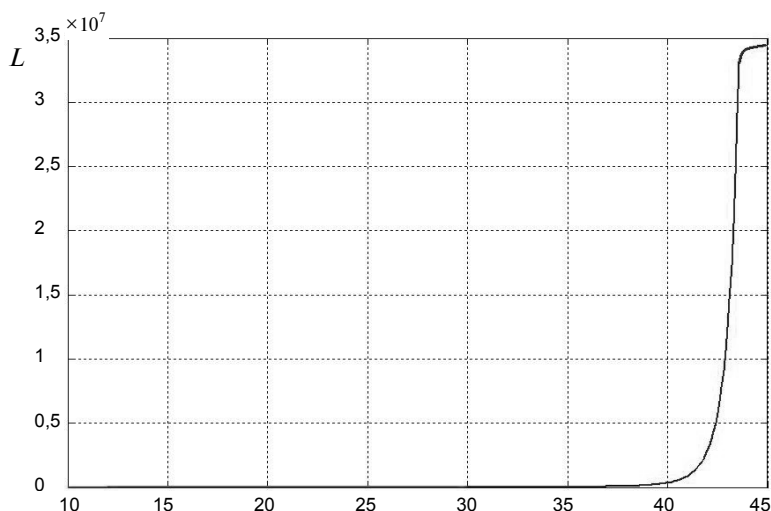


Рис 1. Графическое представление аperiодического закона переходного процесса смены технологических укладов 4→5

Представленная на рис. 1 модель позволяет определить точку завершения переходного процесса пятого технологического уклада, в которой начинается стагнация жизненного цикла анализируемого технологического уклада. Для исключения площадки стагнации и деградации уклада в его жизненном цикле развития необходимо, чтобы шестой технологический уклад начал зарождаться на завершающих фазах переходного процесса развития пятого технологического уклада.

Из анализа полученных выше данных закона смены технологических укладов и математических моделей можно сделать ряд выводов. Конкурентоспособность предприятий на мировом рынке в настоящее время уже определяется не столько дешевизной продукции, рабочей силы или технологического оборудования, сколько инновационной привлекательностью продукции, качеством труда. В связи с этим, важную роль в современной инновационной экономике играет не только научно-технический прогресс в традиционном его понимании, но и система профессионального образования, которая должна быть ориентирована на инновационную подготовку компетентных специалистов, способных создать и поставить на производство технику новых поколений.

Названные закономерности, зависимости и математические модели можно обобщить в виде научного закона смены технологических укладов, который гласит: «Большие циклы экономического роста определяет волновая динамика смены технологических укладов, действие которой превышает сумму результативности факторов роста капитала и труда на величину эффекта инновационной деятельности по замене технологий».

Закон эволюционного развития нововведений

Основанием закона эволюционного развития нововведений являются S-образные закономерности начальных стадий жизненного цикла развития техники и технологий одного принципа (способа) действий. Впервые статистическое подтверждение зависимостей такого

типа было обнаружено [1, с.38] в первых работах по инноватике в отношении транспортных технологий (рис. 2), сельскохозяйственных технологий, технологий электроэнергетики и других.

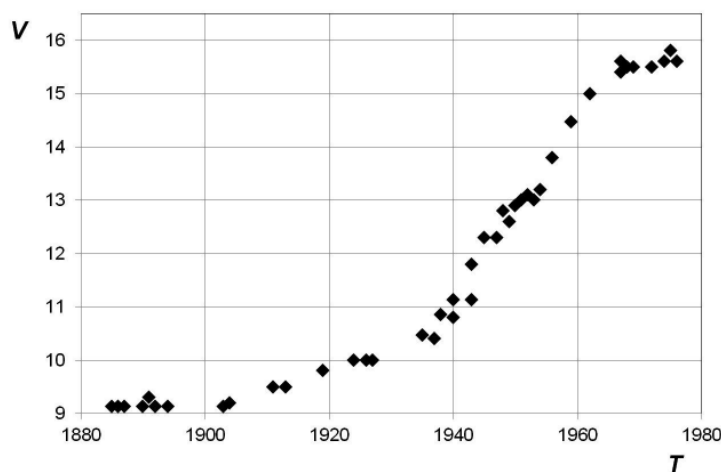


Рис. 2. Рост средней эксплуатационной скорости танкеров (V , в узлах)

После появления артефакта (от лат. arte — искусственно + factus — сделанный), т.е. самого первого образца новой техники или технологии, все технические системы в своем развитии проходят несколько стадий: рождение, развитие, зрелость, старость, гибель. Этот жизненный цикл существует как для конкретного объекта, так и для всей технической системы объектов определенного вида. Участок от рождения до «старости» в развитии описывается S-образной кривой, абсциссой которой являются затраты времени и средств на развитие технологии, а ординатой — результаты в виде технического уровня, показателей качества и конкурентоспособности, эффективности новой техники или технологии.

Первая точка на S-образной кривой характеризует появление артефакта, т.е. первого образца техники и технологии:

1) в авиационных технологиях — это первый самолет, первый вертолет, первый космический аппарат;

2) в технологии машиностроения — это первый сварочный агрегат, первый станок с числовым программным управлением, и др.

Многие из таких артефактов являются предметом национальной гордости, это первые:

— двигатели внутреннего сгорания и автомобили; воздушно-реактивные двигатели и реактивные самолеты на их основе (Германия);

— поточные и автоматические линии, промышленные роботы (США);

— паровые машины (разработана И.И. Ползуновым в 1763 г., Россия);

— паровозы (Р. Тревитик, 1803 г. и Дж. Стефенсон, 1814 г., Англия);

— компас, порох и бумага (Китай);

— авторучки (Хорватия) и т.д.

Крупнейшие артефакты российского происхождения составляют следующий перечень, который может быть дополнен:

1) *Авиация и космонавтика* — первые самолет, вертолет, цельнометаллический и сверхзвуковой пассажирские самолеты, искусственный спутник Земли, пилотируемый комический корабль, луноход;

2) *Транспортные средства* — первый гусеничный трактор, тепловоз, теплоход, ледокол, корабль-атомоход, корабль на подводных крыльях, экраноплан;

3) *Электроника* — первый радиоприемник, первая «сота» мобильного радиотелефона (станция «Алтай»), телевизор, лазер;

4) *Электротехника* — первые атомная электростанция, источники электрического освещения, электродвигатели трехфазного тока, электросварка;

5) *Технологическое оборудование* — первые групповые поточные линии, гибкие производственные системы, роторные автоматические линии и роторно-конвейерные комплексы;

6) *Материалы* — первый искусственный каучук (резина), лавсан.

Общее, что объединяет все эти крупнейшие научно-технические изобретения мирового уровня значимости, в том, что Россия с их помощью не смогла занять лидирующее положение в мировой экономике на рынке сложной научно-технической продукции. Многие из крупнейших российских изобретений широкое применение впервые нашли за рубежом (радиосвязь, электрическое освещение, телевизоры, вертолеты и самолеты), после чего получили применение и в России.

Возвращаясь к описанию закона эволюционного развития технических систем, необходимо отметить следующее важное обстоятельство. Известно, что научный закон, в том числе и эволюционного развития технических систем, является теоретическим обобщением частных закономерностей. К ним в данном случае относятся закономерности прогрессивной эволюции технологических систем, закономерности возрастания их сложности и ресурсосбережения.

Обобщить названные закономерности позволяет научный закон эволюционного развития нововведений, который гласит: «Техническую систему, которая основана на неизменном принципе данной технологии, для обеспечения ее долговечности и/или конкурентоспособности совершенствуют путем модификации и замены образцов данной генерации систем, что обеспечивает ее эволюцию (от лат. *evolutio* — развертывание) в область высоких технологий».

Закон смены поколений техники и технологий

Исследование первых S-образных кривых развития техники и технологии специалистами по теории инноваций [1, с.18], например, изучение закономерности роста эффективности производства электроэнергии на парогенераторных станциях при смене поколений техники и технологии [8, с.131], позволило установить, что в ряде случаев происходило наложение нескольких S-образных кривых на единое поле экспериментальных точек, полученных, например, по данным паровых угольных электростанций прошлого века.

Этот и другие факты позволяют сформулировать закон смены поколений техники и технологий, принципиально различающихся методом выполнения технологии одного и того же назначения. Он гласит: «Для обеспечения долговечности и/или конкурентоспособности технических систем их обновляют путем принципиального изменения технологий данной генерации систем».

Объяснение закона смены поколений техники и технологий, как способа дальнейшего развития технологий, основывается на выявлении отличий нескольких волн развития.

Задача разработки и постановки на производство техники новых поколений заключается не только в скорости занятия предприятием того или иного сегмента рынка конкурентоспособной научно-технической продукции, но и в удержании изделия:

— либо в зоне интенсивного развития высокой технологии на восходящей части S-образной кривой развития;

— либо путем эффективного перехода на принципиально новую, т.е. «критическую» технологию (рис. 3), что соответствует процессу смены поколений техники и технологий, которые достигли пределов своего развития.

При этом следует иметь в виду, что «кризис» — это не фатальное деструктивное явление, приводящее к простому разрушению старой технологии. Дословный перевод термина «кри-

зис» означает только то, что изменение принципиальной основы технологического метода (способа) позволяет решительно перейти к новой, более конкурентоспособной технологии, которая приходит на смену стареющей технологии того же назначения. Этот факт позволяет принять профилактические меры во избежание фатального перехода технической системы к стадиям ее деградации и гибели.

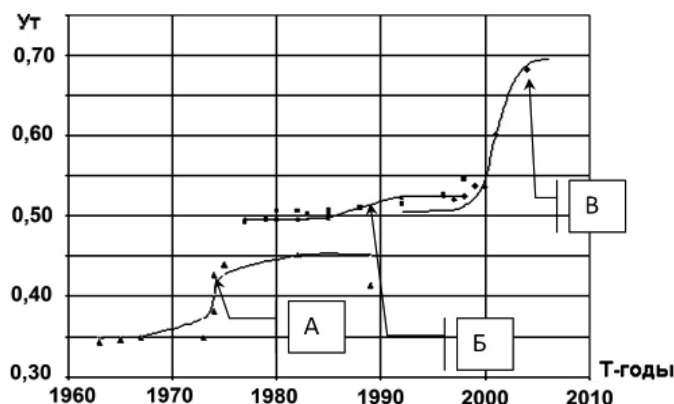


Рис. 3. S-образные закономерности смены поколений расточных станков по обобщенному показателю технического уровня (Ut):

- А) ряд 1 – универсальные расточные станки и станки с позиционной СЧПУ;
- Б) ряд 2 – быстроходные расточные станки с контурной СЧПУ;
- В) ряд 3 – мехатронные обрабатывающие центры на базе расточных станков

Закон диффузии инноваций

Использование рассмотренных выше законов и закономерностей позволяет целенаправленно модифицировать технику и переходить на принципиально новые технологии, повышать конкурентоспособность продукции и услуг, что обеспечивает продвижение таких технологий на рынок к потребителям с учетом следующей закономерности диффузии технологии (рис. 4) [14, с.63].

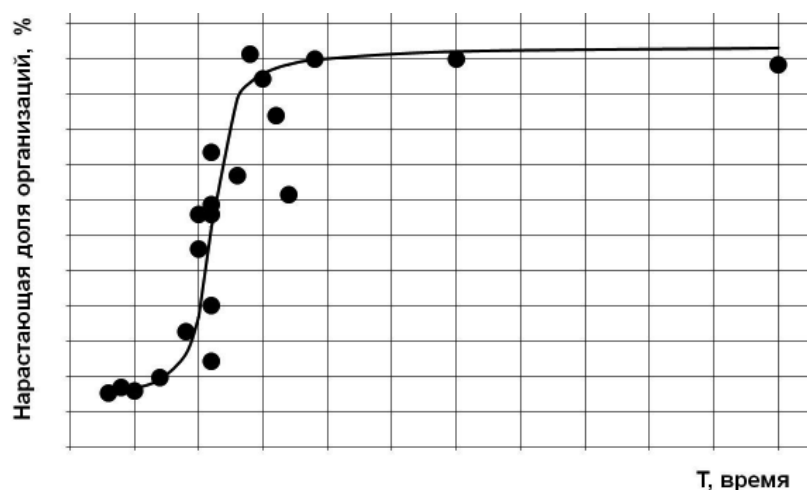


Рис. 4. Вид закономерности для анализа диффузии инноваций (распространения технологий)

При этом диффузия инноваций — это процесс их распространения в ходе коммерциализации новых технологий. S-образные кривые в данном случае приобретают другой смысл — их называют «кривыми замещения» технологий. Они характеризуют уже не изменение показателей технического уровня объектов инновационного проектирования в границах развития той или иной генерации техники и/или технологии во времени, а распространённость этой техники и/или технологии в пространстве. Такие «кривые замещения» техники и/или технологий характеризуют ее применяемость на предприятиях, в учреждениях и других организациях определенного вида деятельности в сравнении с другими техническими системами того же назначения.

Скорость диффузии технологии зависит в основном от эффективности технологической инновации: при высоких показателях эффективности на стадиях интенсивного развития диффузия происходит преимущественно на внутреннем рынке, более того, государство в этот момент может даже наложить ограничения на трансферт таких технологий или даже экспорт.

В инноватике математические модели диффузии технологий определены многими специальными закономерностями: Фишера-Прая, Гомпертца, Перла, Каменева и другими зависимостями [8, с. 159].

Обобщая сказанное выше, можно следующим образом сформулировать закон распространения инноваций: Конкурентоспособные инновации нового поколения техники и/или технологии распространяются на рынке по логистической структуре процесса коммерциализации нововведений, характеризуемого медленным стартом, последующим ускоренным распространением и завершающей фазой насыщения рынка на уровне, определяемом результативностью данной генерации новшеств.

Закономерности инновационного развития техники и технологий

Из анализа хронологии и характеристик технологических укладов видно, что ключевым фактором прогресса любого технологического уклада всегда является развитие машино- и приборостроения. В этой связи необходимо в дополнение к сказанному выше более подробно остановиться на специальных (локальных) закономерностях развития технологий машино- и приборостроения для обоснованного управления процессами инновационной деятельности в рамках развития системы инновационной подготовки машиностроительного производства.

Для определения закономерностей развития техники и технологий могут быть использованы не только рассмотренные выше научные законы инноватики, но и специальные закономерности [2, с. 102] в приложении к конкретным направлениям инновационной деятельности. В частности на примере развития авиационной техники и технологий доказаны специальные S-образные закономерности развития самолетов и авиационных двигателей [10, с. 98]. Они получены с помощью обобщенной нейронной регрессионной сети (GRNN), которая решает задачи определения регрессий путем аппроксимации различных функций (рис. 5).

Для описания работы названной нейронной сети вначале предположим, что имеется обучающая выборка $((x^1, y^1), (x^2, y^2), \dots, (x^N, y^N))$ (пары данных «вход-выход»), которая генерируется неизвестной функцией $F(x)$, искаженной шумом. Задача аппроксимации с помощью сети состоит в нахождении оценки неизвестной функции $F(x)$ и определения ее значений в других точках [4, с. 78; 5, с. 20].

GRNN-сеть копирует внутри себя все обучающие наблюдения и использует их для оценки отклика в произвольной точке (1). Окончательная выходная оценка эмпирической зависимости в искусственной нейронной сети получается [5, с. 20] как взвешенное среднее выходов по всем обучающим наблюдениям:

$$y = \frac{\sum_{k=1}^N y^k \cdot \varphi \left(\frac{\|X - X^k\|}{\sigma} \right)}{\sum_{k=1}^N \varphi \left(\frac{\|X - X^k\|}{\sigma} \right)}, \quad (1)$$

где X^k, y^k – точки обучающей выборки.

Таким образом, искусственная нейронная сеть GRNN позволяет по эмпирическим данным обобщить модели развития:

- отдельного инновационного проекта;
- множества инновационных проектов анализируемого поколения техники и технологий;
- процессов диффузии новых технологий.

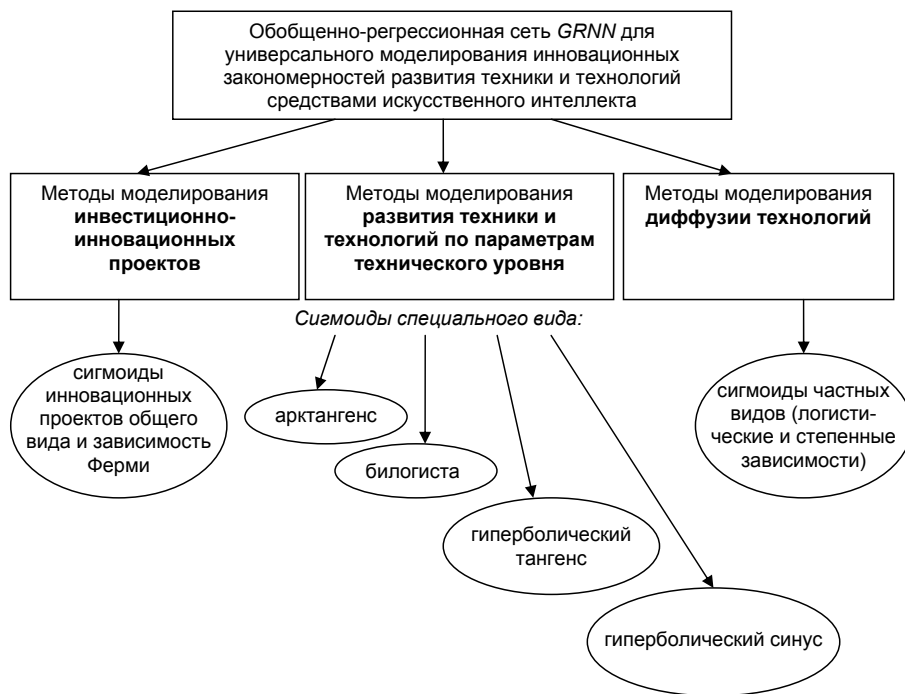


Рис. 5. Виды сигмоид и их применение в нейронных сетях

Для «сглаживания» значений параметров анализируемых инновационных проектов можно использовать гладкие монотонные нелинейные S-образные функции в виде сигмоид [10, с.31]. Ранее в научной литературе по инновационной деятельности под сигмоидом чаще всего понимали только логистическую функцию развития техники и технологий. В данной публикации показано, что применявшиеся ранее логистические закономерности – это только частные случаи локальных логистических зависимостей Фишера-Прая, Перла, Морриса и других зарубежных авторов [8, с.159]. Логистическая функция или логистическая кривая – это сигмоидальная S-образная кривая [15, с.55], изображенная на рис. 6. Она моделирует кривую роста вероятности некоего события по мере изменения управляемых параметров развития.

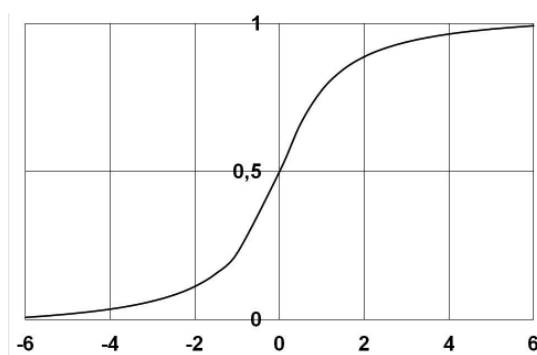


Рис. 6. Логистическая функция (сигмоида) общего вида

Простейшая логистическая функция может быть описана формулой:

$$P(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}}, \quad (2)$$

где переменную P можно рассматривать как численность некоторых объектов (изделий, технологий, численности людей и т.д.), а переменную t — как время. Хотя область допустимых значений t совпадает с множеством всех действительных чисел от минус до плюс бесконечности, практически, из-за сущностной природы показательной функции $\exp(-t)$, достаточно вычислить значения только в сравнительно узком интервале.

Логистическую функцию в общем виде можно также представить как решение простого нелинейного дифференциального уравнения первого порядка (3). Это уравнение, также известное как уравнение Ферхюльста (по имени впервые сформулировавшего его бельгийского математика), изначально появилось при рассмотрении модели роста численности населения, имеет вид:

$$\frac{dP}{dt} = P \cdot (1 - P), \quad (3)$$

где P — переменная, зависящая от времени t и с граничным условием $P(0) = 1/2$.

Решение этого уравнения позволяет получить две наиболее распространенных формы записи логистической зависимости после интегрирования (4 и 5):

$$P(t) = \frac{e^t}{e^t - e^c}, \quad (4)$$

или (выбирая постоянную интегрирования):

$$P(t) = \frac{e^t}{1 + e^t}. \quad (5)$$

Логистическая сигмоидальная функция тесно связана с гиперболическим тангенсом следующим соотношением (6 и 7):

$$2 \cdot P(t) = 1 + \tanh\left(\frac{t}{2}\right). \quad (6)$$

Функция гиперболического тангенса с использованием экспоненциальной записи [5, с.4; 15, с.86] выглядит следующим образом:

$$f(s) = th \frac{s}{\alpha} = \frac{e^{\frac{s}{\alpha}} - e^{-\frac{s}{\alpha}}}{e^{\frac{s}{\alpha}} + e^{-\frac{s}{\alpha}}}, \quad (7)$$

где α – эмпирический коэффициент.

В семейство функций класса сигмоид также входят такие функции, как арктангенс, гиперболический тангенс [5, с.4] и другие функции подобного вида (8 и 9), например:

1) функция Ферми (экспоненциальная сигмоида) имеет следующий вид:

$$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-2\alpha \cdot s}}. \quad (8)$$

2) рациональная сигмоида:

$$f(s) = \frac{s}{|s| + \alpha}. \quad (9)$$

В приложении к реализации инновационных проектов названные теоретические положения и функции находят свое применение в виде специальных закономерностей инновационной деятельности. Рассмотрим их подробнее.

На основе установленных законов инноватики можно осуществлять управление техническим (технологическим) перевооружением и реконструкцией производственных подразделений (цех/корпус/участок) на протяжении жизненного цикла технологической системы по схеме «точно в срок» и «в пределах сметы». Это необходимо для исключения срыва сроков и ситуаций превышения сметы затрат, проиллюстрированных (рис. 7) для инновационных проектов, в которых не используются методы математического моделирования для управления инновационными проектами.

Применение представленных научных результатов в системе непрерывной реконструкции (технологического перевооружения) производства позволяет построить долгосрочную стратегию развития (модернизации) предприятия с помощью автоматизированной системы технической подготовки производства (АСТПП) по CALS-технологии.

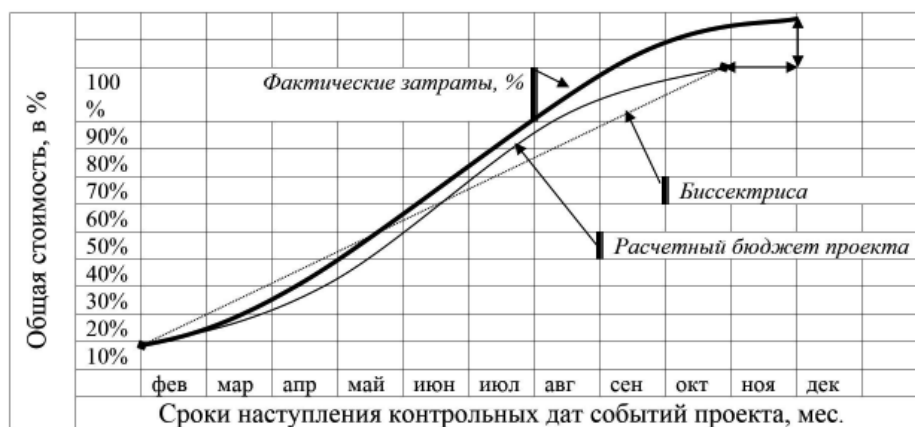


Рис. 7. Модифицируемый график изменения стоимости проекта и хода его расписания для выполнения инновационного проекта «точно в срок» и «в пределах сметы»

Для решения данной задачи установлено, что математический вид эмпирических кривых «освоения технологий» с достаточной точностью описывают названные выше алгебраические решения (10) дифференциального уравнения Ферхюльста (рис. 8):

$$S = S(t) = \frac{KP \cdot e^{rt+x}}{K + P \cdot e^{rt+x}} + y. \quad (10)$$

Установленные закономерности для автоматизации управления инновационными проектами технического перевооружения в АСТПП являются новыми и ранее не исследованными. Они могут быть использованы в качестве основы для математического моделирования и управления инновационными проектами технического (технологического) перевооружения машиностроительного производства.

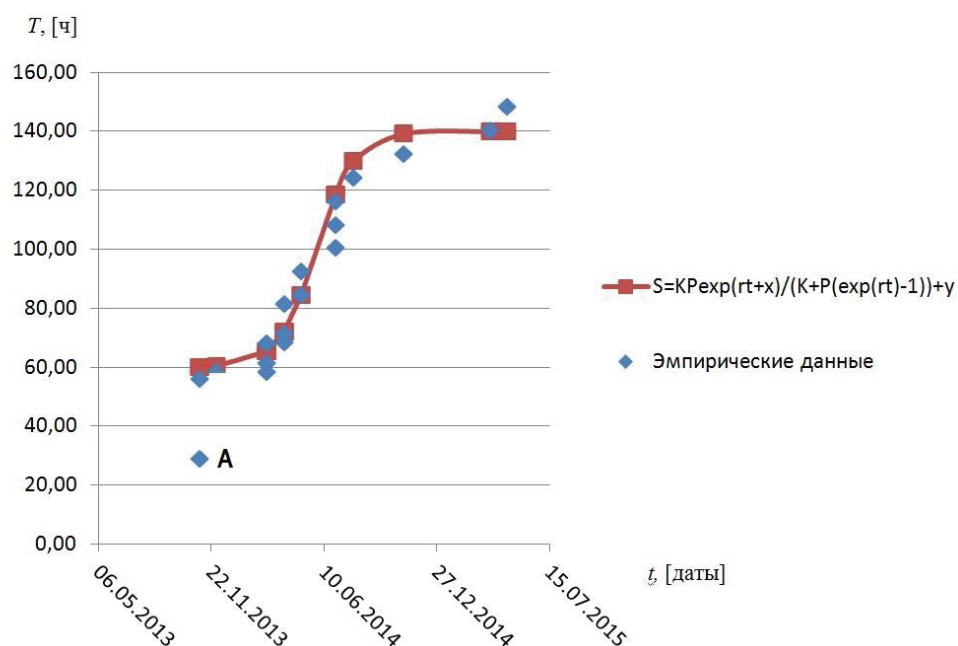


Рис. 8. График ввода мехатронного станочного оборудования (монтажа и отладки технологического комплекса на базе многоцелевых обрабатывающих центров Hermle C60)

Точка А — это особая точка, не связанная с исполнением проектной документации, а обозначающая только подготовку организационно-распорядительных документов

В ходе математического моделирования также установлено, что на основании полученных эмпирических S-образных уравнений в виде решений дифференциальных уравнений Ферхюльста (рис. 8) можно обосновать и разработать каскадный метод решения интегральных уравнений Вольтерра, который позволяет определить не только границы переходного процесса технического (технологического) перевооружения производственного подразделения (участка, цеха, производственного корпуса), обеспечивающего прирост производственной мощности для постановки на производство новой продукции (изделий, продуктовых инноваций), но и рассчитать интервал ($t_{\min}$, $t_{\max}$) для управления инновационным проектом технологического перевооружения производства в целом.

Разработка на основе применения законов инноватики специальных закономерностей инновационного проектирования, кроме сказанного, позволила также установить другие специальные закономерности инновационного проектирования. Так сопоставительный анализ инвестирования отдельно взятого инновационного проекта (рис. 9) позволил установить лучшие результаты по использованию функции Ферми в сравнении с логистической зависимостью для управления проектом.

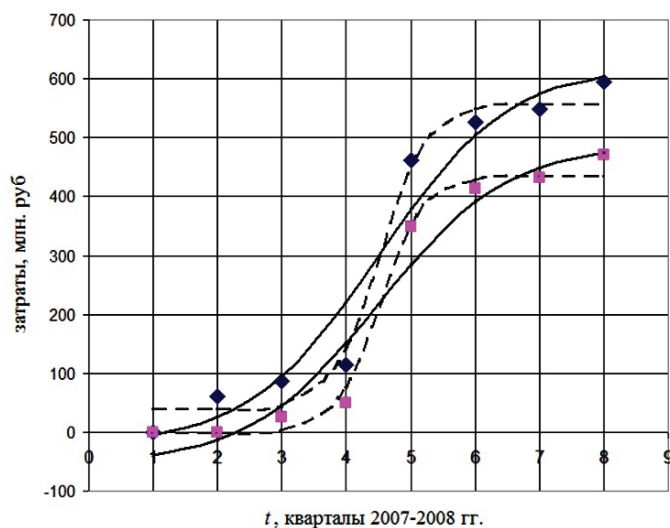


Рис. 9. Изменение затрат инновационно-инвестиционного проекта

Полученные по статистическим данным на рис. 9 сигмоидальные закономерности подчиняются следующим уравнениям регрессии:

а) логистическая кривая суммарных отчислений:

$$F(t) = \frac{647,024}{1 + e^{-(t-4,5)}} - 24,236, \quad (11)$$

$$R^2 = 0,9547;$$

б) логистическая кривая бюджетных отчислений имеет вид:

$$F(t) = \frac{545,602}{1 + e^{-(t-4,5)}} - 55,435, \quad (12)$$

$$R^2 = 0,9465;$$

в) функция Ферми суммарных отчислений имеет вид:

$$F(t) = \frac{517,793}{1 + e^{-21,38 \cdot (t-4,5)}} + 38,652, \quad (13)$$

$$R^2 = 0,9865;$$

г) функция Ферми бюджетных отчислений:

$$F(t) = \frac{435,083}{1 + e^{-21,494 \cdot (t-4,5)}} - 1,638, \quad (14)$$

$$R^2 = 0,9901.$$

Как видно из представленных уравнений, функция Ферми обладает лучшей сходимостью в сравнении с логистической функцией общего вида, поэтому она является более рациональной для использования в задачах графического отображения и обоснования инновационных проектов.

Анализ второго класса задач инновационного проектирования (рис. 5) по использованию методов моделирования развития техники и технологий по параметрам технического уровня также показывает на меньшую предпочтительность логистических зависимостей для анализа инновационных проектов. Сказанное также подтверждает системный анализ применения законов инноватики для обоснования закономерностей развития самолетов и авиационных двигателей [7, с. 31].

Заключение

Установлено, что в современной рыночной экономике основная часть прироста внутреннего валового продукта за длительные промежутки времени не может быть объяснена только увеличением объема труда либо капитала – ее следует приписать роли инновационной деятельности. Для долговременного экономического роста регулирование инновационной деятельности на основе знания научных законов и закономерностей инноватики имеет не меньшее значение, чем только регулирование инвестиций или численности работающих.

Выше мы неоднократно ссылались на научные *законы инноватики* (смены технологических укладов, эволюционного развития технических систем, смены поколений техники и технологий; диффузии конкурентоспособных технологий); *закономерности* (развития критических и высоких технологий, научных теорий технологического перевооружения, автоматизации); *зависимости и математические модели* инновационного проектирования. Этот ряд главных блоков фундамента инноватики как науки пополняется новыми частными законами и закономерностями, которые основываются на теоретических обобщениях фактов реализации различных инновационных проектов и новых зависимостей инновационной деятельности.

Управление инновационными процессами на основе использования установленных в данном издании научных законов и закономерностей инноватики предусматривает целенаправленное воздействие науки на всю хозяйственную среду с целью повышения ее инновационной активности для обеспечения ускоренного развития всех сфер инновационной деятельности для достижения быстрого прогресса и процветания государства и общества.

Обобщая изложенное можно утверждать, что теоретическое обобщение научных законов и закономерностей инновационной деятельности, выполненное в данной публикации, позволяет внести значимый вклад в формирование новой науки – «Инноватики».

Список литературы

1. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С.Ю. Глазьев. М.: ВладДар, 1993. 310 с.
2. Дьяконов, В.П. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. 456 с.
3. Кук Д. Компьютерная математика / пер. с англ. Г.М. Кобелькова / Д. Кук. М.: Наука, 1991. 383 с.
4. Петров В.К. Устойчивость государства / В.К. Петров, С.Г. Селиванов. М.: ЗАО «Издательство Экономика», 2005. 491 с.
5. Поезжалова С.Н. Управление развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении / С.Н. Поезжалова, С.Г. Селиванов // Технология машиностроения, 2011. № 6(108). С. 31–37.
6. Селиванов С.Г. Инноватика: учебн. для вузов. 3-е изд. / С.Г. Селиванов, М.Б. Гузаиров, А.А. Кутин. М.: Машиностроение, 2013. 640 с.

7. Селиванов С.Г. Методы и модели управления сменой технологических укладов в системе научно-технологической подготовки производства / С.Г. Селиванов, О.Ю. Панышина // Вестник УГАТУ, 2010. Т. 14. № 1(36). С. 74–79.
8. Селиванов С.Г. Нейронечеткий метод управления развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении / С.Г. Селиванов, С.Н. Поезжалова // Инновации, 2011. № 10. С. 98–104.
9. Селиванов С.Г. Законы и закономерности инноватики / С.Г. Селиванов. Saarbrücken. Detschland: Palmarium Academic Publishing, 2016. 180 p. (Германия).
10. Селиванов С.Г. Системотехника инновационной подготовки производства в машиностроении / С.Г. Селиванов, М.Б. Гузайров. М.: Машиностроение, 2012. 568 с.
11. Теория организации / под ред. Алиева В.Г. М.: ЗАО «Издательство Экономика», 2003. 431 с.
12. Хэй Д. Теория организации промышленности. В 2 т. / пер. с англ. под ред. А.Г. Слущкого / Д. Хэй, Д. Моррис. СПб.: Экономическая школа, 1999. Т. 1. 384 с.
13. Шипачев В.С. Высшая математика: учебн. для вузов. 4-е изд. / В.С. Шипачев. М.: Высшая школа, 1998. 479 с.
14. Sahal D. Patterns of Technological Innovation / D. Sahal. New York University, 1981. 366 p.
15. Selivanov S.G. Neural–Fuzzy management Method of Development of High and Critical Technologies in Engine–Building Manufacture / S.G. Selivanov, S.N. Poezhalova. CSIT–2010 Proceedings of the 12th International Workshop on Computer Science and Information Technologies. Russia. Moscow – St.Peterburg. September 13–19, 2010. Vol. 1. p. 102–107.

References

1. Glazyev S.Yu. (1993) *Teoriya dolgosrochnogo tekhniko-ekonomicheskogo razvitiya* [Theory of long-term technological and economic development] *VlaDar* [Vladar]. Moscow. P. 310.
2. Dyakonov V.P., Kruglov V.V. (2006) *MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP2 + Simulink 5/6. Instrumenty iskusstvennogo intellekta i bioinformatiki. Pod red. V.P. D'yakonov, V.V. Kruglov* [MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP2+Simulink 5/6. Tools of artificial intelligence and bioinformatics] *SOLOON-PRESS* [SOLOON-PRESS]. Moscow. P. 456.
3. Cook D. (1991) *Komp'yuternaya matematika. Per. s angl. G.M. Kobel'kova. Red. D. Kuk* [Computer mathematics. Translation from English by G.M. Kobelkov. Ed. D. Kuk] *Nauka* [Science]. Moscow. P. 383.
4. Petrov V.K., Selivanov S.G. (2005) *Ustoychivost' gosudarstva. Red. V.K. Petrov, S.G. Selivanov* [Stability of the state. Ed. V.K. Petrov, S.G. Selivanov] *ZAO «Izdatel'stvo Ekonomika»* [CJSC «Publishing House Economics»]. Moscow. P. 491.
5. Poezhalova S.N., Selivanov S.G. (2011) *Upravlenie razvitiem vysokikh i kriticheskikh tekhnologiy v aviadvigatelestroenii. Red. S.N. Poezhalova, S.G. Selivanov* [Managing the development of high and critical technologies in Aero engines. Ed. S.N. Poezhalova, S.G. Selivanov] *Tekhnologiya mashinostroeniya* [Industrial and manufacturing engineering]. No. 6 (108). Pp. 31–37.
6. Selivanov S.G., Guzairov M.B., Kutin A.A. (2013) *Innovatika: uchebn. dlya vuzov. 3-e izd. Red. S.G. Selivanov, M.B. Guzairov, A.A. Kutin* [Innovation: Textbook for Universities. 3rd ed. S.G. Selivanov, M.B. Guzairov, A.A. Kutin] *Mashinostroyeniye* [Machine Building]. Moscow. P. 640.
7. Selivanov S.G., Panchina O.Y. (2010) *Metody i modeli upravleniya smenoy tekhnologicheskikh ukladov v sisteme nauchno-tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva. Red. S.G. Selivanov, O.Yu. Pan'shina* [Methods and models for managing technological disruptions in the system of scientific-technological preparation of manufacture. Ed. S.G. Selivanov, O.Yu. Pan'shina] *Vestnik UGATU* [Herald of USATU]. Vol. 14. No. 1(36). Pp. 74–79.
8. Selivanov S.G., Poezhalova S.N. (2011) *Neyronechetkiy metod upravleniya razvitiem vysokikh i kriticheskikh tekhnologiy v aviadvigatelestroenii. Red. S.G. Selivanov, S.N. Poezhalova* [Neuron-fuzzy control method with the development of high and critical technologies in aircraft engine. Ed. S.G. Selivanov, S.N. Poezhalova] *Innovatsii* [Innovatics]. No. 10. Pp. 98–104.
9. Selivanov S.G. (2016) *Zakony i zakonomernosti innovatiki* [Laws and laws of innovation]. Palmarium Academic Publishing. Saarbrücken. Detschland. P. 180.

10. Selivanov S.G., Guzairov M.B. (2012) *Sistemotekhnika innovatsionnoy podgotovki proizvodstva v mashinostroenii*. Red. S.G. Selivanov, M.B. Guzairov [System Engineering of innovative training in production engineering. Ed. S.G. Selivanov, M.B. Guzairov] *Mashinostroenie* [Engineering]. Moscow. P. 568.
11. *Teoriya organizatsii*. Pod red. Alieva V.G. [Organization theory (2003) Ed. by Alyiev V.G.] ZAO «Izdatel'stvo Ekonomika» [JSC «Publishing House Economics»]. Moscow, 2003. P. 431.
12. Hey D., Morris D. (1999) *Teoriya organizatsii promyshlennosti. V 2 t. Per. s angl. Pod red. A.G. Slutskogo, D. Khey, D. Morris* [Theory of industrial organization. In 2 V. Transl. from English. Ed. by A.G. Slutsky] *Ekonomicheskaya shkola* [Economic school]. St. Petersburg. Vol. 1. P. 384.
13. Shipachev V.S. (1998) *Vyshshaya matematika: uchebn. dlya vuzov. 4-e izd.* [The Higher mathematics: Textbook for Universities. 4th] *Vyshshaya shkola* [Higher school]. Moscow. P. 479.
14. Sahal D. (1981) New York University Patterns of Technological Innovation. New York University. P. 366.
15. Selivanov S.G., Poezzhalova S.N. (2010) Neural–Fuzzy management Method of Development of High and Critical Technologies in Engine-Building Manufacture. CSIT–2010 Proceedings of the 12th International Workshop on Computer Science and Information Technologies. Russia. Moscow – St. Petersburg. September 13.19.2010. Vol. 1. pp. 102–107.

ИННОВАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ МОЛОДЕЖИ В СОЦИАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА РЕАЛИЗАЦИИ МОЛОДЕЖНОЙ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

Т.С. Демченко, доц. каф. Российского государственного социального университета, канд. социол. наук, доц., tstarshinova@mail.ru

М.В. Демченко, доц. ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», канд. юрид. наук, доц., MVDemchenko@fa.ru

В статье рассматриваются результаты исследования инновационных форм вовлечения молодежи в социальный контроль процесса реализации молодежной кадровой политики в системе управления производственными и иными организациями. На основе обобщения знаний, изложенных в научной литературе, и результатов конкретного социологического исследования установлено, что наиболее применяемыми формами деятельности молодежи в процессе социального контроля реализации молодежной кадровой политики являются: обращение к руководству организации с претензиями по поводу нарушения прав и законных интересов персонала; вовлечение молодежи в общественное обсуждение проектов нормативных правовых документов, регулирующих деятельность организаций; обращение в суд с исками к организации; участие в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях по отстаиванию своих прав.

Keywords: молодежная кадровая политика, социальный контроль, молодежь, протестные мероприятия.

INNOVATIVE FORMS OF YOUTH INVOLVEMENT IN SOCIAL CONTROL OF YOUTH PERSONNEL POLICY IMPLEMENTATION IN THE SYSTEM OF ORGANIZATIONS MANAGEMENT

T.S. Demchenko, Associate Professor, Russian State Social University, Doctor of Sociology, tstarshinova@mail.ru

M.V. Demchenko, Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, Doctor of Law, MVDemchenko@fa.ru

The article deals with the results of the study of innovative forms of youth involvement in the social control of the process of implementation of youth personnel policy in the management of industrial and other organizations. On the basis of generalization of the knowledge stated in the scientific literature and results of concrete sociological research it is established that the most applied forms of activity of youth in the process of social control of implementation of youth personnel policy are: the address to the management of the organization with claims concerning violation of the rights and legitimate interests of the personnel; involvement of youth in public discussion of projects of the regulatory legal documents regulating activity of the organizations; the appeal to court with claims to the organization; participation in rallies, strikes and other protest events to defend their rights.

Keywords: youth personnel policy, social control, youth, protest actions.

Важнейшим условием успешного развития современных производственных и иных коллективов является разработка и реализация организационной молодежной кадровой политики [12, с. 135]. Анализ нормативных правовых документов позволяет констатировать, что

современная модель молодежной кадровой политики базируется на взаимной ответственности государства и молодежи, на признании молодых людей участниками ее формирования и реализации, содержит установку на всестороннее развитие инновационных отношений с молодежью.

Результаты наблюдения социальной практики показывают, что в настоящее время производственные и иные организации находятся в состоянии конкурентной борьбы за высококвалифицированных молодых специалистов, где преимущество получают те из них, которые реализуют эффективную молодежную кадровую политику [3, 4, 6]. Как показывает практика, эта проблема успешно решается, если задействовать инновационные формы социального (общественного) контроля реализации молодежной кадровой политики в системе управления организациями.

Социальный контроль — обязательный элемент алгоритма управленческого процесса. Его сущность представлена в ст. 3 Конституции РФ, в которой определено, что «1. Носителем суверенитета и единственным источником власти в Российской Федерации является ее многонациональный народ. 2. Народ осуществляет свою власть непосредственно, а также через органы государственной власти и органы местного самоуправления. 3. Высшим непосредственным выражением власти народа являются референдум и свободные выборы. 4. Никто не может присваивать власть в Российской Федерации. Захват власти или присвоение властных полномочий преследуются по федеральному закону».

Как видно, основной закон РФ указывает народу на «осуществление своей власти непосредственно». Одной форм «осуществления власти непосредственно» и есть общественный (социальный) контроль. В настоящее время функции этого социального феномена регламентирует Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 212-ФЗ «Об основах общественного контроля в Российской Федерации».

Как известно, теория социального контроля начала интенсивно разрабатываться в конце XIX века благодаря научному труду Г. Тарда «Коммуникация и социальное влияние». Ученый ввел данное понятие и определил его как «средство, инструмент возвращения лиц с антиобщественным поведением к общественно значимой деятельности, к поведению, соответствующему общепринятым социальным нормам» [5, р. 256]. Очевидно, что исследователь предложил рассматривать социальный контроль лишь как способ профилактики девиаций в обществе, но уже этим он заложил основу теории участия всех граждан в системе управления как организацией, так и государством в целом, мотивировал своих последователей на дальнейшую разработку содержания этого общественного феномена, которая продолжается и в наше время. В современной научной литературе учеными рассматриваются формы социального контроля применительно к регулирующей деятельности в различных сферах общественной жизни, в том числе и в области управления социальными организациями [1, 2], отмечается значимость социального контроля в трудовой сфере в условиях повышения уровня конкуренции на рынке труда [3, 4, 6].

Социальный контроль является системным элементом процесса управления всеми общественными явлениями (процессами), обеспечивает обратную связь субъекту управляющего воздействия, коррекцию его деятельности на основе регулярного предоставления информации. Социальный контроль молодежной кадровой политики в производственной и иной организациях служит основой выявления проблемных зон в отношениях руководства с молодыми сотрудниками, что позволяет разрабатывать эффективные механизмы для создания благоприятных условий развития начинающих трудовую деятельность специалистов [8, с. 18], непрерывно улучшать условия их труда и самосовершенствования [7, с. 15; 8, с. 17]. Безусловно, в процесс формирования молодежной кадровой политики, учитывая изменения в общественных отношениях под воздействием глобализации и информатизации, необходимо разрабатывать и внедрять инновационные технологии [9, с. 868]. Это утверждение в настоящее время приобретает весьма значительную актуальность, т. к. от содержания данного

феномена зависит выживаемость организации [1, 2, 10, 11]. Очевидно, что есть и объективная потребность в четко выстроенной модели активизации самой молодежи с целью повышения уровня эффективности использования ее потенциала. Эту задачу решает участие молодежи в общественном контроле всех ветвей власти.

Основная часть

Исследование инновационных форм вовлечения молодежи в социальный контроль процесса реализации молодежной кадровой политики в системе управления организациями проводилось с использованием комплекса социологических методов, методов статистического анализа: анкетный опрос (с использованием онлайн сервиса Google Форма и программного пакета SPSS Statistics 23); содержательный анализ документов; опрос экспертов, контент-анализ; регрессионный анализ. Результаты исследования систематизировались и подготавливались к визуализации методами математической обработки данных.

Эмпирическое исследование проводилось на базе производственных и иных организаций Московского региона ($N=23$). Генеральная совокупность составила 12560 человек; выборочная – 400 человек. Ошибка выборки – 4,76 %, доверительная вероятность – 95 %.

При формировании обследуемой части респондентов использовалась многоступенчатая выборка, выполненная на основе поэтапного отбора. На первом этапе с помощью кластерной выборки происходил отбор организаций г. Москвы и Московской области. На втором – квотной выборкой производился отбор сотрудников, работающих в организациях. Квотными признаками были: пол, возраст, заработная плата респондентов. Процедура ремонта выборки – стандартная. Характеристика выборки: средний возраст – 29,8 лет; женщин (86 %), мужчин 14 %; средняя заработная плата – 39000 руб. Была осуществлена качественная проверка выборки. Так было определено, что 41,3 % респондентов считали, что их участие в подобных исследованиях будет полезно для совершенствования молодежной кадровой политики; дали отрицательный ответ – 22,4 %; затруднились с ответом – 36,3 %. Как видно по качеству ответов, в выборке были представлены люди, мотивированные на изменение организационной кадровой политики средствами общественного давления на власть.

В исследовании приняли участие 9 экспертов.

Априори, российская общественная среда, в которой в настоящее время находятся организации, в ходе достижения стратегических целей обязывает их своевременно выявлять опасные кадровые тенденции. Эту задачу можно успешно решить с помощью комплексного анализа современной практики, рынка труда, конкуренции, законодательной базы, а также исследованием общественного мнения агентов социального контроля (сотрудников организаций).

Результаты опроса экспертов [$N=9$] показали, что наиболее действенными формами социального (общественного) контроля реализации молодежной кадровой политики являются: обращение к руководству организации с претензиями по поводу нарушения прав и законных интересов персонала; вовлечение молодежи в общественное обсуждение проектов нормативных правовых документов, регулирующих деятельность организаций; обращение в суд с исками к организации; участие в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях по отстаиванию своих прав.

Эти формы, интерпретированные как показатели, были использованы в разработке инструментария исследования: анкет, бланков экспертных опросов, ключевых слов для контент-анализа материалов периодических изданий, научной литературы.

Как показали результаты наблюдения практики, контент-анализ материалов печати, в настоящее время наиболее эффективной формой неформального социального контроля реализации молодежной кадровой политики в системе управления организациями является применение протестных действий. Открытый или скрытый протест населения (молодежи) – показатель утраты доверия к законодательной, судебной и исполнительной властям.

Очевидно, что протестное мероприятие мобилизует руководителя организации на рациональную и плодотворную деятельность лучше, чем любое принуждение.

Результаты исследования показали на низкий уровень организованности и активности в самозащите молодежи в организационной социальной среде. Например, 73,68 % респондентов никогда не обращались к руководству организации с претензиями по поводу очевидного нарушения их прав и законных интересов. Лишь 1/5 часть из числа опрошенных сообщила руководству о своем недовольстве нарушением их законных прав (рис. 1).

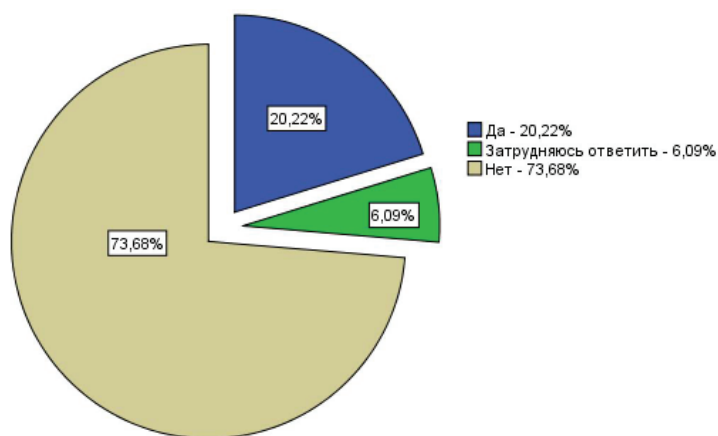


Рис. 1. Результаты опроса респондентов на вопрос: «Обращались ли Вы к руководству организации с претензиями по поводу нарушения Ваших прав и законных интересов?»

Результаты проведенного исследования показали, что такие обращения в настоящее время являются наиболее применяемой формой вовлечения молодежи в неформальный социальный контроль.

В судебные органы с исками к организации обращались только 3 % из респондентов, а остальные никогда не делали этого (рис. 2.)

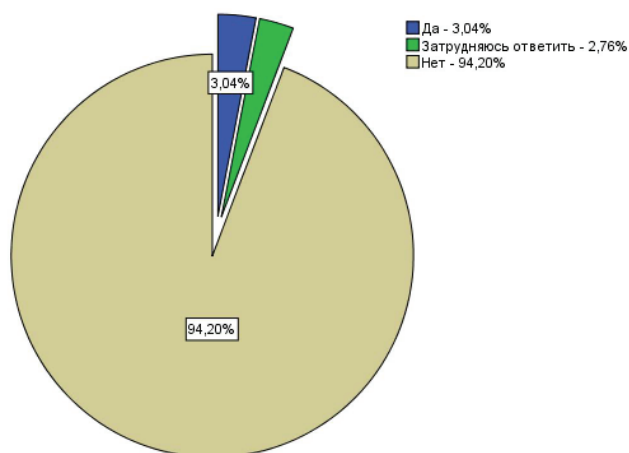


Рис. 2. Результаты ответов респондентов на вопрос: «Обращались ли Вы в судебные органы с исками к организации, в которой сейчас работаете, или к организациям, в которых когда-либо работали?»

Очевидно, что указанные формы вовлечения молодежи в протестный неформальный социальный контроль в настоящее время применяются ограниченно, однако существуют много факторов, которые могут активизировать их применение. Например, таковыми являются: несовершенство кадровой политики в организации; пробелы в законодательстве, образующиеся из-за ошибок законодателя; изменения в организационной структуре организации, обусловленные сложными внешними условиями современной российской практики; несовершенство системы стимулирования персонала и другие.

Значимость действенности инновационных (протестных) форм социального контроля молодежной кадровой политики изучалось также и по показателю «участие в митингах, забастовках и других мероприятиях по отстаиванию своих прав в процессе реализации молодежной кадровой политики». Результаты опроса показали, что в таких мероприятиях участвовали лишь 2,5% респондентов (рис. 3).

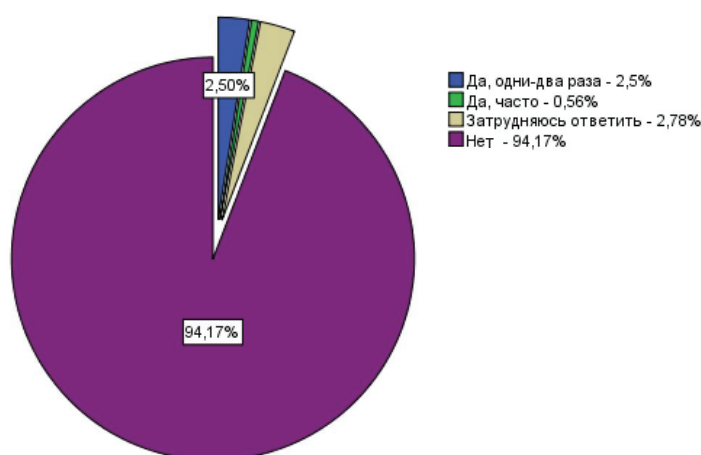


Рис. 3. Результаты ответов респондентов на вопрос: «Участвовали ли Вы когда-либо в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях по отстаиванию своих прав в процессе реализации молодёжной кадровой политики?»

Регрессионный анализ результатов исследования (см. таб. 1) позволил определить и показать линейную зависимость между двумя переменными: независимая — количество участников в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях (независимая переменная); зависимая — количество участников в таких мероприятиях по отстаиванию своих прав в сфере кадровой политики в системе управления организациями.

В рассматриваемом примере уравнение регрессии имеет вид (1 и 2):

$$y = a + b \cdot x, \quad (1)$$

$$y = 2,229 + 0,260 \cdot x. \quad (2)$$

Построенная регрессионная модель предсказывает, что увеличение числа недовольных граждан и увеличение численности участников в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях в различных социальных сферах на 100 чел. влечет за собой увеличение количества участников в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях по отстаиванию прав по реализации молодежной кадровой политики в системе управления организациями на 28 чел. (3)

$$y = 2,229 + 0,260 \times 100 = 28,229. \quad (3)$$

Таблица 1

Линейная зависимость между двумя переменными — зависимой и независимой

Коэффициенты регрессионного анализа					
Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Значимость
	B	Стандартная ошибка	Бета		
(Константа)	2,229	0,093		23,997	0,000
Участие в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях в различных социальных сферах	0,260	0,032	0,399	8,207	0,000
Зависимая переменная: участие в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях по отстаиванию прав по реализации молодежной кадровой политики в системе управления организациями?					

Как видно из уравнения, увеличение числа недовольных граждан и увеличение численности участников митингов, забастовок и других протестных мероприятий в различных социальных сферах на 100 человек обуславливает увеличение количества участников в митингах, забастовках и других протестных мероприятиях по отстаиванию прав в сфере реализации молодежной кадровой политики в системе управления организациями на 28 чел. (3).

Если экстраполировать полученное значение на все население региона (около 19,8 млн человек), с учетом стандартной ошибки коэффициентов (0,093 и 0,032, см. табл. 1), которые дают оценку точности для выявленных коэффициентов (2) при переносе результатов анализа с выборки на генеральную совокупность, то можно сделать вывод о значительной озабоченности молодежи своими перспективами в кадровой политике организаций. Как видно, на генеральной совокупности полученные коэффициенты регрессии (2,229 и 0,260) будут варьироваться в пределах плюс/минус 0,093 и 0,032, соответственно (4) и (5).

$$a = 2,229 \pm 0,093, \quad (4)$$

$$b = 0,260 \pm 0,032. \quad (5)$$

Очевидно, что повышение общей активности российских граждан ведет к значительной активизации молодежи в отстаивании своих прав в кадровой политике в системе управления организациями.

Минимизировать частоту применения протестных форм неформального социального контроля можно с помощью вовлечения молодежи в общественное обсуждение проектов законодательных актов (приказов, постановлений, федеральных законов и других документов, регулирующих деятельность организации). В настоящее время в такой деятельности участвуют только около 13 % респондентов.

Анализ результатов анкетного опроса, показал, что причины, по которым респонденты не принимали участие в общественном обсуждении проектов законодательных актов, заключались в следующем:

- незнание такой возможности — 24,3 %;
- не интересует общественная деятельность — 26,8 %;
- не интересуют изменения в данной области — 5,7 %.

Затрудились с ответом — 34,2 %, дали другой вариант ответа — 9 %.

Эти результаты свидетельствуют о неэффективности работы государственных структур с молодежью, что обуславливает потребность в их совершенствовании.

Полученные результаты указывают, что значительное количество молодых специалистов может быть в ближайшее время вовлечено в применение неформальных санкций, выраженных в протестных формах социального контроля.

Выводы

На основании анализа результатов проведенного эмпирического исследования можно сделать следующие выводы об инновационных формах вовлечения молодежи в социальный контроль реализации молодежной кадровой политики в системе управления организациями:

1. Управления современными организациями в работе с молодыми кадрами мало уделяют внимания протестным формам социального контроля кадровой политики, что в современных экономико-политических условиях может быть опасным явлением.

2. Если в стране события будут развиваться по пессимистическому сценарию, который сегодня пытаются осуществить в России западные конкуренты, то без эффективной молодежной кадровой политики в ближайшее время будет значительный рост числа молодежи, участвующего в протестных мероприятиях, что осложнит политическую обстановку в стране, активизирует работу внешних и внутренних деструктивных сил.

3. Существующую систему работы с молодежью требуется рационализировать, для чего необходимо более совершенное законодательное и организационное обеспечение.

Список литературы

1. Gostev A.N., Demchenko T.S. Russian traditions in the system of student government // Russian education and society, 2014, № 4, T. 56. С. 3–26.
2. Gostev A.N., Demchenko T.S., Borisova E. Corruption in the system of higher education: Problems and ways to prevent them // Russian education and society, 2015, № 3, T. 57. С. 163–188.
3. Vinichenko M.V., Karácsony P., Demcheko T.S., Ilina I.Y., Makuchkin S.A. Improvement of youth personnel policy: Social inspection (2017) Eurasian Journal of Analytical Chemistry 2017 12(7b):1069-1077 DOI: 10.12973/ejac.2017.00232a ISSN: 1306-3057.
4. Demcheko T.S., Karácsony P., Ilina I.Y., Vinichenko M.V., Melnichuk A.V. Self-Marketing of Graduates of High Schools and Young Specialists in the System of Personnel Policy of the Organization Modern Journal of Language Teaching Methods (MJLTM) ISSN: 2251-6204.
5. Tarde G. On Communication and Social Influence. Chicago: The University of Chicago Press, 1969. P. 256.
6. Vinichenko M.V., Karácsony P., Demcheko T.S., Melnichuk A.V., Makuchkin S.A. Satisfaction of employees of Moscow region organizations by implementation of youth personnel policy (2017) Eurasian Journal of Analytical Chemistry 2017 12(5b):697-704 DOI 10.12973/ejac.2017.00203a ISSN: 1306-3057.
7. Гостев А.Н., Демченко Т.С. Проблемы качества электронного обучения: социологический взгляд // Социология образования. 2017. № 3. С. 4–21.
8. Виниченко М.В., Ушаков Д.С., Демченко Т.С. Контроль развития кадрового потенциала российских организаций: образование и трудоустройство молодых специалистов // Управление персоналом и Интеллектуальными ресурсами в России. 2017. № 5(32) / 2017. С. 16–20.
9. Демченко Т.С., Булей Н.В., Демченко М.В. Реализация молодежной кадровой политики организации: актуальность социального контроля // Экономика и предпринимательство. 2017. № 8 (ч. 2). С. 866–870.
10. Демченко Т.С., Демченко М.В., Ильина И.Ю. Развитие профессиональных компетенций с целью карьерного роста молодых специалистов в контексте социального контроля // Экономика образования № 06. 2017. С. 49–56.
11. Гостев А.Н., Демченко Т.С. Образовательная политика Российской Федерации: общественные механизмы разработки // Материалы Афанасьевских чтений. 2016. № 3 (16). С. 108–132.

12. Кириллов А.В., Демченко Т.С. Формирование кадрового потенциала в сфере молодежной политики: опыт РГСУ // Материалы Афанасьевских чтений. 2017. № 2 (19). С. 134–141.

References

1. Gostev A.N., Demchenko T.S. (2014) Russian traditions in the system of student government. Russian education and society. No. 4. T. 56. Pp. 3–26.
2. Gostev A.N., Demchenko T.S., Borisova E. (2015) Corruption in the system of higher education: Problems and ways to prevent them. Russian education and society. No. 3. T. 57. Pp. 163–188.
3. Vinichenko M.V., Karácsony P., Demcheko T.S., Ilina I.Y., Makuchkin S.A. (2017) Improvement of youth personnel policy: Social inspection (2017) Eurasian Journal of Analytical Chemistry 2017 12(7b):1069-1077 DOI: 10.12973/ejac.2017.00232a ISSN: 1306-3057.
4. Demcheko T.S., Karácsony P., Ilina I.Y., Vinichenko M.V., Melnichuk A.V. Self-Marketing of Graduates of High Schools and Young Specialists in the System of Personnel Policy of the Organization Modern Journal of Language Teaching Methods (MJLTM) ISSN: 2251-6204.
5. Tarde G. (1969) On Communication and Social Influence. Chicago: The University of Chicago Press. P. 256.
6. Vinichenko M.V., Karácsony P., Demcheko T.S., Melnichuk A.V., Makuchkin S.A. (2017) Satisfaction of employees of Moscow region organizations by implementation of youth personnel policy 2017 Eurasian Journal of Analytical Chemistry 2017 12(5b):697-704 DOI 10.12973/ejac.2017.00203a ISSN: 1306-3057.
7. Gostev A.N., Demchenko T.S. (2017) *Problemy kachestva elektronnoy obucheniya: sotsiologicheskiy vzglyad* [Problems of e-learning quality: sociological view] *Sotsiologiya obrazovaniya* [Sociology of education]. No. 3. Pp. 4–21.
8. Vinichenko M.V., Ushakov D.S., Demchenko T.S. (2017) *Kontrol' razvitiya kadrovogo potentsiala rossiyskikh organizatsiy: obrazovanie i trudoustroystvo molodykh* [Control of development of personnel potential of Russian organizations: education and employment of young professionals] *Upravlenie personalom i intellektual'nymi resursami v Rossii* [Management of personnel and Intellectual resources in Russia]. No. 5(32). Pp. 16–20.
9. Demchenko T.S., Buley N.I., Demchenko M.V. (2017) *Realizatsiya molodezhnoy kadrovoy politiki organizatsii: aktual'nost' sotsial'nogo kontrolya* [Implementation of youth personnel policy of the organization: the relevance of social control] *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and entrepreneurship]. No. 8 (part 2). Pp. 866–870.
10. Demchenko T.S., Demchenko M.V., Ilyina I.Y. (2017) *Razvitie professional'nykh kompetentsiy s tsel'yu kar'ernogo rosta molodykh spetsialistov v kontekste sotsial'nogo kontrolya* [Development of professional competences with the aim of career growth of young specialists in the context of social control] *Ekonomika obrazovaniya* [Economics of education]. No. 06. Pp. 49–56.
11. Gostev A.N., Demchenko T.S. (2016) Educational policy of the Russian Federation: public mechanisms of development. Materials of Afanasiev readings. No. 3(16). Pp. 108–132.
12. Kirillov A.V., Demchenko T.S. *Formirovaniye kadrovogo potentsiala v sfere molodezhnoy politiki: opyt RGSU* [Formation of personnel potential in the field of youth policy: experience of RSSU] *Materialy Afanas'evskikh chteniy* [Materials of Afanasiev readings]. 2017. No. 2(19). Pp. 134–141.

ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.Г. Выскуб, гл. научн. сотр. РИНКЦЭ, д-р техн. наук, проф., vyskub08@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы оценки научно-технической деятельности, ориентируясь на современные экспертные методы. Приводится опыт создания экспертных систем для некоторых приложений с использованием средств искусственного интеллекта. Показана актуальность дальнейшего развития информационных систем научно-технической экспертизы, автоматизации экспертного оценивания.

Ключевые слова: научно-техническая деятельность, экспертные методы, нечеткие отношения, аналитическая иерархия, искусственный интеллект, нейронные сети.

MODERN METHODS OF EXPERT EVALUATION OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL ACTIVITIES

V.G. Vyskub, Chief Researcher, SRI FRCEC, Ph. D., Professor, vyskub08@mail.ru

The article deals with the evaluation of scientific and technological activities, focusing on modern expert methods. The experience of creating expert systems for some applications using artificial intelligence tools is presented. The urgency of further development of information systems of scientific and technological expert examination, automation of expert evaluation is shown.

Key words: scientific and technological activity, expert methods, fuzzy relations, analytical hierarchy, artificial intelligence, neural networks.

Введение

Экспертные оценки получают все более широкое распространение во всех сферах человеческой жизни. В научно-технической сфере они связаны с задачами оценки проектов как на стадии конкурсных заявок на выделение грантов, субсидий, так и на стадии представления отчетных материалов о результатах научно-технической деятельности, экспертизы материалов заявок на изобретения, диссертаций и др. Инновационные результаты научно-технической деятельности имеют обычно межотраслевой многоаспектный характер и длительное использование. В этой связи представляют интерес состояние и перспективы развития экспертных методов оценивания научно-технической деятельности как инструмента воздействия на ускорение научно-технического и социального прогресса.

Анализ экспертных методов

Специфика экспертного оценивания научно-технической деятельности обуславливается многими особенностями. Среди них – необходимость применения как количественных, так и качественных оценок; несовершенство способов измерения качественных характеристик научно-технической и другой деятельности; неэффективность математических моделей принятия решений. Учитывая, что проявление результатов работы возможно не сразу, а спустя определенное время после ее завершения, может быть необходимым прогнозирование перспективности разработки, ее дальнейшего развития, реального внедрения, эффекта коммер-

циализации. В указанных случаях, когда информация для принятия решения имеет качественный характер, отсутствуют измерительные шкалы и формальные модели исследуемой системы, привлекаются эксперты. Информацию, не поддающуюся формализации, эксперт представляет в виде косвенных оценок в рамках собственных субъективных предпочтений.

В методическом отношении оценивания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКТР) широкое распространение получили весовые коэффициенты, которыми наделяются исследуемые объекты. Эти коэффициенты используются для непосредственного ранжирования альтернатив, а также для получения статистической информации о выполняемых работах определенного профиля. Оценка показателей может предусматривать выставление баллов по выбранной шкале, например, пятибальной. В случае многокритериальной оценки для определения обобщенного показателя оцениваемой работы суммируется количество баллов по каждому критерию, умноженному на коэффициент значимости этого критерия. При необходимости, с учетом специфики исследования, интегральная оценка корректируется. Увеличение числа баллов шкалы позволяет получить более «тонкие» оценки, выявить отличия в большем числе исследуемых объектов, но при этом более сложной становится процедура, возможно нарушение согласованности суждений.

Метод многокритериальной оценки и определения лучшей альтернативы [1] предлагает использовать 100-балльную шкалу. Для этого критерии упорядочивают по важности. Исходя из попарного сравнения критериев по важности, дается в баллах оценка каждому критерию, а затем производится нормировка весов критериев, разделив присвоенные баллы на сумму весов. После этого производится измерение каждой альтернативы по каждому из критериев по такой же количественной шкале. Общая оценка каждой альтернативы определяется, как взвешенная сумма баллов. Наибольшая общая оценка определяет лучшую альтернативу. Проверка чувствительности полученной оценки к изменению весов критериев дает возможность учесть неточности в весах критериев и внести необходимое корректировки [2].

Оценки альтернатив, а также весовые коэффициенты критериев устанавливают эксперты, опираясь на свои знания. Во многих случаях дать оценку в баллах не удастся. В общем случае конкретный вид информации, которая должна быть получена от экспертов, определяется поставленной задачей и выбранной шкалой оценки. Зачастую экспертам предлагаются для заполнения специально разработанные анкеты, по вопросам которых их просят высказаться, или таблицы, в каждом пункте которых они делают соответствующую выборку из нескольких представленных альтернатив.

В случае оценивания группой экспертов возникает вопрос согласованности оценок. Количественные меры согласованности мнений экспертов математически хорошо проработаны. Так, для оценки согласованности ранжирования группой экспертов часто используется коэффициент конкордации, рассматривающий оценки экспертов как случайные величины [3].

Опыт проведения экспертиз, в которых принимал участие автор, показывает разнообразие методических подходов в оценке НИОКТР. Так, экспертная анкета для проведения оценки комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства (по реализации постановления Правительства РФ от 09 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства, в рамках подпрограммы «Институциональное развитие научно-исследовательского сектора» государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы») включала оценку потенциала партнеров и влияния проекта на развитие научной кооперации, а также значимости и научно-технического потенциала проекта. Эксперту необходимо оценить значимость планируемых НИОКТР для создания конечной продукции или техноло-

гии, предлагаемой к производству или освоению. Оценивается соответствие проекта плану мероприятий по импортозамещению в соответствующей отрасли промышленности. Помимо извлечения и интерпретации определенных количественных показателей, как публикационная активность, финансовые, внедренческие, представленных в материалах, необходимо дать оценки, которые не имеют количественных измерений. Так, оценивается степень сложности научно-технической задачи соисполнителя НИОКТР по проекту в градациях: «поставлена сложная научно-техническая задача», «поставлена задача средней сложности», «поставлена простая задача» и др. Ответы эксперта, как «существенный», «достаточно высокий», «незначительный» в отношении оценки уровня работ, имеют явно субъективный характер, что выражается утверждениями качественного характера, хотя и проектируются на бальную шкалу.

Экспертная оценка заявок на получение финансовой поддержки проектов в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» включала оценку соответствия проекта приоритетным направлениям федеральных целевых программ (ФЦП) и его задела комплексному характеру проекта. Для этого эксперту необходимо не только выставить оценку по каждому показателю в поле экспертной анкеты, но и обосновать свою позицию. Существенно, что для лица, принимающего решение (ЛПР) важны не просто баллы, но и аргументация эксперта. Комментарии предусматривают ответы на конкретные вопросы, которые могут выходить за обозначенные рамки, в частности, критические суждения о достоверности приводимых данных. Общее итоговое заключение и вывод эксперта обобщают сделанные комментарии и оценки.

Экспертиза проектов, представленных в Российский фонд развития промышленности, нацелена на выявление проектов, отвечающих задачам этого Фонда. Экспертные оценки определяют степень научной обоснованности, достаточность научно-технического задела, риски получения планируемых результатов другими компаниями. Одна из важнейших оцениваемых характеристик проекта – уровень импортозамещения, рассматривается в связи с доступностью и возможностью использования сырья, материалов и оборудования, необходимых для разработки и выпуска продукта, принципами наилучших доступных технологий. Последние должны коррелироваться с разработанными Федеральным агентством по техническому регулированию информационно-техническими справочниками по наилучшим доступным технологиям.

Экспертная оценка проектов по направлениям дорожных карт Национальной технологической инициативы (НТИ) проводится в соответствии с требованиями Положения о разработке, отборе, реализации и мониторинге проектов в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») НТИ, утвержденного постановлением Правительства РФ № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы» от 18 апреля 2016 г. Определяется соответствие проекта приоритетам и задачам государственной политики в отношении создания, развития и продвижения технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на высокотехнологичных рынках, соответствие указанных мероприятий приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечню критических технологий Российской Федерации, утвержденным Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации». Среди вопросов перед экспертизой, определяющих целесообразность финансовой поддержки проекта – выявление отсутствия дублирования в финансировании аналогичных проектов и мероприятий за счет действующих государственных программ, других инструментов поддержки, что требует соответствующего информационного обеспечения в отношении привлечения средств различных источников.

Таким образом, несмотря на определенные отличия проводимых экспертиз, что определяется целевыми установками исследования объектов, в них имеется много общего, как оценка наличия и существенности задела для реализации проекта, квалификации и профессиональной репутации проектной команды, научной обоснованности, конкурентоспособности заявляемого продукта проекта и др. Оценка новизны и уровня разработки требует знания передовых решений, сопоставления и выявления отличий от них проектного продукта. Принципиальное значение имеет способность экспертизы выявлять искусственно вносимые отличительные признаки новизны и ее значимость. В целом проведенные исследования дают возможность эксперту сделать вывод о целесообразности или нецелесообразности поддержки проекта, дать положительную или отрицательную оценку выполненной разработки.

Известно, что по мере возрастания сложности исследуемых объектов, включающих, в том числе неточную, неопределенную информацию, становится все более сложным или даже невозможным ее восприятие, снижается способность экспертов делать объективные значащие утверждения. При оценке объектов и событий неточные знания невозможно толковать однозначно как истинные или ложные. В этой связи заслуживают внимания методы экспертизы, ориентированные на решение неформализуемых задач, удобные для использования средств вычислительной техники.

Теория нечетких множеств Л.А. Заде [4] предложила схему решения проблем, в которых субъективная оценка играет существенную роль в неясных и неопределенных ситуациях. Согласно этой теории, экспертные оценки вариантов по выбранным критериям могут быть представлены как нечеткие множества, выраженные с помощью функций принадлежности. Задать нечеткое отношение можно теоретико-множественным способом, матричным, графическим или предикатами. Вводятся лингвистические переменные, заданные на некоторой численной шкале и принимающие значения в виде слов или сочетаний естественного языка, что создает удобства восприятия. Процесс получения нечеткого вывода связан с математическими операциями по правилам алгебры работы с обычными множествами. Применение нечеткого отношения позволяет эксперту выразить степень уверенности при формулировании своего заключения при сравнении альтернатив. Так, доминирование одной альтернативы над другой, представленными в нечетком множестве, может быть сформулировано выражением: «эксперт считает, что указанная им альтернатива «много лучше, чем другая».

Важным моментом экспертизы для достижения цели является формирование набора критериев и оценка их важности в соответствии с целью их применения. Требования к набору критериев включают полноту, действенность, измеримость, неизбыточность и др. [5]. Критерий должен по возможности описывать все важные аспекты цели. Полнота критериев связана с получением полного представления о достижении поставленной цели. Неучет какого-либо значимого фактора может привести к обесцениванию дальнейшей экспертной оценки. Многокритериальность является средством повышения адекватности описания целей. С другой стороны желательно, чтобы набор критериев оставался настолько малым, насколько это возможно. Увеличение числа критериев может существенно усложнить анализ и привести к ошибочности результатов. Таким образом, ищется компромисс между полнотой описания целей и количеством критериев.

В сложных системах, в которых число элементов и их взаимосвязей велико, элементы системы могут группироваться в множества, которые оказываются либо под влиянием элементов одних множеств, либо сами оказывают влияние на элементы других множеств. Таким образом, образуется имеющая модульный характер и удобная в представлении иерархическая структура. Для оценки степени воздействия нижних уровней иерархии на верхние Т. Саати разработан метод, преимущества которого — в возможности обработки сложных критериев, подчиняющихся иерархической композиции, простоте и наглядности [6].

Основным инструментом метода является парное сравнение вариантов на основе шкалы предпочтений. В результате обработки матрицы парных сравнений может быть получен вектор приоритетов, координаты которого задают по существу весовые коэффициенты критериев. Важное значение имеет согласованность суждений. Признаком нарушения согласованности является наличие у матрицы парных сравнений нескольких собственных значений. Для оценки согласованности вычисляется индекс согласованности, т.е. численная величина, мера отклонения максимального собственного значения матрицы от ее порядка. Метод дает возможность, используя иерархическую структуру показателей качества, сформировать вектор приоритетов вариантов относительно цели выбора.

Применение функций полезности может также быть использовано для оценки альтернатив [1]. Наиболее сложной процедурой метода является построение функции полезности, к которому привлекаются эксперты. Функция полезности должна задавать интегральную аналитическую зависимость оценки каждой альтернативы с учетом ее параметров. Если такая функция построена, то появляется инструментарий формализации задачи и оценивания объектов исследования.

Учитывая развитие информационных технологий, возможность получения необходимой информации в электронном виде, становится все более актуальным переход от «ручных» методов экспертизы к машинным с использованием достижений в области искусственного интеллекта. Целесообразность создания экспертных систем с использованием методов искусственного интеллекта объясняется тем, что используя знания, полученные от специалистов в определенной предметной области, информационные технологии приобретения и верификации знаний, появляется возможность строить модель предметной области и получать предложения по решению проблемы без участия экспертов. Оправданность использования экспертных систем связана в первую очередь с необходимостью высококвалифицированной экспертизы по масштабным проектам долгосрочных программ, требующим значительного финансирования, выявления наиболее достойных, а также при ограничениях по времени на проведение экспертизы.

В общем виде экспертная система определяется как система искусственного интеллекта, реализуемая в виде программного комплекса, который обеспечивает организацию, накопление, хранение, обновление и предоставление для использования знаний и эмпирического опыта высококвалифицированных специалистов в какой-либо предметной области, а также генерацию новых знаний и решений на основе анализа ситуаций, возникающих в процессе выполнения задач [7]. База знаний считается ядром экспертной системы и содержит знания о предметной области, обычно представленные в виде правил. Процессор логического вывода ищет правила в базе знаний, которые могут быть применены для получения новых данных на основании текущих фактов из базы данных.

Наиболее ответственный этап создания экспертной системы – приобретение знаний. При создании баз знаний вместе с приобретением и накоплением знаний возникают задачи их полноты и непротиворечивости. Применение в экспертизе вычислительной техники создало серьезные преимущества в отношении объема привлекаемой информации, хотя при этом возросли требования к ее быстройдействию.

Схема построения экспертной системы предусматривает наличие и взаимодействие эксперта с инженером по знаниям. В этом процессе эксперт должен уметь выразить на естественном языке и объяснить используемые методы. В результате совместной работы в базе знаний формируются модель представлений и рассуждений эксперта, модель предметной области. Дальнейшая формализация знаний – перевод содержимого базы знаний на машинный язык знаний [8].

Для представления знаний в экспертных системах получили распространение различные средства в виде набора моделей и языков, среди которых семантические сети, логические подходы, фреймы [7, 8].

При построении экспертных систем наиболее часто знания организуют в виде системы продукций. Продукционные модели являются наиболее распространенными средствами представления знаний, так как обеспечивают простоту смысловой интерпретации, модульность, легкость корректировки и логического вывода. Применение продукционных правил способствует объяснению принятых решений и полученных результатов. Продукционная модель позволяет представить знания в виде предложений типа: ЕСЛИ <перечень условий>, ТО <перечень действий> [7].

Среди различных методов извлечения знаний представляют интерес разработки баз знаний в прямом диалоге с экспертом. Так, программная система SIMER+MIR [9] в прямом диалоге с экспертом формирует модель и базу знаний предметной области. В составе системы имеются модули прямого приобретения знаний, моделирования рассуждений, программа адаптации к сформированной базе знаний. Знания представляются в виде неоднородной семантической сети. Поиск ко всем элементам базы в системе выполняется по методу деревьев классификации. Для выявления структурных, классификационных свойств объектов, понятий, событий проблемной области служит метод разбиения на ступени. С помощью метода репертуарных решеток достигаются определенная когнитивная защита эксперта, правильная интерпретация поступающего от него сообщения, получение непротиворечивых суждений. В процессе моделирования рассуждений на основе итерационного процесса формируется минимальное подмножество гипотез, представляющих машинный вывод.

Эффективным способом для выражения экспертом своих знаний является извлечение знаний, основанных на рассуждениях по прецедентам, т.е. это извлечение случаев из практики эксперта. Используются таблицы как средство организации знаний, разработки модели проблемной области. Знания представляются в виде ситуаций предметной области, позволяющих учитывать возможные альтернативы рассуждений и представления знаний в виде правил. Недостатком данного способа использования опыта прошлого является необходимость значительного количества прецедентов с ростом масштаба исследуемой проблемы.

В работе [10] рассмотрена возможность использования в экспертных системах искусственных нейронных сетей. Искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой нелинейную систему, позволяющую классифицировать данные гораздо лучше, чем обычно используемые линейные методы. Веса одноступенчатых элементов — нейронов, лежащих в основе ИНС, можно рассматривать как выражение знаний в распределенной форме, а процесс их настройки и уточнения как процесс обучения. Изменяя веса, можно изменять поведение сети в нужном направлении. Появляется новое качество самообучения. Наиболее важным отличием ИНС от остальных методов является возможность конструирования экспертных систем путем передачи нейронной сети индивидуального опыта специалиста или обучать сеть на реальных данных, полученных путем наблюдений. Нейронные сети способны принимать решения, основываясь на выявляемых ими скрытых закономерностях в многомерных данных. Натренированная на ограниченном множестве обучающих выборок сеть обобщает накопленную информацию и вырабатывает ожидаемую реакцию применительно к новым данным, не обрабатывавшимся в процессе обучения. В работе [11] приведен пример экспертной системы на основе ИНС, работающей по принципу индуктивного обучения, т.е. логического вывода на основании частного примера. Параллельная обработка информации всеми нейронами значительно ускоряет ее обработку. Поскольку алгоритм обучения ИНС включает операцию нахождения минимума расхождения между обучающим и обученным решениями, то в ИНС возникает проблема отсутствия гарантии достижения допустимой ошибки в процессе обучения, а следовательно, выполнения задачи сетевого обучения.

В качестве базового механизма логического вывода для принятия решений в продукционной модели может быть использован метод деревьев решений, который имеет некоторые преимущества для решения рассматриваемых задач [12,13]. Дерево решений представляет способ разбиения множества данных на классы, которые отождествляются с листьями.

Так, процесс построения дерева решений (классификаций) в диагностической системе [14] состоит из трех основных шагов: выбор критерия точности диагноза; выбор типа ветвления; определение момента прекращения ветвлений. Выбор способа ветвления производится по значениям предикторных переменных, которые используются для предсказания принадлежности анализируемых объектов к определенным классам. В соответствии с иерархической природой деревьев решений, такие ветвления производятся последовательно, начиная с корневой вершины, переходя к вершинам-потомкам, пока дальнейшее ветвление не прекратится и «неразветвленные» вершины-потомки окажутся терминальными. Алгоритм CART (Classification and Regression Tree) [13] рассматривает отсечение как получение компромисса между двумя проблемами: получение дерева оптимального размера и получение точной оценки вероятности ошибочной классификации. На обучение деревьев решений требуется меньше времени, чем, например, на обучение нейронных сетей. Точность классификации сопоставима с другими методами построения классификационных моделей.

В настоящее время разработано большое количество экспертных систем, которые относятся к хорошо исследованным проблемным областям, в которых накоплен большой массив решающих правил. Так, в работе [15] предложены основывающиеся на теории сложных систем подходы к созданию информационной системы поддержки принятия решений врача с унифицированными типовыми элементами системы управления медицинским учреждением. Разработаны варианты моделирования процессов выбора сценариев лечения, обеспечивающего повышение достоверности и уменьшение времени постановки диагноза по хранящимся в базе данных историям болезни. Предложено использовать аппарат нейронных сетей, представленных множеством формализуемых наиболее значимых симптомов и блоком векторов, описывающих образ пораженного органа.

Экспертные системы юридического профиля направлены на распознавание криминальной ситуации, подготовку предложений по направлениям расследования, сокращение времени расследования. Так, в работе [16] разработаны модели реконструкции и экспертизы дорожно-транспортных происшествий (ДТП), а также специальное математическое обеспечение в виде экспертной системы анализа и экспертизы ДТП для снижения количества ошибок и ускорения процесса экспертизы аварийных событий, решения вопросов в спорных ситуациях.

Известны разработки автоматизированных рабочих мест экспертов в качестве средств автоматизации приобретения знаний, средств компьютерной поддержки экспертизы. Инструментальный комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ [17] представляет многофункциональное автоматизируемое рабочее место, на основе которого разработаны экспертные системы, в том числе экологической оценки территории, диагностики сложных технических систем, медицинских систем и др.

Искусственный интеллект системы IBM Watson [18] основан на глубокой обработке естественного языка, выражающего человеческие знания и рассуждения, привлечении глобальных массивов информации, накопленной практикой, и ее быстрой обработке суперкомпьютером. Одним из применений системы стала отрасль здравоохранения, что позволило ставить более точные диагнозы и предлагать индивидуальные методы лечения онкологических заболеваний.

Следует отметить, что применительно к сфере научно-технической деятельности имеется немало информационных систем, которые относятся в значительной степени к организации экспертизы, ведению баз данных проектов, заявленных на экспертизу, автоматизации документооборота, сравнению заключений экспертов и др. Среди них необходимо отметить экспертную сеть Expinet, представляющую коммуникационную платформу для проведения экспертизы [19]. Система дает возможность подбора экспертов в определенной области, обмена мнениями экспертов, проведения экспертиз и позволяет по результатам экспертиз давать оценку компетентности экспертов. Информационная система РИНКЦЭ поддерживает

Федеральный реестр экспертов в научно-технической сфере, способствует организации подготовки предложений для Минобрнауки России в части развития приоритетных направлений науки и техники [20].

Результаты анализа

Сфера научно-технической экспертизы является специфичной проблемной областью, которая характеризуется значительным числом качественных признаков, в том числе научным уровнем, степенью сложности научно-технической задачи, научной новизной и обоснованностью проектных решений и др. Масштабность научно-технических проектов, возрастание объемов финансирования требуют проведения глубокой экспертизы в условиях ограниченного времени. Такая экспертиза позволяет выявить перспективные направления, сформулировать рекомендации в отношении продолжения или прекращения разработки конкретных научных направлений, а также эффективности использования бюджетного финансирования. Поскольку результативность научно-технической экспертизы зависит от знания, которое является субъективным, то данная сфера заслуживает внедрения средств автоматизации, предназначенных для логического вывода заключений на основе интегрированного в базе знаний уникального опыта специалистов высокой квалификации. Проведенное рассмотрение показывает наличие значительного методического инструментария, который нашел выражение при разработке разнопрофильных экспертных систем, в способах приобретения знаний, создании программных сред поддержки баз знаний, моделировании рассуждений применительно к слабоструктурированным проблемным областям знания. Разработаны методы структурирования сложных неформализованных задач путем декомпозиции на последовательность более простых задач, уже отработанных, и напротив, интегрирования программных средств, поддерживающих распределенные интеллектуальные системы. Интеграция баз знаний и средств имитационного моделирования расширяет возможности экспертного оценивания. Тем не менее, не существует универсальных методов приобретения знаний для построения различных экспертных систем. Существующие экспертные системы ориентированы на определенные проблемные области и классифицируются как системы интерпретации данных, диагностики, обучения, прогнозирования, планирования и др. При экспертизе научно-технической деятельности также возникают родственные задачи классификации, идентификации, распознавания, прогнозирования, интерпретации и др. Круг отмеченных вопросов, сформулированных к научно-технической экспертизе со стороны государственных органов, институтов развития, осуществляющих поддержку исследований и разработок, характеризует проблемную область научно-технической экспертизы. Анализ задач экспертного оценивания в научно-технической сфере показывает наличие общей части, характерной для многих проектов, а также специфической, проблемно ориентированной, характерной для каждого направления. Выполненные ранее экспертизы в определенных проблемных областях также составляют задел для формирования предметных областей НИОКТР. В целом создание экспертных систем научно-технической сферы имеет межотраслевой характер и способствует решению задач Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, а также других директивных документов, относящихся к сфере науки и технологий.

Выводы

Научно-техническая экспертиза является сферой, нуждающейся во внедрении прогрессивных экспертных методов, средств автоматизации, повышении информационно-аналитического обеспечения, компьютерной поддержке экспертного оценивания. Имеются предпосылки для создания экспертных систем искусственного интеллекта для оценивания научно-технической деятельности в виде имеющегося большого объема информации о выполненных НИОКТР, сосредоточенной в электронных библиотеках научного профиля, открытых материалах проводимых конкурсов в проблемной области научно-технической деятельно-

сти, накопленного опыта построения интеллектуальных экспертных систем, выполненных разработок информационных систем сопровождения научно-технической экспертизы, web-технологий. Перспектива глубокой экспертизы научно-технической деятельности связана с автоматизированным доступом к распределенным электронным информационным ресурсам с дальнейшей семантической обработкой информации средствами мощной вычислительной техники.

Статья подготовлена в рамках Государственного задания № 26.12599.2018/12.1 Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. М.: Логос, 2002. 392 с.
2. Winterfeldt D., Edwards W. Design Analysis and Behavioral Research. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 604 p.
3. Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация. М.: МИСИС, Издат. дом «Руда и металлы», 2005. 352 с.
4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
5. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981. 341 с.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 315 с.
7. Гаскаров Д.В. Интеллектуальные информационные системы. М.: Высшая школа, 2003. 431 с.
8. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
9. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. М.: Наука, 1997. 112 с.
10. Джексон П. Введение в экспертные системы. М.: Вильямс, 2001. 622 с.
11. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принцип разработки и программирование.- М.: «Вильямс», 2007. 1152 с.
12. Quinlan J.R. Induction of decision trees // Machine Learning. 1986. № 1, pp. 81–106.
13. Деревья классификации. Электронный учебник. Available at: <http://www.statsoft.ru>.
14. Болнокин В.Е., Выскуб В.Г., Мутин Д.И., Мутина Е.И. Применение экспертных систем в управлении медицинскими комплексами // Системы управления и информационные технологии. 2016, № 2(64). С. 47–54.
15. Мутин Д.И. Исследование и разработка автоматизированных информационных распределенных систем управления производственными процессами медицинских комплексов: автореф. дис. д-ра техн. наук. М.: ФГУП «Научно-исследовательский и экспериментальный Институт автомобильной электроники и электрооборудования», 2017. 39 с.
16. Чувилов Д.А. Модели и алгоритмы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий: автореф. дис. канд. техн. наук. М.: ФГУП «Научно-исследовательский и экспериментальный Институт автомобильной электроники и электрооборудования», 2017. 30 с.
17. Рыбина Г.В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем. М.: Научтехлитиздат, 2008. 482 с.
18. Available at: <https://hi-news.ru/medicina/watson-iskusstvennyj-intellekt-ibm-pyat-let-spustya.html>.
19. Available at: <http://club.cnews.ru/blogs/entry/expinet>.
20. Available at: <http://www.extech.ru>.

References

1. Larichev O.I. (2002) *Teoriya i metody prinyatiya resheniy, a takzhe Khronika sobytiy v Volshebnykh stranakh* [Logos Theory and methods of decision-making, as well as Chronicle of events in Magical countries] Logos [Logos]. Moscow. P. 392.

2. Winterfeldt D., Edwards W. (1986) Design Analysis and Behavioral Research. Cambridge University Press. Cambridge. P. 604.
3. Rykov A.S. (2005) *Modeli i metody sistemnogo analiza: prinyatie resheniy i optimizatsiya* [Models and methods of system analysis: decision-making and optimization] *MISIS. Izdat. dom «Ruda i metally»* [MISIS. Publishing «House Ore and metals»]. Moscow. P. 352.
4. Kofman A. (1982) *Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv* [Introduction to the theory of fuzzy sets] *Radio i svyaz'* [Radio and communication]. Moscow. P. 432.
5. Kini R.L., Rifa H. (1981) *Prinyatie resheniy pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshcheniya* [Decision – making under many criteria: preferences and substitutions] *Radio i svyaz'* [Radio and communication]. Moscow. P. 341.
6. Saati T. (1993) *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [Decision-making. Method of hierarchy analysis] *Radio i svyaz'* [Radio and communication]. Moscow. P. 315.
7. Gaskarov D.V. (2003) *Intellektual'nye informatsionnye sistemy* [Intelligent information systems] *Vysshaya shkola* [Higher school]. Moscow. P. 431.
8. Gavrilova T.A., Khoroshevsky V.F. (2000) *Bazy znaniy intellektual'nykh sistem* [Knowledge Base of intellectual systems] *Piter* [Peter] St. Petersburg. P. 384.
9. Osipov G.S. (1997) *Priobretenie znaniy intellektual'nyimi sistemami* [Knowledge Acquisition by intelligent systems] *Nauka* [Nauka]. Moscow. P. 112.
10. Jackson P. (2001) *Vvedenie v ekspertnye sistemy* [Introduction to expert systems] *Vil'yams* [Williams]. Moscow. P. 622.
11. Giarratano D., Riley G. (2007) *Ekspertnye sistemy: printsip razrabotki i programmirovaniye* [Expert systems: the principle of development and programming] *Vil'yams* [Williams]. Moscow. P. 1152.
12. Quinlan J.R. (1986) Induction of decision trees. *Machine Learning*. No. 1. Pp. 81–106.
13. *Derev'ya klassifikatsii. Elektronnyy uchebnik* [Classification tree. Electronic textbook]. Available at: <http://www.statsoft.ru>.
14. Balnokin V.E., Viskup V.G., Mutin D.I., Mutina E.I. (2016) *Primenenie ekspertnykh sistem v upravlenii meditsinskimi kompleksami* [Application of expert systems in the management of medical systems] *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* [Control Systems and information technology]. No. 2(64). Pp. 47–54.
15. Mutin D.I. (2017) *Issledovanie i razrabotka avtomatizirovannykh informatsionnykh raspredelennykh sistem upravleniya proizvodstvennymi protsessami meditsinskikh kompleksov: avtoref. dis. d-ra. tekhn. nauk. FGUP «Nauchno-issledovatel'skiy i eksperimental'nyy Institut avtomobil'noy elektroniki i elektrooborudovaniya»* [Research and development of automated distributed information systems for management of production processes of medical complexes: thesis abstract for Ph.D. Federal state unitary enterprise Research and experimental Institute of automotive electronics and electrical equipment]. Moscow. P. 39.
16. Chuvikov D.A. (2017) *Modeli i algoritmy rekonstruktsii i ekspertizy avariynykh sobytii dorozhno-transportnykh proissheshtviy: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Models and algorithms of reconstruction and examination of emergency events of road accidents: thesis abstract for Doctor of Engineering] *FGUP «Nauchno-issledovatel'skiy i eksperimental'nyy Institut avtomobil'noy elektroniki i elektrooborudovaniya»* [FSUE Research and experimental Institute of automotive electronics and electrical equipment]. Moscow. P. 30.
17. Rybina G.V. (2008) *Teoriya i tekhnologiya postroeniya integrirovannykh ekspertnykh sistem* [Theory and technology of integrated expert systems construction] *Nauchtekhlitizdat* [Nauch-tekhlitizdat]. Moscow. P. 482.
18. Available at: <https://hi-news.ru/medicina/watson-iskusstvennyj-intellekt-ibm-pyat-let-spustya.html>.
19. Available at: <http://club.cnews.ru/blogs/entry/expinet>.
20. Available at: <http://www.extech.ru>.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ В СИСТЕМЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РОССИИ

Г.В. Лукьянов, вед. научн. сотр. Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН (Институт проблем информатики РАН), канд. воен. наук, доц., gena-mslu@mail.ru

Е.А. Марышев, вед. научн. сотр. — зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доц., emarysh@extech.ru

Статья посвящена проблемам разработки и применения научно-технических приоритетов в системе стратегического планирования Российской Федерации как механизма стимулирования инновационного процесса в интересах решения социально-экономических задач и обеспечения национальной безопасности. Показано, что на современном историческом этапе решающее значение для научно-технического и инновационного прогресса имеет концентрация ресурсов на наиболее значимых научных областях, направлениях и темах, которые в наибольшей степени отвечают задачам устойчивого развития общества. Важнейшим обстоятельством, обусловившим кардинальный пересмотр подходов к определению научно-технических приоритетов, является понимание руководством Российской Федерации того, что страна «исчерпала потенциал экспортно-сырьевой модели экономического развития, базирующейся на форсированном наращивании топливного и сырьевого экспорта». Проведен анализ действующих документов стратегического планирования. В статье поднимается вопрос о количественной оценке влияния науки на технологический прогресс и дается краткий обзор научных достижений в этой области. Особо подчеркивается, что в документах стратегического планирования содержатся необоснованно высокие оценки отечественной экономики, российской науки техники, ряд ключевых целевых показателей неоправданно завышен, в связи с чем предлагается уточнить содержание документов стратегического планирования в части научно-технических приоритетов и научно-технической политики.

Ключевые слова: стратегическое планирование; научно-технические приоритеты; количественная оценка приоритетов; инновационный процесс.

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PRIORITIES IN THE SYSTEM OF STRATEGIC PLANNING OF RUSSIA

G.V. Luk'yanov, Leading Researcher, Federal Research Centre, «Informatics and Control» of the Russian Academy of Sciences (Institute of Informatics problems, RAS), Doctor of Military Sciences, Assistant Professor, gena-mslu@mail.ru

E.A. Maryshev, Leading Researcher, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, Assistant Professor emarysh@extech.ru

The article is devoted to the problems of development and application of scientific and technological priorities in the system of strategic planning of the Russian Federation as a mechanism to stimulate the innovation process in the interests of solving socio-economic problems and national security. It is shown that at the present historical stage, the concentration of resources on the most important scientific fields, directions and topics that best meet the objectives of sustainable development of society is crucial for scientific and technological progress and innovation. The most important circumstance that led to a radical revision of approaches to the definition of scientific and technolo-

gical priorities is the understanding by the leadership of the Russian Federation that the country «has exhausted the potential of the export-raw material model of economic development based on the accelerated growth of fuel and raw materials exports». The analysis of the existing strategic planning documents is carried out. The article raises the question of the quantitative assessment of the impact of science on technological progress and gives a brief overview of scientific achievements in this field. It is emphasized that strategic planning documents contain unreasonably high estimates of the domestic economy, Russian science of technology, a number of key targets are unreasonably overestimated, and therefore it is proposed to clarify the content of strategic planning documents in terms of scientific and technological priorities and scientific and technological policy.

Keywords: strategic planning; scientific and technological priorities; quantitative assessment of priorities; innovation process.

Введение

Стратегическое планирование является важнейшей функцией российского государства, а его суть состоит в целеполагании, прогнозировании и программировании социально-экономического развития страны, обеспечении ее национальной безопасности и устойчивого развития.

Долгосрочное планирование, наряду с прочим, предполагает и научно-техническое прогнозирование, которое, по большому счету, предусматривает определение приоритетов в науке и технике и выработку на этой основе государственной научно-технической политики. Речь идет, прежде всего, о выявлении научных областей, направлений и дисциплин, которые на данном историческом этапе в максимальной степени содействуют техническому прогрессу и инновационному процессу, определяют развитие технологических отраслей, в наибольшей степени востребованных обществом с точки зрения решения социально-экономических задач и развития экономики страны в ближайшей, среднесрочной и долгосрочной перспективе.

В соответствии с Федеральным законом «О стратегическом планировании в Российской Федерации» предусмотрена разработка каждые шесть лет прогноза научно-технологического развития на двенадцать и более лет, который включает в себя в том числе «направления научно-технологического развития Российской Федерации и основные направления совершенствования научно-технической политики» [1].

Определение научно-технических приоритетов является исключительно сложной проблемой, которая осложняется еще и тем, что науку приходится широко привлекать к решению задач, напрямую не связанных с экономическими и, тем более, социальными интересами, например, обеспечения национальной безопасности.

Поэтому неудивительно, что разработке практических методик определения научных приоритетов в настоящее время уделяется особое внимание. Также важно отметить, что в мире (в том числе и в России) наблюдается рост масштабов научных исследований с долгосрочным горизонтом планирования, что, разумеется, делает особенно актуальной проблему обоснованного прогнозирования и адекватного определения научно-технических приоритетов как по содержанию, так и по историческим периодам [2].

С учетом этих обстоятельств в последнее время как за рубежом, так и в Российской Федерации все чаще ставится вопрос о поиске подходов и методов, позволяющих провести хотя бы приблизительную количественную оценку этих приоритетов, чтобы повысить объективность стратегического планирования в науке и технике.

Научная компонента в стратегическом планировании

В нашей стране достаточно давно обсуждается проблема внедрения системного подхода к стратегическому планированию. При этом уже на протяжении длительного времени ставится вопрос о научно-технических приоритетах и о концентрации ресурсов для проведения

научных исследований и разработок. Это, в частности, подтверждается серией указов Президента Российской Федерации о приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники и о критических технологиях. Так, например, в соответствии с Указом Президента Российской Федерации Пр-843 от 21 мая 2006 года в целях модернизации и технологического развития российской экономики и повышения ее конкурентоспособности определены восемь приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и 34 критические технологии [3]. Эти же приоритеты, сформулированные 11 лет назад, практически в неизменном виде вошли в современный прогноз научно-технологического развития, несмотря на существенные изменения обстановки.

Официальным методологическим документом, который нормативно упорядочил деятельность по организации работы федеральных органов исполнительной власти и органов государственной власти субъектов РФ по реализации стратегических национальных приоритетов на федеральном, региональном и отраслевом уровнях, является Указ Президента Российской Федерации «Об основах стратегического планирования в Российской Федерации» № 536 от 12 мая 2009 г. В нем в качестве одного из основных принципов стратегического планирования заявлена «концентрация материальных, финансовых, кадровых, научно-технологических, информационных и иных ресурсов в интересах устойчивого развития Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности».

Наконец, на новый качественный уровень эта деятельность вышла с принятием закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации», который уже на законодательном уровне установил ее правовые рамки. Закон конкретизировал цели, задачи и предмет стратегического планирования, определил полномочия и ответственность государственных органов, периодичность и отчетность в этой сфере.

В законе раскрыт и конкретизирован часто применяемый в стратегическом планировании термин «прогноз научно-технологического развития», который определен как «документ стратегического планирования, содержащий систему научно обоснованных представлений о направлениях и об ожидаемых результатах научно-технологического развития Российской Федерации и субъектов Российской Федерации на долгосрочный период».

Прогноз научно-технологического развития должен содержать следующие ключевые положения:

- оценку достигнутого уровня и возможностей научно-технологического развития Российской Федерации в сопоставлении с мировыми тенденциями;
- анализ и прогноз внешних условий и тенденций научно-технологического развития Российской Федерации;
- анализ макроэкономических, структурных и институциональных факторов научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочный период;
- прогноз технологического развития секторов (отраслей) экономики, в том числе по субъектам Российской Федерации;
- направления научно-технологического развития Российской Федерации и основные направления совершенствования научно-технической политики.

Безусловно, значительное внимание научной компоненте и научно-техническим приоритетам уделено и в Концепции долгосрочного социально-экономического развития, где, в частности, определено, что одним из направлений перехода от экспортно-сырьевой к инновационной модели экономического роста является «формирование мощного научно-технологического комплекса, обеспечивающего достижение и поддержание лидерства России в научных исследованиях и технологиях по приоритетным направлениям».

Особый акцент на научной компоненте в системе стратегического планирования обусловлен признанием руководством Российской Федерации того факта, что страна «исчерпала потенциал экспортно-сырьевой модели экономического развития, базирующейся на форсированном наращивании топливного и сырьевого экспорта» [4]. Выход из этой тупи-

ковой ситуации видится в переходе на инновационный путь экономического развития, что наряду с прочим предполагает следующие важнейшие мероприятия в научной сфере:

- формирование национальной инновационной системы, включая такие элементы, как интегрированная с высшим образованием система научных исследований и разработок, гибко реагирующая на запросы со стороны экономики;

- формирование мощного научно-технологического комплекса, обеспечивающего достижение и поддержание лидерства России в научных исследованиях и технологиях по приоритетным направлениям.

Ключевыми документами стратегического планирования в части научно-технической политики и приоритетов в науке и технике являются «Стратегия научно-технологического развития» [5] и «Прогноз научно-технологического развития» [6].

В этих документах определен ряд терминов и понятий, прежде допускавших неоднозначное толкование. Речь идет, прежде всего, о приоритетах научно-технологического развития, которые определены как «важнейшие направления научно-технологического развития государства, в рамках которых создаются и используются технологии, реализуются решения, наиболее эффективно отвечающие на большие вызовы, и которые обеспечиваются в первоочередном порядке кадровыми, инфраструктурными, информационными, финансовыми и иными ресурсами». В Стратегии научно-технологического развития подчеркивается, что на ближайшие 10–15 лет «приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке» [5].

Следует также отметить, что согласно Федеральному закону «О науке и государственной научно-технической политике», одним из основных принципов научно-технической политики является «концентрация ресурсов на приоритетных направлениях развития науки и техники» [7].

Такое толкование приоритетов не оставляет сомнений в необходимости и обязанности выделять наиболее значимые в современных исторических условиях научно-технологические направления в интересах их первоочередного финансирования и обеспечения иными ресурсами.

Кроме того, эти документы определяют понятия «вызов» и «большой вызов», поскольку они являются ключевыми в определении научно-технологических приоритетов. Оба понятия имеют схожее толкование, хотя и с некоторыми (непринципиальными) отличиями. Вызов определен как «крупная проблема социально-экономического, научно-технологического, экологического или иного характера, требующая принятия комплексных мер, направленных на ее решение на национальном или глобальном уровне».

Большой вызов понимается как «объективно требующая реакции со стороны государства совокупность проблем, угроз и возможностей, сложность и масштаб которых таковы, что они (проблемы, угрозы, возможности) не могут быть решены, устранены или реализованы исключительно за счет увеличения ресурсов».

На рис. 1 представлено соотношение указанных элементов по их содержанию и предназначению. В частности, выбор научных приоритетов зависит от технологий, в наибольшей степени определяющих технический и инновационный процессы в интересах решения задач социально-экономического развития страны и обеспечения ее национальной безопасности.

Таким образом, можно выделить замкнутый цикл формирования научных приоритетов, включающий следующие компоненты:

- технический прогресс и инновационный процесс, создающие технологии;
- научные приоритеты, на которых концентрируются ресурсы;

— результаты научной деятельности, способствующие техническому прогрессу и инновационному процессу.

Все эти компоненты циклически взаимодействуют между собой, демонстрируя тесную взаимосвязь.

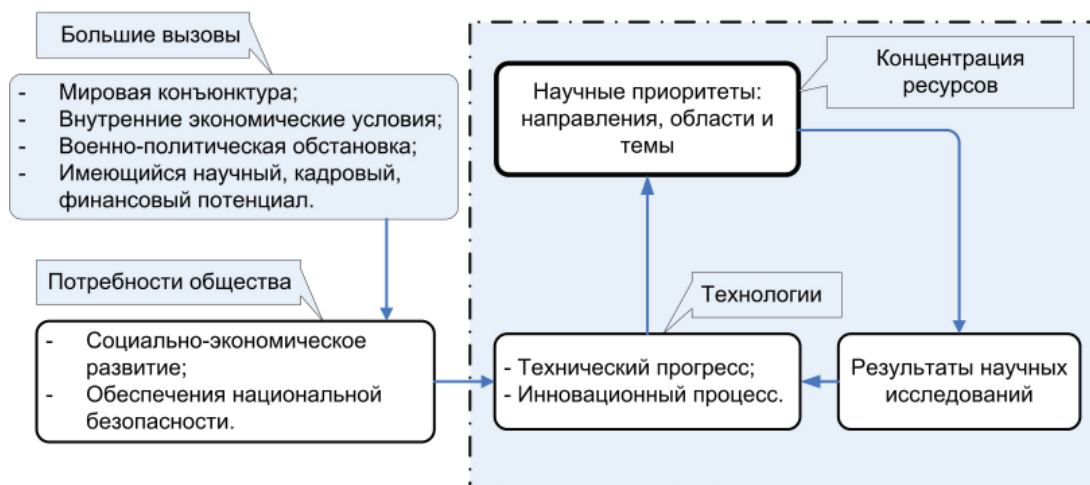


Рис. 1. Каскадная модель формирования научных приоритетов

Наибольший интерес для понимания роли науки и научно-технических приоритетов в современном российском обществе представляет проект «Стратегии научно-технического развития Российской Федерации до 2035 года», подготовленный фондом «Центр стратегических разработок» по заданию Министерства образования и науки Российской Федерации [8].

Во-первых, авторы проекта подчеркивают, что прежние научно-технические приоритеты не соответствовали мировым тенденциям и задачам устойчивого развития Российской Федерации, так как «формулировались не в логике «больших вызовов», а через указание на тематические области исследований».

Во-вторых, разработчики документа заявляют, что «результаты отечественных научных исследований и технологических разработок не конвертируются в конкурентные рыночные продукты». Как следствие, низка доля инновационной продукции в общем объеме отечественного промышленного производства. Эти негативные явления к тому же усугубляются низким уровнем производительности труда в стране по сравнению со странами-лидерами.

В-третьих, отмечается низкая конкурентоспособность отечественных научных учреждений.

Все эти факторы требуют неотложного принятия мер, которые бы обеспечили наиболее эффективное внедрение результатов научных исследований в новую отечественную высоко-технологичную и конкурентоспособную продукцию и их использование для существенного повышения производительности труда в российской экономике.

В обосновании присутствует еще один, весьма сомнительный показатель, который определен как «задел под будущие вызовы», раскрывается исключительно через российский вклад в публикации и оценивается в 1% по «глобальным исследовательским фронтам».

Неужели авторы проекта искренне полагают, что, если имеющийся показатель публикационной активности российских ученых в 1% поднять до величины, скажем, 3%, то и производительность труда в стране «подскочит» в три раза и приблизится к европейскому уровню, и ВВП на душу населения увеличится в три раза, и мы навсегда избавимся от экспортно-сырьевой зависимости?

Схожая постановка вопроса наблюдалась и в ходе обсуждения программы фундаментальных исследований в Российской академии наук. В качестве основного индикатора, отражающего ход реализации программ фундаментальных исследований, предлагается число публикаций в базе Web of Science [9]. Такой подход скорее имитирует научную деятельность и отвлекает внимание руководства страны от сути научной деятельности и от объективной оценки ее результатов. Уже давно и многократно показано, что количество публикаций ни при каких обстоятельствах не может служить показателем хода реализации программ научных исследований или значимости полученных результатов. Кроме того, такое «трепетное» отношение к изданиям системы Web of Science дискредитирует не только отечественную научную литературу, но и отечественную науку в целом.

Количественная оценка научно-технических приоритетов

Процесс определения научно-технических приоритетов до сих пор базируется исключительно на экспертных оценках, исходя из сугубо субъективного восприятия экспертами состояния дел в экономике, промышленности, науке и технике. При подготовке действующего прогноза научно-технологического развития экспертная база составила более двухсот организаций и свыше двух тысяч ведущих российских и зарубежных экспертов, включая представителей научных центров, вузов, бизнеса, технологических платформ, инновационных территориальных кластеров [6].

Очевидно, что как бы тщательно ни были разработаны подобные приоритеты, они, тем не менее, представляют собой довольно приблизительную качественную оценку роли и значения соответствующих научных направлений с точки зрения их влияния на технический прогресс. Например, если исключить из рассмотрения преднамеренные фальсификации, то даже ведомственная принадлежность привлекаемых к этой работе экспертов и их личные научные интересы и предпочтения могут внести значительные искажения в определение научно-технических приоритетов.

Кроме того, сразу же возникает вопрос, а что же делать с теми научными областями, которые не вошли в состав приоритетных — прекратить их финансирование и поставить на них точку? Вероятно, высокотехнологичная частная компания, успешная деятельность которой в значительной степени зависит от научных достижений, может отказаться от некоторых научных тем и дисциплин, которые на ближайшую перспективу представляют для нее наименьший интерес. Но может ли себе такое позволить государство? По крайней мере, трудно предположить, чтобы по такому неразумному пути пошли бы США. Скорее всего, в подобных случаях придется определить некоторый минимально возможный уровень поддержки не относящихся к приоритетным или «малоперспективным» научных областей, чтобы не потерять соответствующие научные школы. Однако, как количественно оценить этот минимальный уровень в каждом конкретном случае?

В документах не определено, как распределить имеющиеся ресурсы между теми научными направлениями, которые все же вошли в состав приоритетных. Совершенно очевидно, что не все они равны с точки зрения влияния на развитие технологической сферы и в плане потребляемых материально-технических ресурсов и реальной отдачи.

Таким образом, качественные оценки роли и значения каждого (особенно приоритетного) научного направления неплохо бы сопроводить количественными показателями, чтобы сформировать объективную стратегию выделения и концентрации ресурсов на сбалансированную поддержку и развитие науки.

Разумеется, эта идея не нова и исследователи, как за рубежом, так и в России уже на протяжении около 40 лет пытаются найти объективные и надежные методы определения таких количественных показателей. Правда, все эти попытки фактически сводятся к одному и тому же подходу, который заключается в том, чтобы в качестве объективной основы определения количественных показателей использовать непатентные ссылки в патентной документации, то есть ссылки на цитируемые научные публикации, как это в свое время

предложил известный американский ученый Фрэнсис Нарин [10]. По мнению идеологов этого подхода, именно такие ссылки позволяют выделить те научные направления, которые легли в основу соответствующего технологического достижения. При этом они полагают, что простой подсчет таких ссылок в разных разрезах над обширным полем патентных данных дает в результате некоторый набор показателей, по которым оценивается роль каждого научного направления для выбранных технологических областей. После статистической обработки и экстраполяции эти количественные показатели станут объективной основой для стратегического планирования в научно-технической сфере.

Тема эта исключительно сложная, неоднозначная и спорная, заслуживает отдельного предметного изучения. В рамках данной статьи можно лишь отметить, что в настоящее время предлагается ряд осторожных подходов, которые позволяют надеяться на получение некоторых, относительно достоверных количественных оценок для определения ограниченного перечня научно-технических приоритетов. Исследователи пришли к пониманию того, что проводить таким образом количественную оценку взаимосвязи науки и техники можно лишь применительно к отдельным, так называемым наукоемким технологическим направлениям, которые в наибольшей степени зависят от результатов научных исследований. На текущий момент, по единодушному мнению специалистов в этой области, к таким направлениям следует отнести фармацевтику и биотехнологию, химию, вычислительную технику и технологии цифровой связи.

В частности, основоположник данной методики Франсис Нарин в явной форме указывает именно на биологию и химию, как наиболее наукоемкие технологические сферы [11]. Другой известный в этой области ученый из Нидерландов Роберт Тиссен предлагает в этих же областях выделить наиболее значимые для инновационного процесса технологии, примерно 10 % от общего количества запатентованных за последние 10–15 лет. Затем на основании патентной документации и информационного массива научных публикаций проводить количественную оценку научного вклада в разработку этих технологий [12].

Разумеется, такой подход, если он и будет принят, как научно обоснованный, дает лишь частные и ограниченные решения, тем не менее, все же базирующиеся на объективных количественных оценках.

Таким образом, государство должно проводить прагматичную научно-техническую политику (как, впрочем, и любую другую), адекватную реальным возможностям России в конкретных исторических условиях, основной целью которой должно быть социально-экономическое развитие страны. Вместе с тем, в действующих документах стратегического планирования вместо ясных и обоснованных расчетов и оценок сплошь и рядом присутствуют формулировки сверхоптимистического, пропагандистского и даже рекламного характера о сверхъестественных возможностях отечественной экономики, науки и техники. В частности, в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. в разделе «Целевые ориентиры» заявлено, что «к 2020 г. (уже через два года) Россия может занять значимое место (5–10 процентов) на рынках высокотехнологичных товаров и интеллектуальных услуг» [4].

При этом не учитывается, что, например, в области микропроцессоров одна американская компания Intel занимает почти 70 % мирового рынка. Если же учесть американскую компанию AMD, то доля США в этом секторе превысит 90 %. Другими лидерами в области проектирования, создания и производства микропроцессоров, пусть и с серьезным отставанием от США, являются Япония, Германия и Франция. Попутно уместно отметить, что все базовое оборудование для производства отечественной микроэлектроники Россия закупает за рубежом. Совершенно невероятно для России «втиснуться» в этот высокотехнологичный сектор не то, чтобы к 2020 г, а даже в отдаленной перспективе.

Поэтому было бы целесообразно редактировать документы стратегического планирования, изъяв из них все то, что не имеет ничего общего с реалиями жизни. Цели и задачи должны быть уточнены, исходя из реальных возможностей страны в конкретных исторических условиях. Перечень целевых показателей следует свести к ясному и вменяемому минимуму. Они должны быть не такими эффектными, но обязательно хорошо измеряемыми, контролируруемыми, проверяемыми и отвечающими целям и задачам социально-экономического развития страны. Данные меры позволят радикально повысить мотивацию практической реализации этих документов.

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполненной ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по заданию № 2.12622.2018/12.1 Министерства образования и науки Российской Федерации на выполнение работ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 28 июня 2014 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».
2. Чулок А.И. Основные результаты прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.: возможности использования для развития университетов. 06 февраля 2014 года. Available at: <https://stop100.ru/upload/iblock/d77/d77181f78d0f73ab34f75e457bec4cac.pdf>.
3. Указ Президента Российской Федерации 21 мая 2006 года Пр-843 (Перечень критических технологий). Available at: http://www.altkibd.ru/imaterials/Zakon/Prezident/Priority_2006.pdf.
4. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.
5. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации № 642 от 01.12.2016.
6. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Министерство образования и науки Российской Федерации, ДМ-П8-5. Утвержден Председателем Правительства Российской Федерации 03 января 2014 г.
7. Федеральный закон Российской Федерации от 23 августа 1996 года. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».
8. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 г.. Материалы для министерства образования и науки Российской Федерации. Фонд «Центр стратегических разработок». 12 мая 2016 года. Available at: <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2016/06/prezentatsiya-proekta-SNTR-12.05.2016.pdf>.
9. Медведев Юрий. Сделан ход на упреждение. Что принципиально меняет новая программа фундаментальных исследований в России // Российская газета – Спецвыпуск №7424 (258). 14 ноября 2017. Available at: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=b897a3ad-32e6-455b-b6d1-4fcfc3b8858b>.
10. Narin F., Noma E. (1985) Is technology becoming science? // *Scientometrics*, 1985. Vol. 7. No. 3–6. Pp. 369–381.
11. Narin F., Olivastro D (1998) Linkages between Patents and Paters: an Interim EPO / US Comparison // *Scientometrics*. Vol. 41, Nos 1–2, pp. 51–59.
12. Robert J.W. Tijssen J., Winnink J. (2017) Capturing «R&D excellence»: indicators, international statistics, and innovative universities // *Scientometrics*.
13. Published online: 02 December 2017, Springer. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2602-9>.

References

1. *Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 28 iyunya 2014 goda No. 172-FZ «O strategicheskoy planirovaniy v Rossiyskoy Federatsii»* [Federal law No. 172-ФЗ of 28 June 2014 «On strategic planning in the Russian Federation»].

2. Chulok A.I. (2014) *Osnovnye rezul'taty prognoza nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 g.: vozmozhnosti ispol'zovaniya dlya razvitiya universitetov. 06 fevralya 2014 goda* [The Main results of the forecast of scientific and technological development of the Russian Federation for the period up to 2030: opportunities for the development of universities. 06 February 2014]. Available at: <https://5stop100.ru/upload/iblock/d77/d77181f78d0f73ab34f75e457bec4cac.pdf>.
3. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii 21 maya 2006 goda Pr-843 (Perechen' kriticheskikh tekhnologiy)* [Decree of the President of the Russian Federation of May 21, 2006 Pr-843 (list of critical technologies)]. Available at: http://www.altkibd.ru/imaterials/Zakon/Prezident/Prioritety_2006.pdf.
4. *Kontseptsiya dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda. Uverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17 noyabrya 2008 g. No. 1662-r* [The concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2020. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of 17 November 2008 No. 1662-p].
5. *Strategiya nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii. Uverzhdena Ukazom Prezidenta Rossiyskoy Federatsii No. 642 ot 01.12.2016* [Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation. Approved by the Decree of the President of the Russian Federation No. 642 from 01.12.2016].
6. *Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, DM-P8-5. Uverzhden Predsedatelem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii 03 yanvarya 2014 g.* [Forecast of scientific and technological development of the Russian Federation for the period up to 2030. Ministry of education and science of the Russian Federation, DM-P8-5. Approved by The Prime Minister of the Russian Federation on January 03, 2014].
7. *Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 23 avgusta 1996 goda. No. 127-FZ «O nauke i gosudarstvennoy nauchno-tekhnikeskoy politike»* [Federal law of the Russian Federation of 23 August 1996. No. 127-ФЗ «On science and state scientific and technological policy»].
8. *Strategiya nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii do 2035 g. Materialy dlya ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii. Fond «Tsentr strategicheskikh razrabotok». 12 maya 2016 goda* [Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation until 2035. Materials for the Ministry of education and science of the Russian Federation. Foundation «Center for strategic research». May 12, 2016]. Available at: <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2016/06/prezentatsiya-proekta-SNTR-12.05.2016.pdf>.
9. Medvedev Y. (2017) *Sdelan khod na uprezhdenie. Chto printsipial'no menyaet novaya programma fundamental'nykh issledovaniy v Rossii* [The course for anticipation has been made. What fundamentally changes the new program of fundamental research in Russia] *Rossiyskaya gazeta – Spetsvypusk No. 7424 (258). 14 noyabrya 2017* [Rossiyskaya Gazeta – Special Issue 7424 (258). November 14, 2017]. Available at: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=b897a3ad-32e6-455b-b6d1-4fcfc3b8858b>.
10. Narin F., Noma E. (1985) Is technology becoming science? *Scientometrics*. Vol. 7. No. 3–6. Pp. 369–381.
11. Narin F., Olivastro D. (1998) Links between Patents and Patents: an Interim EPO.US Comparison. *Scientometrics*. Vol. 41, No. 1–2. Pp. 51–59.
12. Robert J.W. Tijssen, Winnink J.J. (2017) Capturing «R&D excellence»: indicators, international statistics, and innovative universities. *Scientometrics*. Published online: 02 December 2017, Springer. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2602-9>.
13. Published online: 02 December 2017, Springer. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2602-9>.

МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.Ю. Ключников, гл. научн. сотр. ФГУП Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, д-р техн. наук, проф., wklj59@yandex.ru

С.А. Клементьев, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, klements@extech.ru

В статье предложена система принципов и методов комплексного прогнозирования технологического развития сложных технических систем. В зависимости от требуемого горизонта прогноза решаются задачи прогнозирования сроков реализации заданных технологий (краткосрочный прогноз), значений их целевых (прогнозных) характеристик (среднесрочный прогноз) или же построения временного ряда вероятных технологий и ориентировочных значений их прогнозных характеристик (долгосрочный прогноз).

Ключевые слова: прогноз, горизонт прогноза, прогнозная характеристика, сложная техническая система, технологическое развитие, прогнозное проектирование.

METHODOLOGY OF COMPLEX FORECASTING OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF COMPLEX ENGINEERING SYSTEMS

V.Yu. Klyushnikov, Chief Researcher, FSUE Central Research Institute of Mechanical Engineering, Ph. D., Professor, wklj59@yandex.ru

S.A. Klement'ev, Head of Department, SRI FRCEC, klements@extech.ru

The article proposes a system of principles and methods for complex forecasting of technical development of complex technological systems. Depending on the required forecast horizon, they solve the tasks of forecasting the timing of the implementation of the specified technologies (short-term forecast), the values of their target (forecast) characteristics (medium-term forecast) or the construction of a time series of probable technologies and indicative values of their forecast characteristics (long-term forecast).

Keywords: forecast, forecast horizon, forecast characteristic, complex technical system, technological development, forecasting design.

Комплексное прогнозирование развития сложных технических систем (СТС) является основой целеполагания и планирования технологического развития страны. Под прогнозом понимают научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их осуществления [1].

Основным объектом прогноза в рассматриваемом случае является технология СТС.

Конкретные методы прогнозирования определяются заданным горизонтом прогноза. В соответствии с [2] выделяют следующие виды прогноза:

- краткосрочный (горизонт прогноза — до трех лет);
- среднесрочный (горизонт прогноза — до шести лет);
- долгосрочный прогноз (горизонт прогноза — более шести лет).

Перечисленные виды прогноза осуществляются итерационно. При этом один вид прогноза последовательно переходит в другой — с более дальним горизонтом.

В зависимости от требуемого горизонта прогноза в качестве задачи прогнозирования рассматриваются:

- для краткосрочного прогноза – срок реализации заданной технологии;
- для среднесрочного прогноза – значение целевой (прогнозной) характеристики заданной технологии;
- для долгосрочного прогноза – временной ряд вероятных технологий и ориентировочные значения их прогнозных характеристик.

Во всех случаях в процессе прогнозирования необходимо учитывать существующие или возникающие в будущем ограничения технического, политического, экономического или юридического (нормативно-правового) характера.

Краткосрочное прогнозирование

В основу прогноза сроков реализации заданной технологии, вплоть до готовности к практическому применению, может быть положена шкала уровней готовности технологии (TRL – Technology Readiness Levels) [3] Уровни готовности технологии на примере космических технологий [10] представлены на рис. 1.



Рис. 1. Уровни готовности технологий

Решение поставленной задачи краткосрочного прогноза может быть получено на основе аппроксимации зависимости уровня готовности технологии от времени в виде логистической (S-образной) кривой, характерной для динамики развития технических систем (рис. 2) [5]:

$$TRL = \left\lceil \frac{5}{1 + \exp(\alpha + \beta T + \gamma T^2)} + 3 \right\rceil, \quad (1)$$

где α , β и γ – постоянные коэффициенты; $\lceil \dots \rceil$ – знак округления до ближайшего целого.

Точки 1, 2 и 3 на рисунке соответствуют точкам перегиба логистической кривой, соответственно: $TRL=3$ (завершение поисковых исследований и открытие прикладных НИР), $TRL=6$ (завершение прикладных научно-исследовательских и начало опытно-конструкторских работ) и $TRL=8$ (завершение создания и начало эксплуатации изделия).

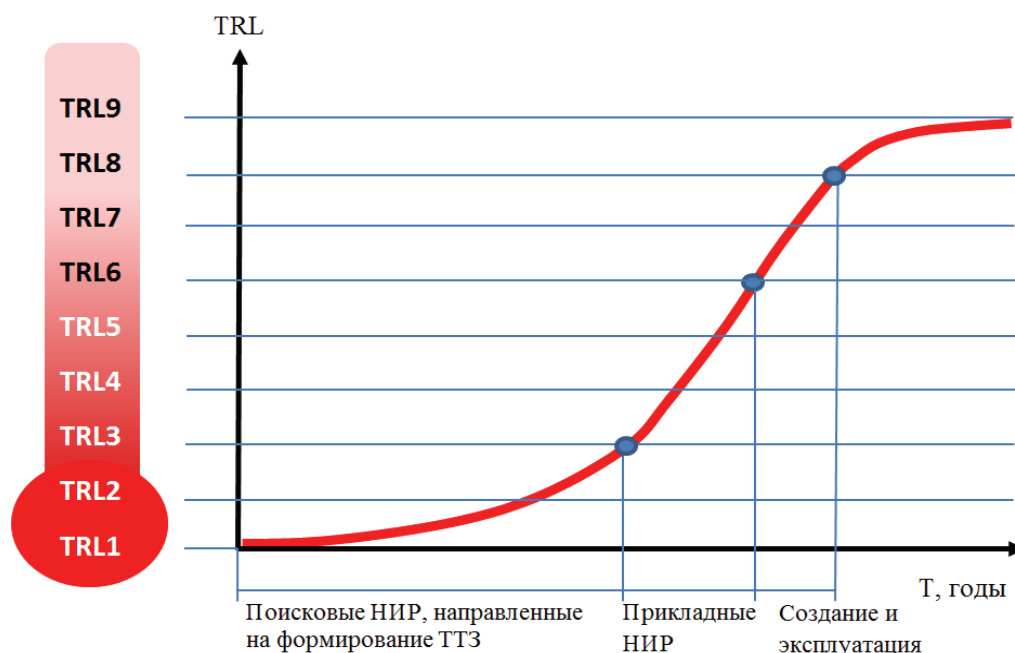


Рис. 2. Зависимость уровня готовности технологии от времени

Для того, чтобы по известному значению TRL найти соответствующее значение T , используют формулу [4]:

$$T = \frac{-\beta \pm \sqrt{\beta^2 + 4\alpha \left[\ln\left(\frac{5}{TRL-3}\right) - \gamma \right]}}{2\alpha}. \quad (2)$$

Постоянные коэффициенты α , β и γ определяют на основе метода Левенберга-Марквардта [4] по двум каким-либо известным точкам логистической кривой (1), например T_1 , $TRL=3$ и T_2 , $TRL=6$, полученным из анализа реализованных в прошлом аналогичных технологий или по оценкам экспертов.

Среднесрочное прогнозирование

Полагая, что за время до шести лет какие-либо технологические сдвиги в развитии техники отсутствуют, условимся считать технологическое развитие техники инерционным.

Инерционное прогнозирование изменения целевых прогнозных характеристик СТС осуществляют экстраполяцией целевых характеристик СТС.

Исходными данными для прогнозирования являются:

- объект прогнозирования: i -я технология, $i = \overline{1,6}$;
- временной ряд целевых (прогнозных) характеристик $x_{il} = x_{il}(t_i^i)$, где $i = \overline{1,6}$, t_i^i – узел (уровень) временного ряда l -й прогнозной характеристики за период основания прогноза

развития i -й технологии; n_i – количество прогнозных характеристик для i -й технологии, $l = 1, n_i$; m_i^l – количество узлов (уровней) временного ряда l -й прогнозной характеристики за период основания прогноза развития i -й технологии; $\tau = 1, m_i^l$.

– период основания прогноза (период предыстории) для i -й технологии: $\Delta T_{\text{оп } i} = \sum_{l=1}^{n_i} t_l^i$;
– период упреждения прогноза для i -й технологии: $T_{\text{пр } i} \leq T_{\text{пр } i \text{ max}}$; где – $T_{\text{пр } i \text{ max}}$ – прогнозный горизонт.

Экстраполяция осуществляется в два этапа, на первом из которых, исходя из минимума среднеквадратической ошибки на периоде основания прогноза $\Delta T_{\text{оп}}$, выбирают вид экстраполирующей зависимости $x = f(t)$, а на втором – рассчитывают значения целевых (прогнозных) характеристик для заданного момента времени $T_{\text{пр}} \leq T_{\text{пр max}}$.

Зависимость, экстраполирующую изменение целевой прогнозной характеристики, выбирают из следующего ряда:

- линейная: $x(t) = a_0 + a_1 t$;
- квадратичная: $x(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$;
- гиперболическая $x(t) = a_0 + \frac{a_1}{t}$.

Постоянные коэффициенты a_0 и a_1 для линейной экстраполирующей зависимости находят из системы нормальных уравнений:

$$ma_0 + a_1 \sum_{i=1}^m t_i = \sum_{i=1}^m x_i, \quad (3)$$

$$a_0 \sum_{i=1}^m t_i + a_1 \sum_{i=1}^m t_i^2 = \sum_{i=1}^m x_i t_i,$$

где m – количество узлов временного ряда целевой прогнозной характеристики за период основания прогноза; n – индекс суммирования.

Среднюю квадратичную ошибку находят по формуле:

$$S_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [(\alpha_0 + \alpha_1 t_i)^2 - x_i]^2. \quad (4)$$

Постоянные коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 для квадратичной экстраполирующей зависимости находят из следующей системы нормальных уравнений:

$$\begin{aligned} ma_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^m t_i + \alpha_2 \sum_{i=1}^m t_i^2 &= \sum_{i=1}^m x_i, \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^m t_i + \alpha_1 \sum_{i=1}^m t_i^2 + \alpha_2 \sum_{i=1}^m t_i^3 &= \sum_{i=1}^m x_i t_i, \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^m t_i^2 + \alpha_1 \sum_{i=1}^m t_i^3 + \alpha_2 \sum_{i=1}^m t_i^4 &= \sum_{i=1}^m x_i t_i^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Среднюю квадратичную ошибку находят по формуле:

$$S_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [(a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2) - x_i]^2 \quad (6)$$

Постоянные коэффициенты a_0 и a_1 для гиперболической экстраполирующей зависимости находят из системы нормальных уравнений:

$$ma_0 + a_1 \sum_{i=1}^m \frac{1}{t_i} = \sum_{i=1}^m x_i; \quad (7)$$

$$a_1 \sum_{i=1}^m \frac{1}{t_i} + a_1 \sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{t_i^2} \right) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{t_i} x_i \right).$$

Среднюю квадратичную ошибку находят по формуле:

$$S_3 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[\left(a_0 + \frac{a_1}{t_i} \right) - x_i \right]^2. \quad (8)$$

Экстраполирующую зависимость выбирают из условия:

$$j \xrightarrow{\min(j)} (S_j), j = 1, 2, 3. \quad (9)$$

Для прогноза целевой характеристики на момент времени $T_{\text{пр}} \leq T_{\text{пр max}}$ в выбранную экстраполирующую зависимость подставляют заданный момент времени $T_{\text{пр}}$:

$$x(t) = x(T_{\text{пр}}). \quad (10)$$

Заметим, что ограничения на определенных интервалах периода упреждения прогноза могут нарушать инерционность (гладкость) результата прогнозирования $\Delta x_i (T_{\text{пр}i})$.

Долгосрочное прогнозирование

При осуществлении долгосрочного прогноза определяют временной ряд вероятных технологий и ориентировочные значения их прогнозных характеристик с учетом возможных технологических сдвигов. При этом под технологическим сдвигом в развитии СТС понимают качественный скачок в динамике целевых прогнозных характеристик технологий.

Задача прогноза технологических сдвигов в развитии СТС относится к классу неформализуемых задач, для решения которой используют экспертные методы.

В целях частичной формализации задачи экспертного прогноза технологических сдвигов используют процедуру определения «коридора» прогноза. Процедура определения «коридора» прогноза включает в себя анализ [5, 6]:

- складывающихся направлений общего технологического развития;
- общей экономической конъюнктуры.

В определенном таким образом «коридоре» прогноза лежат конкретные революционные технические решения (новые технологии). Прогноз появления (в данном коридоре прогноза) новых конкретных технологий осуществляют на основе методов концептуального прогнозного проектирования новых технологий.

Как показывает проведенный анализ, в ближайшие 25 лет «коридор» прогноза развития технологий, обусловленный текущим экономическим укладом и связанным с ним инновационным циклом, характеризуется в целом благоприятной экономической конъюнктурой, нанотехнологической революцией, а также переходом к комбинированным, multifunctional, микроминиатюрным, энергосберегающим, экологически чистым устройствам с широким использованием элементов искусственного интеллекта. Широко будут использоваться биотехнологии, технологии живых систем и «природоподобные» технологии.

Для опроса по долгосрочному прогнозу изменения значений целевых прогнозных характеристик в результате технологических сдвигов в развитии техники привлекаются эксперты

— специалисты в области системных исследований проблем создания технических средств социально-экономического, научного и двойного назначения.

Перед каждым из экспертов — специалистом в i -й проблемной области (i — индекс технологии, $i = \overline{1,6}$), ставится два вопроса:

1. Расположите в порядке убывания значимости (проранжируйте) прогнозные целевые характеристики x_{il} , где i — индекс технологии, $i = \overline{1,6}$; l — индекс прогнозной характеристики ($l = \overline{1,6}$; $l = \overline{1, n_i}$).

2. Какое значение примет прогнозная целевая характеристика x_{il} в заданное время $T \in T_{\text{пр}}$, где $T_{\text{пр}}$ — период упреждения прогноза.

По результатам опроса экспертов вычисляют суммы рангов, полученных l -й целевой прогнозной характеристикой i -й технологии от всех экспертов, принимавших участие в опросе:

$$q_{il} = \sum_{j=1}^K q_{il}^j, \quad (11)$$

где q_{il}^j — ранг, присвоенный l -й целевой прогнозной характеристикой i -й технологии j -м экспертом ($i = \overline{1,6}$, $l = \overline{1, n_i}$); K — количество экспертов, принимающих участие в экспертизе; n_i — количество прогнозных характеристик для i -й технологии.

После этого рассчитывают коэффициент конкордации (согласованности мнений экспертов) относительно ранжирования прогнозных целевых характеристик i -й технологии по степени важности:

$$W_i = \frac{\sum_{l=1}^{n_i} \left\{ q_{il} - \frac{1}{2} K (n_i + 1) \right\}^2}{K^2 (n_i^3 - n_i)}. \quad (12)$$

При $W = 1,0$ имеет место полная согласованность мнений экспертов, при $W > 0,5$ — удовлетворительная и при $W < 0,5$ — низкая¹.

При $W > 0,5$ производят окончательное ранжирование прогнозных характеристик i -й технологии по убыванию суммы рангов. При $W \leq 0,5$ экспертный опрос повторяют.

Опрос экспертов проводят методом анкетирования.

По результатам опроса экспертов определяют среднюю оценку целевой характеристики x_i :

$$x_i^{\text{cp}} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \bar{x}_{ij}, \quad (13)$$

где $\bar{x}_{ij}$ — прогноз значения целевой характеристики x_i , данный j -м экспертом, K — количество экспертов.

Среднеквадратическое отклонение результатов прогноза целевой характеристики x_i от среднего значения определяют как

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K (\bar{x}_{ij} - x_i^{\text{cp}})^2}. \quad (14)$$

¹ При числе прогнозных характеристик i -й технологии $n_i > 7$ оценка значимости коэффициента конкордации может быть произведена по критерию χ^2 .

Оценку согласованности мнений экспертов производят путем вычисления отношения среднеквадратического отклонения к среднему значению целевой прогнозной характеристики, являющейся случайной величиной (математическим ожиданием):

$$r_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K (\bar{x}_{ij} - x_i^{cp})^2}}{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \bar{x}_{ij}}. \quad (15)$$

Степень согласованности мнений экспертов считают удовлетворительной, если оценка согласованности не превышает значения 0,30 и хорошей когда оценка согласованности не более 0,20.

При $r_i \leq 0,3$ в качестве результата прогноза принимают среднюю оценку целевой характеристики x_i^{cp} . В случае $r_i \leq 0,3$ экспертный опрос повторяют (с оглашением и обсуждением результатов первоначального опроса).

Концептуальное прогнозное проектирование новых технологий является составной частью долгосрочного прогнозирования развития техники социально-экономического, научного и двойного назначения, дополняющей и конкретизирующей прогноз изменения значений целевых прогнозных характеристик в результате технологических сдвигов. Концептуальное прогнозное проектирование могут осуществлять специально подобранные эксперты (коллективы экспертов).

Для концептуального прогнозного проектирования новых технологий рекомендуется использовать следующие методы:

- эвристические;
- итераций (последовательного приближения);
- декомпозиции;
- контрольных вопросов;
- мозгового штурма;
- теории решения изобретательских задач (ТРИЗ);
- функционально-стоимостного анализа и др.

Наиболее продуктивными методами концептуального прогнозного проектирования являются методы ТРИЗ, базирующиеся на общих закономерностях развития технических систем [7].

На результат прогноза развития технологий и на постановку целей технологического развития существенно влияют потребности.

Существуют общие закономерности развития потребностей [8]. Но прогнозировать потребности на долгосрочный период практически невозможно или, по крайней мере, весьма затруднительно по следующим причинам.

Во-первых, потребности связаны с возможностями технологий по их удовлетворению не только прямой, но и обратной связью.

Во-вторых, в любой области существует группа «невывраченных» потребностей, о которых потребитель никогда не думал (анализ потребностей по диаграмме Кано [9]). Не узнает о таких потребностях и субъект прогнозирования.

Наконец, в третьих, потребностями могут управлять (манипулировать) конкретные организации, предприятия и лица, обладающие необходимыми для этого ресурсами.

Существует, таким образом, своего рода, диалектика стратегического целеполагания и долгосрочного прогнозирования технологий:

– по мере технологического развития появляются новые возможности, исходя из которых формируются новые потребности, и, наоборот, новые потребности стимулируют поиск новых возможностей их удовлетворения;

— долгосрочное (стратегическое) целеполагание технологического развития должно находиться в «коридоре» долгосрочного прогнозирования, который также подвержен непрерывным изменениям.

Таким образом, проведение комплексного прогнозирования развития сложных технических систем необходимо проводить с учетом складывающейся ситуации в результате технологических сдвигов.

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполненной ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по заданию № 2.12622.2018/12.1 Министерства образования и науки Российской Федерации на выполнение работ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Горелова В.Л., Мельникова Е.Н. Основы прогнозирования систем: Учеб. пособ. для инж.-экон. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1986. 287 с.
2. Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).
3. ISO 16290:2013 Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment.
4. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии. М.: Финансы и статистика, 1981, 302 с.
5. Глазьев С.Ю., Харитонов В.В. (ред.) Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. М.: Тривант, 2009, 304 с.
6. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. М.: ЗАО Издательство «Экономика», 2002, 767 с.
7. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Законы развития и прогнозирование технических систем: Методические рекомендации. Кишинев: Картия Молдовеняскэ, 1989, 114 с.
8. Петров В. Закономерности развития потребностей. Available at: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-04-potrebnosti.pdf> (дата обращения 12.02.2017 г.).
9. Волобжецкий В. Методы оценки качества услуг // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 1. С. 374–379.
10. Клементьев С.А., Ключников В.Ю. Наноспутники – наиболее перспективный класс малых космических аппаратов // Инноватика и экспертиза: науч. тр. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. 2015. Вып. 2(17), с. 97–105.

References

1. Gorelova V.L., Melnikova Ye.N. (1986) *Osnovy prognozirovaniya sistem: Ucheb. posob. dlya inzh.-ekon. spets. vuzov* [Fundamentals of the prediction of systems: Textbook for engineering-economic universities] *Vysshaya shkola* [Higher School]. Moscow. P. 287.
2. *Federal'nyy zakon ot 28 iyunya 2014 g. No. 172-FZ «O strategicheskoy planirovaniy v Rossiyskoy Federatsii» (s izmeneniyami i dopolneniyami)* [Federal Law of June 28, 2014, No. 172-ФЗ «On Strategic Planning in the Russian Federation» (with amendments and additions)].
3. ISO 16290: 2013 Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and criteria of their assessment.
4. Demidenko E.Z. (1981) *Lineynaya i nelineynaya regressii* [Linear and nonlinear regression] *Finansy i statistika* [Finance and Statistics]. Moscow. P. 302.
5. Glazhev S.Yu., Kharitonov V.V. (ed.) (2009) *Nanotekhnologii kak klyuchevoy faktor novogo tekhnologicheskogo uklada v ekonomike* [Nanotechnology as a key factor in the new technological order in the economy] *Trovant* [Trovant]. Moscow. P. 304.
6. Kondratiev N.D. (2002) *Bol'shie tsikly kon'yunktury i teoriya predvideniya. Izbrannye trudy* [Large cycles of conjuncture and theory of foresight. Selected works] *ZAO Izdatel'stvo «Ekonomika»* [ZAO «Ekonomika Publishers»]. Moscow. P. 767.

7. Zlotin B.L., Zusman A.V. (1989) *Zakony razvitiya i prognozirovanie tekhnicheskikh sistem: Metodicheskie rekomendatsii* [Laws of development and forecasting of technological systems: Methodical recommendations] *Kartya Moldovenyaski* [Map of Moldova]. Kishinev. P. 114.
8. Petrov V. (2017) *Zakonomernosti razvitiya potrebnostey* [Regularities of the development of needs]. Available at: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-04-potrebnosti.pdf> (Date of circulation 12.02.2017).
9. Volobzhetsky V. (2012) *Metody otsenki kachestva uslug* [Methods of assessing the quality of services] *RISK: Resursy, informatsiya, snabzhenie, konkurentsia* [RISC: Resources, Information, Supply, Competition]. No. 1. Pp. 374–379.
10. Klement'ev S.A., Klushnikov V.U. (2015) *Nanosputniki – naibolee perspektivnyy klass mal'kh kosmicheskikh apparatov. FGBNU NII RINKTsE* [Nanosatellites – the most promising class of small spacecraft. SRI FRCEC] *Innovatika i ekspertiza* [Innovatics and expert examination]. Moscow. Vol. 2(17). Pp. 97–105.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УЧЕТ ИННОВАЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗНАЧИМОСТИ НАУЧНЫХ РАБОТ, ИХ АВТОРОВ И НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

Д.А. Усанов, зав. каф. ФГБОУ ВО Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, д-р физ.-мат. наук, проф., Usanov@sgu.ru

Н.В. Романова, суд. эксп.-психолог, пат. повер. ФГБОУ ВО Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, канд. социол. наук, Romanovanm@info.sgu.ru

В статье рассмотрен вопрос ориентации ученых на инновационную деятельность и учет этого фактора как одного из наиболее значимых при решении вопроса о финансировании научных исследований.

Ключевые слова: научные исследования, рейтинг, изобретательство, публикационная активность, финансирование научных работ.

CONSIDERATION OF THE INNOVATIVE COMPONENT IN ASSESSING THE IMPORTANCE OF SCIENTIFIC WORKS, THEIR AUTHORS AND RESEARCH ORGANIZATIONS IN A MARKET ECONOMY

D.A. Usanov, Head of Department, Saratov State University name N.G. Chernyshevskogo, Ph.D., Usanov@sgu.ru

N.V. Romanova, Forensic Psychologist, Patent Attorney, Saratov State University named after N.G. Chernyshevskogo, Romanovanm@info.sgu.ru

The article deals with the issue of orientation of scientists to innovative activity taking into account this factor as one of the most important in solving the problem of scientific research financing.

Key words: research, rating, invention, publication activity, financing of scientific works.

Введение

В системе высшего образования РФ исторически с момента ее образования делался акцент на практическую направленность результатов научных исследований в ходе учебного процесса, в том числе фундаментальной составляющей исследований и фундаментальных разделов преподаваемых дисциплин. Важную роль в реализации такой взаимосвязи сыграл академик А.Ф. Иоффе, инициировавший создание в СССР сети физико-технических институтов, до настоящего времени сохраняющих передовые позиции среди других вузов России [1]. Можно предположить, что именно такое гармоничное единство фундаментальной и прикладной составляющей в научной и образовательной деятельности и обеспечило имевшиеся научно-технические достижения в СССР. В этом направлении проходила и мо-

дернизация системы образования. Так в 80-е годы активно внедрялась в практику система целевой интенсивной подготовки, предусматривающая широкое приобщение обучающихся к изобретательской деятельности, а в последствии к научному предпринимательству. Можно сказать, что развитие этого направления имеет перспективу и в условиях рыночной экономики.

Основная часть

Научная деятельность в условиях рыночной экономики финансируется государством, предприятиями бизнеса, различными фондами. В РФ основным источником финансирования науки является государственный бюджет. Для обеспечения конкуренции при выделении бюджетных средств разработана конкурсная система, основанная на использовании института экспертов. Эта система постоянно совершенствуется, вводятся новые факторы, определяющие победителей, уточняются, развиваются существующие положения. В этой связи представляет интерес рассмотреть возможные пути совершенствования этой системы в части использования опыта, накопленного в системе принятия решений Роспатентом.

Согласно сложившейся практике важным (если не определяющим) фактором при формировании выводов экспертов является индекс Хирша [2], которым обладает автор анализируемой работы. Как известно, этот индекс пропорционален числу цитирований работ, принадлежащих научному руководителю (членам коллектива), участвующему в конкурсе. При этом принимается во внимание рейтинг журналов, в которых опубликованы работы конкурсантов, отношение публикаций к системе Scopus, WEB of Science и т.п. К настоящему времени, как известно, наивысший рейтинг имеют зарубежные журналы. Высказывается даже мнение, что «русскоязычная научная периодика практически уничтожена». Такого рода оценки имеют определенные основания. Эту ситуацию можно объяснить недостаточным финансированием издательской деятельности наших научных журналов в условиях рыночной экономики, существенным уменьшением русскоязычной научной аудитории, в том числе в связи с переориентацией ученых стран бывшего социалистического лагеря и республик, входивших в состав СССР, на англоязычную научную литературу. Существенный вклад в этот процесс вносит также то обстоятельство, что публикация в высокорейтинговых зарубежных научных журналах в соответствии с их требованиями исключает опубликование этого материала в отечественной печати. Таким образом, желание получить высокую оценку в рейтинге и различного рода конкурсах по этому фактору приводит к тому, что наиболее актуальные и значимые результаты оказываются первоначально опубликованными в странах с развитой рыночной экономикой, а не в стране, где эта работа была профинансирована. Это обстоятельство, в свою очередь, приводит к тому, что в отечественных журналах наиболее значимые в научном отношении работы в ряде случаев не публикуются, что должно вести к дальнейшему снижению их рейтинга. Недостаточно высокий рейтинг отечественных журналов может быть связан также с тем, что даже в журналах, входящих в Veb of Science и Scopus, в редколлегии состоят в подавляющем большинстве отечественные ученые и, зачастую, нет представителей зарубежных научных центров. Участие в работе редколлегий зарубежных коллег могло бы привлечь для публикации в российских журналах представителей мирового научного сообщества. Тем самым естественным образом мог бы увеличиться и круг читателей журналов, возрасти число цитирований публикуемых в них статей и повыситься рейтинг. Можно сказать, что существующая сегодня ситуация с журналами естественно-научного профиля отражает исторически сложившуюся обстановку прошлого в период плановой, нерыночной экономики. Тогда такая ситуация была естественной, в новых условиях необходимо обеспечивать конкурентоспособность журналов, как субъектов глобального рынка. Для этого, конечно, требуется укрепление материальной базы журналов и их финансирования. В какой-то степени описанные выше негативные тенденции могли бы быть нивелированы, если бы важные для рынка прикладные исследования направленно-го в зарубежный журнал материала были предварительно оформлены и поданы в Роспатент

в виде заявки на изобретение. Отсюда, в частности, представляется важной ориентация ученых на изобретательскую деятельность и учет этого фактора как одного из наиболее значимых при решении вопроса о финансировании научных исследований.

Оформление научных результатов в виде заявки на получение патента предполагает формулирование практической значимости, мировой новизны и высокого уровня решения задачи. Получение патента означает отсутствие плагиата, рыночную значимость фундаментальных результатов, положенных в основу патента, и тем самым способствует обеспечению конкурентоспособности страны, финансирующей исследования. После этого опубликование материалов исследований в международной печати становится своего рода рекламой возможных прикладных аспектов работы. Такой подход к представлению результатов НИР также может способствовать увеличению числа исследователей, цитирующих эти результаты, за счет привлечения внимания широкого круга разработчиков новых видов продукции. Не случайно при определении понятия инновационного процесса патентование относят к его фундаментальной составляющей. В этой связи при оценке значимости деятельности отдельных ученых и научных коллективов, в особенности естественно-научного профиля, в условиях рыночной экономики, в том числе при решении вопросов их финансирования по итогам конкурсов, наличие патентов и сведений об ожидаемых масштабах их внедрения в народное хозяйство должно выступать в качестве значимых характеристик проектов. Исходя из этого можно рекомендовать, чтобы предлагаемые к участию в конкурсах проекты содержали обоснование патентноспособности ожидаемых результатов НИР. Отметим, что проведение фундаментальных исследований является начальным этапом инновационного процесса. Гармонизация сочетания этих этапов должна способствовать успеху заключительной части инновационного процесса, то есть ее рыночной реализации. Здесь можно отметить попытку оценки научно-исследовательской и инновационной деятельности российских университетов [3], базирующуюся на показателях результативности НИР и их способности создавать изобретения и обеспечивать их внедрение. Именно такая совокупность показателей, на наш взгляд, наилучшим образом соответствует задачам развития рыночной экономики. Создание изобретений и инноваций можно рекомендовать сделать значимым учитываемым фактором при решении вопроса о финансировании НИР и о присуждении ученых степеней по естественно-научным, а не только техническим научным направлениям. Такая мера может привлечь к изобретательской деятельности большой отряд ученых, в том числе преподавателей вузов и сотрудников НИИ РАН, к изобретательской, а в последующем и к инновационной деятельности.

В печати в последние годы получила распространение тема обсуждения плагиата и некорректного заимствования при защите диссертационных работ. В этом отношении защита результатов исследований патентами в значительной степени гарантирует мировую новизну, полезность и уровень защищаемых положений. Именно эти признаки являются предметом экспертизы, проводимой Роспатентом. Роспатент имеет для этого развитую базу, коллективы экспертов по отраслям, имеющие большой опыт работы в этой области и необходимую инфраструктуру. В этой связи наличие патента, защищающего права автора, является своего рода гарантией не только отсутствия умышленного присвоения чужих результатов, но и претензий на новизну, связанных с недостаточной осведомленностью. Существующая система анализа текстов диссертационных работ с использованием специально разработанных программ для ЭВМ позволяет фиксировать внешнее сходство анализируемых текстов, как итог, выдавая процент текстуальных совпадений новшества. При анализе диссертационных работ в качестве претензий нередко выдвигается описательная часть, включая обзорную, многостраничного изложения исследований. Представляется полезным использовать при оценке диссертации (ее оригинальности и научной значимости) принятую в патентовании практику выделения в качестве наиболее значимого, основного объекта защиты — формулы изобретения, а не описательную часть диссертации (обзор известных работ по

теме, описание известных решений и т.п.). В диссертационной работе таким объектом защиты естественно является раздел «защищаемые положения и результаты». Такой подход резко ограничил бы поле дискуссий по поводу плагиата, недобросовестного заимствования и тому подобного, позволил бы уменьшить область конфликтов и число их участников как со стороны обвинения, так и со стороны защиты, сконцентрировав их внимание на анализе сущности итогов научной деятельности, способов и технологий их получения и оценки действительно фундаментальных, практически значимых и оригинальных результатов, дающих толчок к созданию конкурентоспособной, востребованной рынком продукции.

Проблеме внедрения научных новшеств, в частности изобретений, в народное хозяйство в советский период уделялось значительное внимание. Была законодательно определена и контролировалась процедура внедрения изобретений. При рассмотрении итогов выполнения НИР существовал раздел «внедрение результатов». К диссертациям по ряду естественно-научных и технических дисциплин существовало требование «внедрения в ОКР» или достижения экономического эффекта, подтвержденного директором и главным бухгалтером предприятия, где этот эффект был получен.

Несмотря на это, недостаточный уровень внедрения научных новшеств не в полной мере удовлетворял потребности общества. Критика уровня внедрения достижений ученых и изобретателей была постоянной темой многих публикаций в средствах массовой информации. Разработка и внедрение в практику действенной системы мер по использованию достижений науки в народном хозяйстве страны в условиях рыночной экономики, в том числе путем вовлечения в этот процесс большого отряда соискателей ученых степеней, могла бы стать эффективной составляющей инновационной экономики.

Описанный выше применительно к диссертациям подход был оправдан в прошлом, так как существовали стимулы к получению научных степеней и связанных с ними званий, возможности продвижения по службе, повышению заработной платы и другие. Здесь следует отметить, что во многом подобные стимулы сохранились и по настоящее время, с той лишь разницей, что изменилось значение и роль каждого из прежних стимулов. В то же время система аттестации в значительной степени принципиально сохранила свои основные положения. В частности, решение о присуждении ученой степени принимается коллективом авторитетных ученых (Ученым советом) и впоследствии утверждается работающими на общественных началах экспертами, образующими экспертные советы по группам специальностей, в ВАК РФ. В то же время с переходом на рыночную экономику и связанной с этим трансформацией взаимоотношений в научной сфере, как показала практика, проявились попытки, и в ряде случаев успешные, защиты диссертаций, не соответствующих общепринятым требованиям. Возможно существенным фактором, позволяющим радикально решить эту проблему, могло бы быть введение института экспертов, работающих на профессиональной основе, аналогично тому, как это успешно действует в системе Роспатента, где проблема разрешения споров по приоритету новшеств, нарушению прав патентообладателей в этой системе детально отработана, успешно действует и вполне соответствует рыночным отношениям. В сочетании с существующим порядком общественной экспертизы существующие противоречия могли бы быть полностью устранены.

Отметим, что в диссертационных работах существует раздел «практическая значимость». Наличие патента на изобретение предполагает, по крайней мере на уровне декларации, ответ на этот вопрос.

Выводы

Сочетание фундаментальной составляющей с наличием охранных способных результатов работы и перспективой их реализации на рынке необходимо отнести к наиболее значимым факторам при оценке конкурентоспособности научных работ и принятии решения об их финансировании.

Введение в требования к квалификационным работам сведений, как минимум, о наличии патента по результатам исследований и, как максимум, сведений о его внедрении в народное хозяйство могли бы резко повысить роль науки в развитие инновационной составляющей экономики. Это, конечно же, прежде всего, относится к естественно-научным отраслям знаний.

Список литературы

1. Усанов Д.А., Школа А.Ф. Иoffee как пример единства науки, образования и производства // Известия вузов. Электроника. 2006. № 5. С. 118–123.
2. Толмачев Д. Патентуй и/или потеряешь / Д. Толмачев, Г. Жогa, П. Кузнецов. Available at: <http://www.acexpert.ru/analytics/ratings/rejting-izobretatelskoy-aktivnosti-vuzov.html>.
3. Васильчаков В. Использование индекса научного цитирования в качестве характеристики научного труда / В. Васильчаков, А. Глушаковский, Н. Слaшчева // Научно-практический журнал «Инновационные ресурсы России. 2003. № 3. С. 13–14. Издательство: Российское энергетическое агентство Министерства энергетики Российской Федерации. Москва. ISSN:0204-3653.

References

1. Usanov D.A. Shcola A.F. (2006) *Ioffe kak primer edinstva nauki, obrazovaniya i proizvodstva. Izvestiya vuzov* [Ioffe as an example of the unity of science, education and production. Izvestiya Vuzov] *Elektronika* [Electronics]. No. 5. Pp. 118–123.
2. Tolmachev D. *Patentuy i/ili poteryaesh'.* Red. D. Tolmachev, G. Zhoga, P. Kuznetsov [Patent and/or lose. Ed. D. Tolmachev, G. Zhoga, P. Kuznetsov]. Available at: <http://www.acexpert.ru/analytics/ratings/rejting-izobretatelskoy-aktivnosti-vuzov.html>.
3. Vasilchakov V. (2003) *Ispol'zovanie indeksa nauchnogo tsitirovaniya v kachestve kharakteristiki nauchnogo truda.* Ed. V. Vasil'chakov, A. Glushakovskiy, N. Slasheva [Using the index of scientific citation as a characteristic of scientific work. Ed. V. Vasilchakov, A. Glushakovskiy, N. Slasheva] *Nauchno-prakticheskiy zhurnal «Innovatsionnye resursy Rossii. Izdatel'stvo – Rossiyskoe energeticheskoe agentstvo Ministerstva energetiki Rossiyskoy Federatsii* [Scientific and Practical Journal «Innovative Resources of Russia. Publisher – Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of the Russian Federation]. Moscow. No. 3. Pp. 13–14. ISSN: 0204-3653.

РАЗВИТИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

А.В. Митько, доц. каф., ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» канд. техн. наук, arseny73@yandex.ru

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

Изложены направления развития инфокоммуникационных технологий для обеспечения хозяйственной деятельности в Баренцевом море. Потенциально арктический мегапроект способен придать импульс развитию сферы судостроения в целом и ряду его инновационных областей (робототехника, энергетические и топливные технологии, материаловедение и другие).

Ключевые слова: Арктика, Баренцево море, кластер, информационные коммуникации, хозяйственная деятельность.

DEVELOPMENT OF INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR ENSURING ECONOMIC ACTIVITIES IN THE BARENTS SEA

A.V. Mit'ko, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «St. Petersburg state University of aerospace instrumentation», Doctor of Engineering, arseny73@yandex.ru

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

The trends and directions of development of infocommunication technologies for ensuring economic activity in the Barents Sea are hereby outlined. Potentially, the megaproject of the Arctic is able to give impetus to the development of the shipbuilding industry as a whole and to a number of its innovative areas (robotics, energy and fuel technologies, materials science etc.).

Keywords: Arctic, Barents Sea, cluster, information communications, economic activities.

Введение

На сегодняшний день г. Санкт-Петербург является научно-производственным плацдармом для освоения Арктики. По большинству приоритетных направлений социально-экономического развития города формируются отраслевые кластеры. Такие как судостроительный, транспортный, автомобильный, научно-образовательный и другие. В конце прошлого года Санкт-Петербургской Арктической общественной академией наук совместно и на базе филиала Центрального института связи создан Центр арктических информационных коммуникаций с целью формирования Арктического инфокоммуникационного кластера, столь актуального для создания информационного каркаса Арктической зоны России, обеспечения информационного суверенитета и национальной безопасности. Естественный фундамент отраслевых кластеров обусловил предложение о формировании на этой базе Арктического территориально-отраслевого кластера. «Под арктическим кластером понимается объединение ресурсов правительств, научного и делового сообщества приарктических стран на взаимовыгодных условиях в целях освоения данного региона», — так описывается проект в «Стратегии развития Санкт-Петербурга до 2030 года». Арктическая общественная академия наук принимает активное участие в развитии концепции Арктического территори-

ально-отраслевого кластера. Арктическая общественная академия наук является приверженцем современной мировой практики формирования научных объединений, как самоорганизующихся организаций. Потенциально арктический мегапроект способен придать импульс развитию сферы судостроения в целом и ряду его инновационных областей (робототехника, топливные технологии, материаловедение и другие).

При этом, для того чтобы промышленность г. Санкт-Петербурга, ориентированная на арктические проекты, давала эффективный отклик, ей требуется постоянная кадровая реализуемость. В подготовку кадров для судостроения в той или иной мере вовлечена большая часть технических вузов города (Балтийский государственный технический университет «Военмех», Государственный университет морского и речного флота им. адмирала Макарова, Санкт-Петербургский государственный технологический институт, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Университет ИТМО, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения и другие).

Объекты и методы

Концепция создания арктического кластера в г. Санкт-Петербурге (далее – Концепция) разработана в целях эффективной реализации государственной политики, направленной на освоение и развитие арктической зоны Российской Федерации (далее – АЗРФ) и национальной безопасности России в этом регионе. Концепция разработана, исходя из требований положений «Основ Государственной политики РФ в Арктике на период 2020 года и на дальнейшую перспективу» (далее – Основы) и «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности до 2020 года» (далее – Стратегия). Основная идея Концепции основана на имеющемся значительном производственном, научном, проектом и образовательном потенциале г. Санкт-Петербурга, векторно-направленном на реализацию приоритетных направлений развития АЗРФ в соответствии с основными целями Стратегии. Существующая материально-техническая база г. Санкт-Петербурга, наличие высококвалифицированного персонала и имеющиеся научные разработки обеспечат выполнение основных задач Концепции в сроки, приемлемые с точки зрения реализации Стратегии и объективного развития отечественного и международного рынка различного вида и секторов услуг в АЗРФ при рациональном использовании бюджетных средств. Основной целью Концепции является определение согласованного единого подхода к созданию арктического кластера в г. Санкт-Петербурге (далее – кластер) со стороны законодательных и исполнительных органов государственной власти, участников кластера и потенциальных инвесторов, включая российские и иностранные компании [1, 2, 3].

Концепция должна реализовываться путем осуществления мероприятий, направленных на развитие производственного сегмента кластера, заключения соглашений о сотрудничестве с перспективными инвесторами, а также расширения количества участников кластера за счет специализированных инновационных организаций-разработчиков, производителей, научных и учебных организаций. Системными проблемами на уровне Российской Федерации, требующими решения в рамках реализации Концепции в г. Санкт-Петербурге, являются:

- технологическое отставание на всех этапах жизненного цикла арктических проектов;
- технологий и программ от проведения научных исследований до реализации и внедрения их в АЗРФ;
- отсутствие ориентации на применение инновационной продукции, что приводит к существенному объему затрат в структуре государственного заказа на низкоэффективные не инновационные технологии;
- отсутствие взаимосвязи между разработкой, выпуском и внедрением в практику инновационной продукции при осуществлении проектов освоения и развития АЗРФ. Данный фактор серьезно увеличивает риски инвестиций в научные исследования как со стороны государства, так и частных инвесторов [4].

Одной из основных задач развития арктического кластера в г. Санкт-Петербурге является решение указанных проблем, в том числе на основе государственно-частного партнерства. Реализация поставленной задачи и определение оптимальных организационно-правовых форм государственно-частного партнерства даст возможность повысить эффективность внедрения инновационных разработок и минимизировать риски инвестиционных и бюджетных расходов при модернизации материально-технической и производственной базы научных учреждений и существующих предприятий, связанных с арктической тематикой. Кластерная политика инновационного развития в Арктике предполагает:

- разработку и реализацию пилотных проектов по освоению и развитию АЗРФ; интенсификацию научных исследований, развитие инфраструктуры инновационного комплекса, включая реализацию технологических платформ; развитие образования, кадровое и информационно-аналитическое обеспечение системы государственного управления АЗРФ; создание системы гидрометеорологической безопасности в Арктике; совершенствование обеспечения безопасности на объектах транспортной инфраструктуры АЗРФ и других;

- координацию целей и задач участников кластера для достижения синергетического эффекта при продвижении продукции кластера на рынках Российской Федерации и за ее пределами. При этом усилия со стороны г. Санкт-Петербурга в части, касающейся развития и поддержки кластера, будут компенсированы за счет привлечения ведущих компаний и специалистов, занимающихся арктической деятельностью, налоговых поступлений в бюджет г. Санкт-Петербурга, а также последовательного увеличения инвестиционной привлекательности г. Санкт-Петербурга для инновационных международных компаний [5].

Реализация Концепции потребует решения следующих основных задач:

- создание достаточного по объему банка инновационной продукции (программы, проекты и другие), необходимой для решения первоочередных, приоритетных проблем АЗРФ;

- поддержка организаций и обеспечение кооперации во всех сегментах кластера, включая организацию исследований, разработку технологий, производство продукции;

- организация и поддержка создания научных центров на базе вузов г. Санкт-Петербурга, занятых в программах и проектах по освоению и развитию АЗРФ;

- организация специализированных программ обучения и привлечение высококвалифицированного персонала;

- разработка организационно-правовых схем для обеспечения притока частных инвестиций.

К предложениям по совместным проектам формируемого кластера арктических инфокоммуникационных технологий относятся:

1. Разработка системного проекта по созданию современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры в Арктической зоне Российской Федерации (согласно Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации).

В рамках системного проекта необходимо предусмотреть:

- внедрение современных информационно-телекоммуникационных технологий и систем (в том числе подвижных) связи, телерадиовещания, управления движением судов и полетами авиации, дистанционного зондирования Земли, проведения площадных съемок ледового покрова, а также системы гидрометеорологического и гидрографического обеспечения и обеспечения научных экспедиционных исследований;

- создание надежной системы оказания услуг связи, навигационных, гидрометеорологических и информационных услуг, включая освещение ледовой обстановки, обеспечивающей прогнозирование и предупреждение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, ликвидацию их последствий, эффективный контроль хозяйственной и иной деятельности в Арктике, в том числе за счет применения глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС и создания многоцелевой космической системы «Арктика», модернизации радионавигационной системы дальнего действия «РСДН-20» («Маршрут»);

— создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, позволяющей осуществлять оказание услуг связи населению и хозяйствующим субъектам на всей территории Арктической зоны Российской Федерации, в том числе путем прокладки подводных волоконно-оптических линий связи по трассе Северного морского пути и интеграции с сетями связи других государств.

2. Подготовка специалистов по инфокоммуникационным направлениям (для регионов Арктической зоны Российской Федерации) путем создания базовых кафедр при ЦНИИС, других НИИ и ВУЗах.

3. Реализация мероприятий по развитию орбитальной группировки космических аппаратов связи и вещания гражданского назначения в 2017–2025 годах, включая создание группировки космических аппаратов (КА) связи на высокоэллиптической орбите для предоставления услуг связи, в том числе в регионах Арктики согласно ФЦП «Развитие орбитальной группировки спутников связи и вещания гражданского назначения, включая спутники на высокоэллиптической орбите, на период 2017–2025 годов».

4. Реализация мероприятий по расширению возможности трансляции пакетов ТВ программ, обеспечению непрерывности вещания федеральных каналов и увеличению зоны охвата в рамках ФЦП «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2018 годы».

5. Реализация мероприятий, направленных на повышение конкурентоспособности почтовых услуг связи (в т.ч. и специальной связи), и их соответствие самым высоким стандартам качества и безопасности. Дальнейшее расширение работ, направленных на ускоренную реализацию и ввод на сети почтовой связи новых услуг ФГУП «Почта России» в сегменте посылочного бизнеса (B2C и B2B) и трансграничной торговли. Модернизация подсистемы обмена данными о регистрируемых почтовых отправлениях на сети почтовой связи и др.

6. Реализация мероприятий в рамках оказания универсальной услуги связи, направленных на оптимизацию ПКД, создание точек доступа Wi-Fi в населенных пунктах численностью от 250 до 500 чел. с целью дальнейшего продвижения услуг фиксированного широкополосного доступа в сеть Интернет и услуг подвижной радиотелефонной связи 3 и 4-го поколения.

7. Разработка целевой (научно-технической) программы, направленной на повышение устойчивости функционирования сети связи общего пользования и сети почтовой связи в чрезвычайных ситуациях, с учетом специфики северных регионов.

8. Комплексное решение проблем организации связи, оповещения в районах субъекта Российской Федерации на основе оборудования отечественного производства (согласно последним требованиям нормативных правовых актов) в различных вариантах исполнения (в т.ч. контейнерном) с последующим техническим сопровождением.

10. Разработка и создание единой мультисервисной сети связи исполнительных органов государственной власти (в том числе закрытый сегмент).

11. Разработка и поставка мобильного узла связи в соответствии с требованиями заказчика на различной транспортной базе.

12. Поставка узла доступа (точка доступа Wi-Fi), обеспечивающего доступ к сети Интернет и другим сетям связи.

13. Разработка и поставка комплексной автоматизированной информационно-аналитической системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с учетом решения задач экстренного оповещения и информирования населения (КАИАС) (в т.ч. мобильный комплекс информирования и оповещения населения (МКИОН)).

14. Разработка и поставка программно-аппаратного комплекса моделирования чрезвычайных ситуаций, обусловленных авариями, на критически важных объектах Российской Федерации.

Известны три основных пути развития единого информационного пространства арктических территорий. Первый основан на создании объединенной системы связи. Второй путь – изолированно и независимо от ведомственных сетей, но централизованно развивать сети общего пользования. Третий вариант подразумевает практически полностью изолированное узковедомственное развитие. Рациональным с государственной точки зрения развития единого информационного пространства арктических территорий в интересах всех ведомств является первый путь [6].

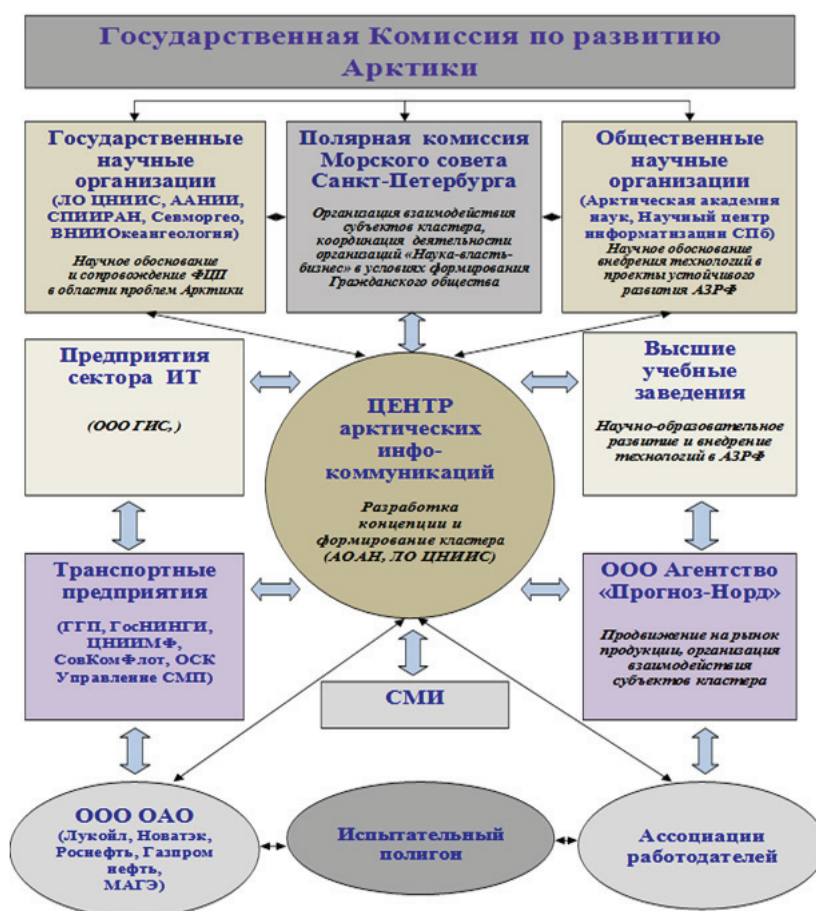


Рис. 1. Схема взаимодействия участников формируемого кластера Арктических инфокоммуникационных технологий

Основой такой системы может быть предлагаемая ЛО ЦНИИС Российская трансарктическая кабельная система – проект подводной кабельной системы, которая соединит две части евразийского континента через Арктические моря и речные магистрали [7].

Одним из направлений консолидации усилий на этом направлении является создание Арктической общественной академии наук на базе и совместно с ЛО ЦНИИС «Центра арктических инфокоммуникационных технологий» с последующей организацией соответствующего кластера на основе Меморандума о сотрудничестве на добровольной основе, взаимопонимании и взаимодействии, схема взаимодействия которого приведена на рис. 1, между Санкт-Петербургской научной общественной организацией «Арктическая общественная

академия наук» — координатором Кластера Арктических инфокоммуникаций и организациями, готовыми присоединиться к Кластеру в качестве участника.

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполненной ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по заданию № 2.12622.2018/12.1 Министерства образования и науки Российской Федерации на выполнение работ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р, с изм. от 08.08.2009 г. № 1121-р).
2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (Указ Президента РФ № 232 от 08.02.2013 г.).
3. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и на дальнейшую перспективу (Указ президента РФ 18.09. 2008 г. № 1969).
4. Митько А.В. Гибридные войны в Арктическом регионе // журнал «Оборонно-промышленный потенциал» № 03, 2016. С. 25–29.
5. Минина М.В., Митько В.Б., Ли Чженьфу. Единая евразийская транспортно-коммуникационная система. Журнал «Транспортная стратегия — XXI век, № 33, 2016., с. 36.
6. Минина М.В., Митько А.В., Митько В.Б. Современные геополитические проблемы освоения Арктики. Арктика: история и современность: Труды международной научной конференции. 20–21 апреля 2016 г. Санкт-Петербург / отв. ред. Доктор исторических наук, проф. С.В. Кулик. М.: Издательский дом «Наука», 2016. С. 40–51.
7. Бабкин Ю.А., Ефимов В.В., Федоров А.В. Создание инфокоммуникационного центра арктических инфокоммуникационных технологий на базе филиала ФГУП ЦНИИС — ЛО ЦНИИС для развития инфраструктуры связи в Арктическом регионе Российской Федерации / Центральный научно-исследовательский институт связи. Санкт-Петербургский филиал. Сборник научных трудов. СПб, 2016. Том 2. С. 106–111.

References

1. *Kontseptsiya dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17 noyabrya 2008 g.* [The concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2020 (approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of November 17, 2008 No. 1662-p, as amended on August 08, 2009 No. 1121-p)].
2. *Strategiya razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii i obespecheniya natsional'noy bezopasnosti na period do 2020 goda (Ukaz Prezidenta RF No. 232 ot 08.02.2013 g.)* [Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period until 2020 (Presidential Decree No. 232 of 08.02.2013)].
3. *Osnovy gosudarstvennoy politiki Rossiyskoy Federatsii v Arktike na period do 2020 g. i na dal'neyshuyu perspektivu (Ukaz prezidenta RF 18.09.2008 g. No. 1969)* [The fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the Arctic for the period until 2020 and for the further perspective (Presidential Decree of September 18, 2008 No. 1969)].
4. Mitko A.V. (2016) *Gibridnye voyny v Arkticheskom regione* [Hybrid Wars in the Arctic Region] *Zhurnal «Oboronno-promyshlennyy potentsial»* [Journal of Defense-Industrial Potential]. No. 03. Pp. 25–29.
5. Minina M.V., Mitko V.B., Li Chzhenfu (2016) *Edinaya evraziyskaya transportno-kommunikatsionnaya sistema* [A single Eurasian transport and communication system] *Zhurnal «Transportnaya strategiya — XXI vek* [Journal of Transport Strategy-XXI century]. No. 33. Pp. 25–29.
6. Minina M.V., Mitko A.V., Mitko V.B. (2016) *Sovremennye geopoliticheskie problemy osvoeniya Arktiki. Arktika: istoriya i sovremennost': Trudy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. 20–21 aprelya 2016 g. Sankt-*

Peterburg. Otv. red. Doktor istoricheskikh nauk, prof. S.V. Kulik [Modern geopolitical problems of development of the Arctic. Arctic: History and Modernity: Proceedings of the International Scientific Conference. April 20–21, 2016 St. Petersburg. Chief Editor: Doctor of Historical Sciences, prof. S.V. Kulik] *Izdatel'skiy dom «Nauka»* [Publishing House «Science»]. Moscow. Pp. 40–51.

7. Babkin Yu.A., Efimov V.V., Fedorov A.V. (2016) *Sozdanie infokommunikatsionnogo tsentra arkticheskikh infokommunikatsionnykh tekhnologiy na baze filiala FGUP TsNIIS – LO TsNIIS dlya razvitiya infrastruktury svyazi v Arkticheskom regione Rossiyskoy Federatsii* [Creation of the infocommunication center for Arctic infocommunication technologies on the basis of the Saint-Petersburg Branch «Leningrad Branch of Central Science Research Telecommunication Institute» (LO–ZNIIS) for the development of communication infrastructure in the Arctic region of the Russian Federation] *Sbornik nauchnykh trudov* [Collection of scientific papers]. St. Petersburg. Vol. 2. Pp. 106–111.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОБРАЗОВАНИЯ, ПРОСВЕЩЕНИЯ, НАУКИ И МУЗЕЙНОГО ДЕЛА: АКТУАЛЬНОСТЬ, ПУТИ РЕШЕНИЯ

А.В. Титова, зам. дир. Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, д-р техн. наук, info@sgm.ru

Е.Г. Мирлин, гл. научн. сотр. Государственного Геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, info@sgm.ru

Сформулировано положение о том, что для образования, просветительской и музейной работы является весьма актуальным визуализация наблюдаемых в природе процессов на основе современных компьютерных технологий. Рассмотрены конкретные примеры, относящиеся к преподаванию географии в средней школе, к научной деятельности в области геологии, к созданию интерактивных музейных экспозиций, показывающие полезность и эффективность такого метода. Проанализирован опыт создания компьютерных видеосюжетов, демонстрирующих различные процессы в твердой оболочке Земли. Сформулированы рекомендации по разработке данного метода и его распространению в образовании, науке и музейной практике.

Ключевые слова: визуализация, природный процесс, компьютерная технология, образование, просвещение, музейная экспозиция.

VISUALIZATION OF NATURAL PROCESSES IN SOLVING PROBLEMS OF EDUCATION, SCIENCE AND MUSEUM BUSINESS: RELEVANCE, SOLUTIONS

A.V. Titova, Deputy Director, V.I. Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences, Ph.D., info@sgm.ru

E.G. Mirlin, Chief Researcher, V.I. Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences, info@sgm.ru

The article States that visualization of the processes observed in nature on the basis of modern computer technologies is very important for education, enlightenment and Museum work. Specific examples related to teaching geography in high school, scientific activities in the field of Geology, creation of interactive Museum exhibitions, showing the usefulness and effectiveness of this method are considered. The experience of creating computer video clips demonstrating various processes in the earth's hard shell is analyzed. Recommendations on the development of this method and its distribution in education, science and Museum practice are formulated.

Keywords: visualization, natural process, computer technology, education, enlightenment, Museum exposition.

Введение

Любой природный процесс — это изменение природной системы во времени. Все элементы окружающей нас природы находятся в движении: воздух, вода, кровь в наших сосудах и в сосудах животных, даже части каменной оболочки нашей планеты — весь мир вокруг нас движется, т.е. меняется во времени. Временной диапазон этих изменений гигантский: от долей секунды (электрический разряд) до миллионов и миллиардов лет (формирование горных пород земной коры). Представление этих временных изменений в виде, наглядном

и удобном для зрительного восприятия и анализа, последующее разъяснение сути изменений — важнейшая цель преподавания естественнонаучных дисциплин, будь то в средней или высшей школе. Аналогичная задача возникает и в музейном деле: например, в экспозиции геологического музея важно не просто представить образец горной породы или минерала, но и продемонстрировать события геологической истории, которые привели к их образованию. Сходная задача существует и в науке, например, в той же геологии необходимо не только выявить различные структурные образования земной коры, но и наглядно продемонстрировать процессы в литосфере, вызвавшие формирование этих структур. Исходя из сказанного, цель настоящей статьи состоит в следующем:

- показать актуальность задачи визуализации изменений природных систем в образовательной, научной и музейной работе;
- рассмотреть имеющийся опыт визуализации природных процессов в образовании, науке и музейной деятельности;
- сформулировать некоторые рекомендации в этом направлении.

Оговоримся, что при рассмотрении вопросов визуализации природных процессов, мы ограничиваемся рассмотрением тех из них, которые наиболее близки профессиональным интересам авторов и которые происходят в твердой оболочке Земли.

Актуальность задачи визуализации изменений природных систем. Образовательная деятельность. В «классических» учебниках для средней и высшей школы по естественнонаучным дисциплинам задача демонстрации и представления изменений в окружающей нас природе решается путем словесного описания процесса в сочетании с иллюстрациями. Приведем наглядные примеры: в учебниках по географии за 6-ой класс средней школы содержатся основные сведения о строении земной коры и литосферы, об основных их структурах и о современных научных представлениях о природных процессах, приводящих к возникновению этих структур. Другими словами, учащихся знакомят с основами геологии. Одним из современных ее разделов является геодинамика, т.е. концепция, согласно которой твердая оболочка нашей планеты исключительно динамична: литосфера разделена на плиты и блоки разного размера, которые перемещаются друг относительно друга с разными скоростями, а также взаимодействуют друг с другом. Области взаимодействия плит отмечены особенно интенсивными геологическими процессами: горообразованием, вулканизмом, землетрясениями. Для того чтобы проиллюстрировать это принципиальное положение о динамике литосферы, в учебниках приводится рисунок, который показывает ее разделение на плиты и блоки, направления их перемещения, а также области взаимодействия. Рисунок так и называется «Движение литосферных плит», хотя, конечно же, рисунок не может представить само движение: оно показано в статике с помощью векторов скоростей их перемещения (рис. 1) [7]. При этом подразумевается, что задачей учителя является словесное описание этого движения и его результатов. Совершенно очевидно, что если бы в данном конкретном примере учитель располагал не только словесным описанием динамики и кинематики плит, но и методом, а также технологией его наглядной визуализации, то его возможности в донесении до школьников самой сути происходящих в литосфере процессов существенно расширились. Соответственно, можно ожидать, что и школьники могли бы более углубленно уяснить их природу.

Другой пример, также относящийся к процессам в оболочках нашей планеты и содержащийся в учебниках географии для средней школы 8-го класса, относится к древним оледенениям, их последствиям и результатам. Школьников знакомят не только с внутренними (эндогенными) процессами, формирующими рельеф планеты, но и с внешними, экзогенными факторами. К ним относятся оледенения, причем выделяется 3—4 эпохи оледенения. Центрами оледенения служили горы Скандинавии, Таймыра, Полярный Урал. Из этих регионов ледник распространялся на прилегающие территории, причем движение его очень сильно меняло поверхность Земли. Ледник не только уносил с собой камни, вмёрзшие в

нижние слои льда, но и, действуя как бульдозер, снимал с поверхности рыхлый материал – глину, песок, щебенку. Как и в первом случае, движение ледника в учебнике иллюстрируется рисунком, на котором стрелками показано направление его перемещения (рис. 2). И в данном примере возможности преподавателя существенно расширились, если бы в его распоряжении имелся видеосюжет, иллюстрирующий движение ледовых масс и их воздействие на земную поверхность. Несомненно, что и учащиеся в этом случае гораздо лучше бы уяснили природу явлений, связанных с действием ледника: образование моренных гряд, валунов, и других явлений



Рис. 1. Разделение литосферы на плиты и их взаимное перемещение.
Рисунок из учебника географии для 6-го класса средней школы



Рис. 2. Положение древних ледников и направление их перемещения.
Рисунок из учебника географии для 8-го класса средней школы

Очевидно, что и в высшей школе лекции по естественнонаучным дисциплинам были бы более эффективны в случае, если бы лектор располагал видеосюжетами, иллюстрирующими определенные природные процессы, о которых ему необходимо рассказать слушателям. Так в вузах, осуществляющих подготовку специалистов по горно-геологической специальности, весьма актуальным является комплекс задач, обусловленных овладением студентами современными технологиями изучения строения земной коры и ее эволюции, знакомство с критериями выявления месторождений разнообразных полезных ископаемых, методиками оценки их запасов и последующей разработки. Все это сопряжено с изучением разнообразных природных явлений и процессов, происходящих в земной коре и литосфере. Их наглядное представление и визуализация — путь повышения эффективности учебного процесса.

Просветительская деятельность

Распространение научных знаний включает в себя ряд информационно-образовательных мероприятий по пропаганде и распространению социально значимых сведений. Такие сведения призваны сформировать общую культуру человеческого сообщества, его мировоззрение, развить его интеллектуальные способности [4]. Методика информационно-просветительской деятельности постоянно развивается, причем все большее место занимают методы, стимулирующие повышение информационной культуры школьников, студентов, а также различных категорий населения. Одно из важнейших направлений просветительской деятельности — экологическое воспитание. Оно особенно важно, поскольку в современном обществе наблюдаются встречные тенденции: устойчивое развитие экономики и социальных условий зачастую сопряжено с усиленной нагрузкой на окружающую среду. Экологическое воспитание включает в себя ряд аспектов, в том числе и интеллектуальный и нравственный. Такой подход находится в полном соответствии с учением В.И. Вернадского о неразрывной связи развития человеческого общества и природы [1]. Так, развитие важнейшего элемента российской экономики — минерально-сырьевой базы возможно только при условии сохранения окружающей среды. Не случайно 2017 истекший год был объявлен Президентом РФ годом экологии.

Важную просветительскую роль в экологической просветительской работе могут сыграть представления о тех природных кризисах, которые имели место в истории биосфер и на которые обращал пристальное внимание в своих работах В.И. Вернадский. Важная часть его мировоззрения — формирование научно обоснованного взгляда на роль критических эпох в истории развития нашей родной планеты. Те относительно короткие периоды времени, когда за относительно короткое время исчезает более чем одна треть семейств организмов, получили название эпох биотических кризисов. Возможная причина их наступления привлекает внимание исследователей уже ни одно десятилетие. К настоящему времени выявлено пять наиболее крупных биотических кризисов, которые произошли в течение фанерозоя: в конце ордовика, девона, перми, триаса и мела. Принципиально важно, что все они отмечены не только массовым вымиранием биоты, но и целым рядом других событий глобального масштаба, в том числе эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана и формированием обширных магматических провинций на континентах — так называемых траппов. Их площадь составляет миллионы квадратных километров, а извержения иногда сопряжены с расколом континентов и даже с падением на Землю крупных метеоритов (рис. 3) [8].

Последние образуют на поверхности гигантские кратеры диаметром 85–110 км. Свидетельством падения метеоритов служат и находки микросферул в осадочных горных породах соответствующего возраста, образующихся при чрезвычайно высоких давлениях, а также фуллерены, которые могут возникать в результате внешнего и чрезвычайно мощного воздействия на литосферу. Кроме того, в горных породах обнаруживается так называемая иридиевая аномалия — повышение концентрации элемента иридия. Его содержание в земной коре чрезвычайно мало, в то время как в метеоритах — в десятки тысяч раз больше. Есть все основания считать, что такие аномалии могли возникнуть именно вследствие падения на

Землю «космического пришельца». Демонстрация самых различных явлений, сопровождавших экологические кризисы в истории нашей планеты, — важнейшая составляющая просветительской работы. Совершенно очевидно, что методы визуализации природных процессов призваны играть ключевую роль в решении данной задачи. Они могут сформировать научно обоснованное представление и о тех критических событиях, которые вызваны природными процессами, и о тех возможных негативных влияниях на природную среду, которые обусловлены человеческой деятельностью. Разработка видеосюжетов, иллюстрирующих явления, сопровождающих экологические кризисы, — принципиально важное направление просветительской работы.

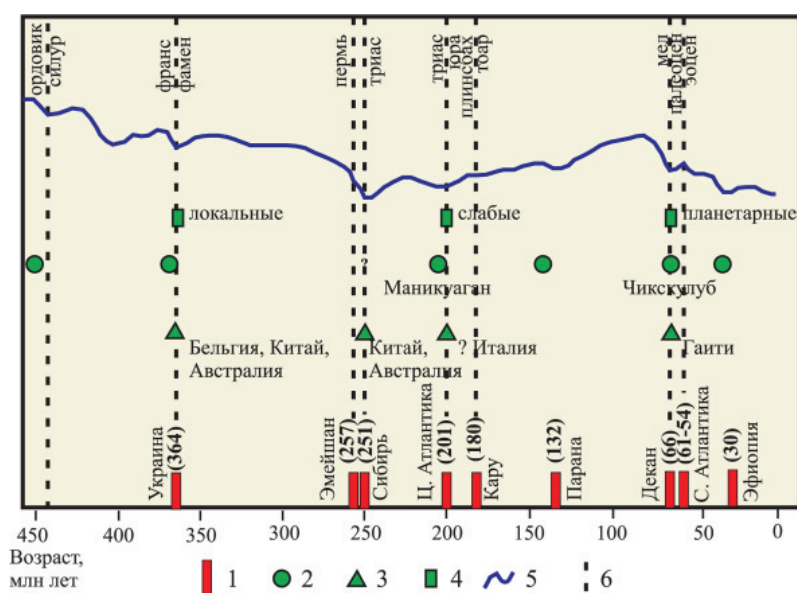


Рис. 3. Временная корреляция между фанерозойскими эпохами крупнейших вымираний живых организмов, формированием провинций платобазальтов и образованием метеоритных кратеров [5]

1 — провинции платобазальтов, 2 — метеоритные кратеры диаметром >85 км, 3 — признаки ударного метаморфизма в горных породах (микроферулы, ударно метаморфизованный кварц, фуллерены), 4 — иридиевые аномалии, 5 — кривая колебаний уровня моря, 6 — эпохи вымираний

Научная деятельность

Исследователь явлений, протекающих в твердой оболочке нашей планеты, в полной мере имеет дело с упомянутым выше гигантским временным их диапазоном: от чрезвычайно кратковременного землетрясения до исключительно длительного формирования крупнейших структур земной коры. Примером влияния временного параметра на ход природных процессов в литосфере является эффект, который уже достаточно давно является предметом внимания геологов и геофизиков и который был обозначен как «вложенность». Суть его в том, что изменение параметров геологической среды, описываемое на больших временных интервалах одной моделью, на меньших временах характеризуется другой физической моделью. Иначе говоря, процессы, характерные для низких масштабных уровней, могут приводить к такому коллективному поведению более крупных блоков, которые эффективно описываются иными моделями [2]. Эффект «вложенности», в частности, характерен для процессов, сопровождающих раскол континентальных массивов и последующее движение

блоков и плит литосферы. Продемонстрируем это на примере формирования спрединговой котловины Вудларк, расположенной в тылу Ново-Британского глубоководного желоба (зона сочленения Евразии с Тихим океаном). Она является одной из наиболее изученных задуговых бассейнов — в ее пределах, в частности, было выполнено глубоководное бурение. Кроме того, котловина рассматривается как типичный пример раскола континентального массива и последующего океанского спрединга. В эволюции котловины отчетливо прослеживаются черты, свойственные развитию «больших» океанских бассейнов: во-первых, продвижение («пропагейтинг») оси раздвига, во-вторых, уменьшение его скорости в направлении «пропагейтинга», и, в-третьих, закручивание оси раздвига. Благодаря этим факторам океанские спрединговые бассейны в плане имеют не прямолинейные, а плавные, закругленные генерализованные контуры. Детальная магнитная съемка в котловине выявила систему полосовых магнитных аномалий и смещающих трансформных разломов, природа которых связана со спредингом океанского дна. Их интерпретация показывает, что после раскола около 6 млн лет назад континентального массива островов Папуа-Новая Гвинея в ее северо-восточной части начался спрединг, и далее ось его продвигалась сперва в юго-западном направлении, а затем постепенно изменяла свое простираие на субширотное. Вследствие «пропагейтинга» и закручивания оси раздвига генерализованные контуры котловины имеют округлые очертания (рис. 4). При этом в плавные закругленные контуры впадины с океанской корой вложена изломанная, ступенчатая геометрия спрединговых сегментов и пассивных окраин, т.е. в плановой геометрии котловины отчетливо проявлена «вложенность» структур разного ранга. Предполагается, что данный эффект — результат различного поведения геологической среды на разных временных масштабах: для интервалов длительностью миллионы лет среда ведет себя как пластичное тело, на более коротких — как хрупкое.

Для разработки физических моделей, адекватно описывающих выявленный феномен, чрезвычайно актуальной является задача визуализации процесса раскрытия котловины с учетом выявленных ее особенностей: вязкого течения для одного временного масштаба и хрупкого раскалывания для другого. В настоящее время она решается стандартным путем: с помощью построения временных срезов для различных стадий эволюции рассматриваемой котловины, как это и показано на рис. 4. Аналогичная задача существует и на глобальном уровне: в настоящее время разработаны реконструкции положения континентов, начиная с позднего протерозоя, а также плит литосферы за последние 200 млн лет (ранняя юра). Очевидно, что и в эволюции океанских бассейнов присутствует эффект «вложенности», который необходимо визуализировать с тем, чтобы затем подвергнуть анализу с построением физической модели поведения геологической среды.

Разумеется, приведенный пример — не единственный, с которым имеют дело геологи и геофизики при решении задач интерпретации процессов в литосфере, которые крайне желательно представить в понятной и наглядной форме. Столкновение плит литосферы и образование складчатых горных систем, погружение одной плиты под другую (субдукция) и формирование глубоководных желобов и вулканических островных дуг, образование океанской коры в зонах спрединга и полосовых магнитных аномалий — далеко не полный перечень предметных задач, которые крайне желательно представить в форме видеосюжетов, наглядных и доступных для восприятия и научным сообществом. Такое представление реального фактического материала — необходимый и чрезвычайно важный этап его научного анализа.

Музейная деятельность

Одним из выдающихся достижений науки конца XX — начала XXI веков было открытие гидротермальных циркуляционных систем на гребне срединно-океанских хребтов и в задуговых бассейнах. Открытие это имеет не только чисто научное, но и мировоззренческое значение. В самом деле, нашу планету справедливо называют живой. Она единственная в Солнечной системе несет на себе жизнь: во всяком случае, ни на одной из других планет ее явных признаков пока не обнаружено. В то же время живой Земля может и должна считаться

не только по этой причине. Она в целом ведет себя как живое тело: ведь основа жизни любого организма или растения — обмен веществ, однако и для нашей планеты свойственен своего рода обмен веществ, поскольку земные оболочки постоянно взаимодействуют между собой. При этом взаимодействие происходит в различных пространственно-временных масштабах и в самых различных формах. Очевидно, что всякому жителю нашей планеты необходимо представлять себе, в чем состоит ее уникальность с тем, чтобы осознавать ответственность за сохранность окружающей его природы. Первым, кто развил учение о целостности явлений, протекающих в оболочках Земли, был В.И. Вернадский. Он вполне четко определил — основа жизни нашей планеты заключается в трансформации и переносе энергии и вещества внутри геосфер и между ними [1].

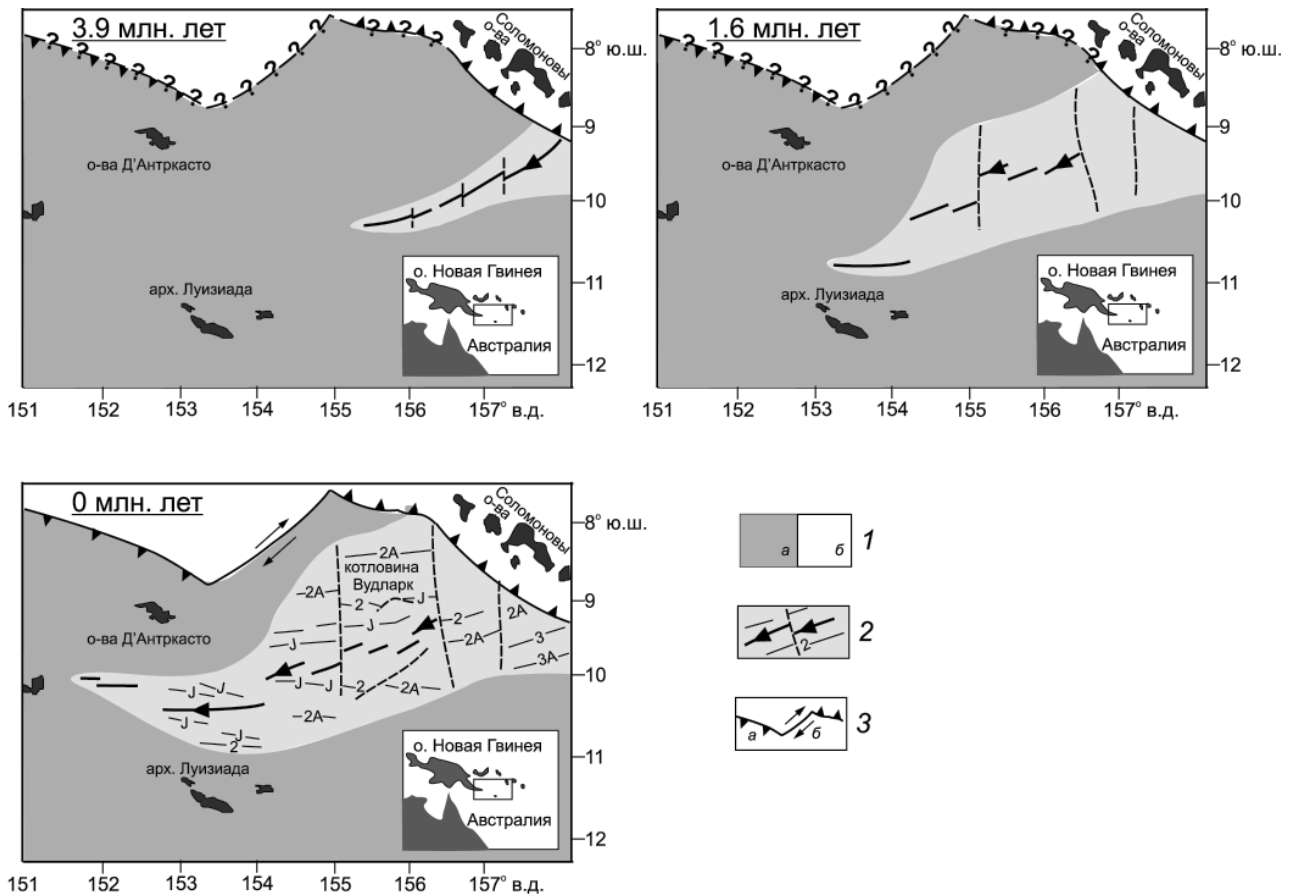


Рис. 4. Принципиальная схема раскола континентального массива островов Папуа-Новая Гвинея и образование спрединговой системы котловины Вудларк [6]

1 — земная кора: *а* — континентальная, *б* — океанская; 2 — спрединговая система котловины Вудларк с новообразованной океанской корой: 1 — оси магнитных аномалий с номерами (тонкие линии), трансформные разломы (штриховые линии), 2 — оси спрединга (утолщенные линии) и направление пропагейтинга (стрелки); 3 — зоны субдукции (*а*) и соединяющий их разлом (*б*). Те же линии с вопросительным знаком — предполагаемое положение указанных границ

Один из наиболее ярких примеров взаимодействия геосфер — процессы в рифтовых зонах мирового океана. Рифты представляют собой гигантские трещины в земной коре (континентальной или океанской), формирующиеся в результате раздвига литосферных плит.

Океанские рифты протягиваются вдоль гребней срединно-океанских хребтов (СОХ), само название которых говорит об их срединном положении по отношению к прилегающим континентам. Вновь образованное пространство между расходящимися плитами заполняется глубинным расплавленным веществом мантии. По мере расхождения плит оно остывает и погружается. Так формируются земная кора срединно-океанских хребтов. На глубине хребтам соответствует клин мантийного вещества, насыщенного расплавом, — астеносфера. Острие клина при этом находится под гребнем хребтов. Конечно же, подъем и остывание горячих глубинных масс лишь в первом приближении можно считать процессом стационарным (т.е. его характеристики не меняются со временем). На самом деле, подъем расплава из астеносферы, наращивание океанской коры и литосферы носит циклический характер. Динамика процесса существенно зависит от скорости раздвига плит: чем она больше, тем сильнее процесс приближается к стационарному. В связи со сказанным хребты с малыми скоростями раздвига характеризуются весьма высокой расчлененностью подводного рельефа по сравнению с рельефом быстро раздвигающихся хребтов.

С помощью различных геофизических методов было установлено, что для глубинного строения всех океанских рифтовых зон независимо от скорости раздвига характерно наличие в земной коре очага магмы. Кровля очагов на хребтах с высокими скоростями раздвига расположена на небольшой глубине — 1,5–4 км. В поперечном сечении очаги имеют форму тонких линз шириной 4–6 км. Они наложены на более широкую зону пластичных пород, содержащих всего несколько процентов расплава. Предполагается, что магматические камеры тонким каналом связываются с астеносферным клином, через который и происходит их питание. Таким образом обеспечивается квазистационарный режим развития приповерхностных камер в рифтовых зонах на гребнях быстро раздвигающихся хребтов. Периоды охлаждения расплава здесь практически отсутствуют. В рифтах медленно раздвигающихся хребтов кровля обширных магматических резервуаров находится на глубине от 3 до 12 км.

Близ поверхностные магматические очаги и астеносферный клин обеспечивают исключительно высокий тепловой поток на гребнях СОХ. Но, кроме того, магматические очаги служат источниками энергии для циркуляции морской воды по многочисленным локальным трещинам, пересекающим земную кору океанских рифтов (рис. 5). Вода проникает в молодую, весьма сильно нагретую океанскую кору и нагревается. Ее потоки взаимодействуют с веществом земной коры, извлекают из него металлы и переносят их к поверхности морского дна, превращаясь в гидротермальные растворы. Вместе с ними к поверхности поступают газы (водород, гелий, метан, соединения серы, и др.), которые выделяются из магматических расплавов. В местах выхода восходящих гидротермальных растворов на поверхность океанского дна при их контакте с холодной морской водой происходит частичное осаждение соединений металлов, и образуются рудные залежи меди, цинка, свинца, золота, серебра и др. Подобные рудопроявления открыты во многих районах глобальной системы СОХ. Значительный вклад в их изучение внесли отечественные исследователи [3].

Формирование рудных тел продолжается и поныне. Многие из них увенчаны трубообразными постройками, через которые просачивается густой черный «дым», насыщенный мельчайшими твердыми частицами соединений серы с металлами. Образец гидротермальной трубы показан на рис. 6. За эффект выходящего из труб «дыма» их прозвали «черными курильщиками». Температура растворов в них превышает 300 °С, а концентрация металлов в 100 млн раз выше, чем в морской воде. Их взвесь разносится океанскими течениями в виде «гидротермальных факелов». Большая часть этих соединений затем осаждается на удалении от «курильщиков», формируя слои металлоносных осадков. Однако часть сульфидов железа и марганца постепенно окисляется и растворяется в водной толще. При благоприятных условиях вокруг мелких песчинок и твердых остатков животных (раковин, зубов акул, фраг-

ментов скелетов) образуются железомарганцевые конкреции, а склоны подводных гор, лишённые осадков, покрываются мощными марганцевыми корками. Открытие гидротермальной циркуляции в океанских рифтовых зонах и сопряженных с ней явлений — выдающееся достижение геологии конца XX — начала XXI веков. В Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского РАН это природное явление отражено в экспозициях, но лишь в статической форме: кроме образцов гидротермальных руд и гидротермальной постройки в ней размещены соответствующие диаграммы и иллюстрации. Совершенно очевидно, что этого недостаточно, поскольку сама суть этого явления требует динамического подхода к его отражению в музее.

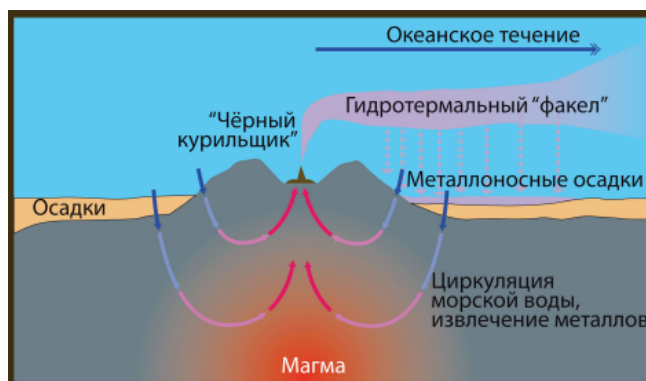


Рис. 5. Процессы в океанских рифтах: подъем глубинного мантийного веществ и образование магматического очага, циркуляция морской воды по трещинам в земной коре, образование «черных курильщиков», гидротермальных «факелов», металлоносных осадков [3]



Рис. 6. Фото образца гидротермальной трубы. Гидротермальное поле Гуаймас (Калифорнийский залив, Тихий океан) 27°01'N 111°24'W, глубина 2037 м. Образец получен на подводном обитаемом аппарате (ПОА) «МИР»

Разумеется, данный пример, иллюстрирующий необходимость использования визуализации природных геологических процессов в музейной деятельности — не единственный. Такой подход вытекает из самой сути геологии как науки не только о структурах земной коры и литосферы, но и о процессах, приводящих к их формированию. Показать эти про-

цессы без соответствующего инновационного подхода, подразумевающего использование современных технологий визуализации изменений природных систем невозможно. Несомненно, что сказанное относится не только к геологии, но и к другим научным дисциплинам.

Имеющийся опыт визуализации природных процессов в образовании, науке и музейной деятельности.

Наиболее продвинутыми в решении данной задачи применительно к образовательной и научной деятельности являются американские геологии и геофизики. В Департаменте Наук о Земле Калифорнийского Университета (г. Санта-Барбара, США) ими был создан специализированный образовательный центр мультимедийной компьютерной визуализации, который в 2002 г. получил специализированный грант от Национального Научного Фонда на разработку видеосюжетов, охватывающих весьма разнообразный спектр природных явлений, происходящих в геосферах [9]. На основе соответствующей компьютерной технологии и программного обеспечения специалисты в области геодинамики и других процессов, протекающих в геосферах, разработали разнообразные видеосюжеты, демонстрирующие различные явления: от раскрытия океанских бассейнов и формирования линейных магнитных аномалий в зонах спрединга до изменения океанской береговой линии в результате наступления и отступления ледников. Длительность каждого видеосюжета невелика и составляет не более 30 с, но, благодаря простоте их восприятия, они уже интенсивно используются при обучении школьников и студентов. Находят они применение и в научной работе, поскольку позволяют весьма наглядно демонстрировать ряд явлений, происходящих в геосферах, особенно те из них, для которых непросто составить словесное описание, а также отразить в статических иллюстрациях. Рассмотрение этих видеосюжетов научным сообществом придает дополнительный импульс для обсуждения и разработки моделей, описывающих природные процессы, происходящие в геосферах. Разумеется, они вполне могут быть использованы и в экспозициях естественнонаучных музеев, тем более что большинство современных музеев такого профиля достаточно хорошо оснащено современной компьютерной техникой.

Задачу отражения в музейных экспозициях разнообразных природных процессов сотрудники ряда естественнонаучных музеев восприняли как весьма актуальную, и в них стали создаваться и широко использоваться интерактивные экспозиции. Их суть состоит в том, что посетители имеют возможность самостоятельно «проводить эксперименты» в различных областях науки: физике, химии, биологии, других научных направлениях и, тем самым, лучше понимать суть природных явлений и изменений, происходящих в окружающей нас природе. К таким передовым музеям относятся, в частности, Музей занимательных наук «Экспериментаниум» в Москве, Центр науки Коперника в Варшаве. Так в Центре науки в Варшаве экспозиция включает в себя своеобразные «лаборатории», в которых посетители могут самостоятельно «проводить эксперименты» в различных областях науки: физике, химии, биологии. Тем самым, посетители могут более глубоко понять суть природных явлений. Разумеется, в каждой «лаборатории» имеется краткое описание явлений и процедуры самого «эксперимента».

Сходный принцип положен в основу Музея занимательных наук «Экспериментаниум» (Москва), где посетители имеют возможность изучения явлений окружающего мира в увлекательной форме, в том числе с помощью «экспериментов». В музее имеются более 300 интерактивных экспонатов, которые наглядно рассказывают о механике, электричестве, магнетизме, акустике, демонстрируют оптические иллюзии, головоломки, и многое другое. Опыт эксплуатации интерактивных экспозиций свидетельствует, что они востребованы посетителями самого различного возраста: от дошкольников до пенсионеров.

Заключение: проблема визуализации природных процессов: соображения относительно путей ее решения

Современные условия развития общества, его информатизация требуют от каждого естественнонаучного музея обновления методов представления его коллекций, актуализации его деятельности. Такой музей призван постоянно развивать интерактивные приемы, которые способствуют расширению кругозора посетителей и творческому подходу к демонстрируемым артефактам.

Сформулированный нашим великим соотечественником В.И. Вернадским принцип взаимодействия геосфер как основе жизни нашей планеты имеет огромное мировоззренческое значение. Достижения современной науки, свидетельствующие о постоянных разномасштабных изменениях в окружающей нас природе, по сути, отражают это взаимодействие. Научные достижения и мировоззренческие представления являются своеобразным вызовом для сообщества специалистов в области образования, просвещения, музейного дела, поскольку они ставят проблему адекватного отражения этих естественных разномасштабных процессов и в учебном процессе, и в естественнонаучных музеях, и в научной работе. Какими же видятся пути ее решения? Обозначим два наиболее первоочередных:

1. Учитывая междисциплинарный характер поставленной проблемы, настоятельно необходима разработка и продвижение специализированного проекта, который призван объединить усилия специалистов в различных научных областях со специалистами в области создания компьютерных анимационных сюжетов. Уже на ранней стадии работы в рамках данного проекта чрезвычайно актуальным является формирование коллектива, состоящего из специалистов, разрабатывающих специализированные «сценарии» мультимедийных видеосюжетов, и специалистов в области компьютерного программирования. Взаимодействие их может осуществляться в разных формах и даст возможность приобрести опыт для дальнейшего движения в совершенствовании технологии и создания мультимедийных видеосюжетов. Одна из таких форм: видеосюжет, визуализирующий определенный процесс из области геодинамики, создается самим специалистом в этой области, использующим программное обеспечение, разработанное специалистом в области компьютерного программирования, под его руководством и при его консультациях. При этом программное обеспечение данной работы может совершенствоваться, соответственно, будет ускоряться процесс создания видеосюжетов. Таков путь, по которому пошли американские коллеги при решении рассматриваемой проблемы в начальной ее стадии.

2. Способ распространения созданных видеосюжетов и их использования также может иметь различные формы. Видеосюжеты, предназначенные для курсов географии средней школы (как, впрочем, и для других школьных предметов), могут быть записаны на CD-дисках с последующим распространением в школах и магазинах (в последнем случае за небольшую плату). Часть видеосюжетов может распространяться через Интернет с соответствующими оговорками относительно ограничений их использования в коммерческих целях. Отдельной задачей является разработка мультимедийных сюжетов для естественнонаучных музеев: как видится в настоящее время, они создаются для включения их в определенную экспозицию и других путей их использования может не предусматриваться.

В заключение отметим, что практическая работа по созданию мультимедийных видеосюжетов, скорей всего, подскажет иные формы их разработки, использования и распространения.

Список литературы

1. Вернадский В.И. Биосфера. Мысли и наброски. М.: Издательский Дом «Ноосфера». 2001. 244 с.
2. Гольдин С.В. Физика «живой» Земли. В кн. «Проблемы геофизики XXI века». М.: Наука. 2003. 311 с. С. 17–36.
3. Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г. Гидротермы на дне океана // Металлогения современных и древних океанов. Ред. Е.Г. Мирлин. М.: Геоэксперт. 1992. С. 14–39.

4. Малышев Ю.Н., Титова А.В. Роль и задачи естественнонаучных музеев в образовательном процессе по специальностям горно-геологического профиля // Горная промышленность. 2017. № 2, С. 108–109.
5. Мирлин Е.Г., Миронов Ю.В. Взаимодействие геосфер – основа жизни нашей планеты // Природа. 2013. № 3. С. 43–49.
6. Мирлин Е.Г., Миронов Ю.В. Роль вихревого движения в геодинамике Эгейского моря (на основе сравнительного анализа с геодинамикой котловины Вудларк) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2014. № 2, вып. № 24. С. 173–186.
7. Петрова Н.Н. География. Начальный курс. 6 класс. М.: Дрофа. 2009. 255 с.
8. Раковская Э.М., Барина И.И. Природа России. 8 класс. М.: Просвещение. 1995. 224 с.
9. The Educational Multimedia Visualization Center of Department of Earth Science, University of California, Santa Barbara, U.S.A.

References

1. Vernadsky V.I. (2001) *Biosfera. Mysli i nabroski* [Biosphere. Thoughts and sketches] *Izdatel'skiy Dom «Noosfera»* [Publishing House «Noosphere»]. Moscow. P. 244.
2. Goldin S.V. (2003) *Fizika «zhivoy» Zemli. V kn. «Problemy geofiziki XXI veka»* [Physics of «living» Earth. In the book: «Problems of Geophysics of the XXI century»] *Nauka* [Science]. Moscow. P. 311. Pp. 17–36.
3. Lisitsyn A.P., Bogdanov Y.A., Gurvich E.G. (1992) *Gidrotermiya na dne okeana* [Thermal springs at the ocean floor] *Metallogeniya sovremennykh i drevnykh okeanov. Red. E.G. Mirlin* [Metallogeny of modern and ancient oceans. Edited by E.G. Mirlin] *Geoekspert* [Geoexpert]. Moscow. Pp. 14–39.
4. Malyshev Yu.N., Titova A.V. (2017) *Rol' i zadachi estestvennonauchnykh muzeev v obrazovatel'nom protsesse po spetsial'nostyam gorno-geologicheskogo profilya* [The Role and tasks of natural science museums in the educational process in the field of mining and geological profile] *Gornaya promyshlennost'* [Mining]. Moscow. No. 2. Pp. 108–109.
5. Mirlin E.G., Mironov Yu.V. (2013) *Vzaimodeystvie geosfer – osnova zhizni nashey planety* [Interaction of geospheres – the basis of life of our planet] *Priroda* [Nature]. No. 3. Pp. 43–49.
6. Mirlin E.G., Mironov Yu.V. (2014) *Rol' vikhrevogo dvizheniya v geodinamike Egeyskogo morya (na osnove sravnitel'nogo analiza s geodinamikoy kotloviny Vudlark)* [Role of vortex motion in the geodynamics of the Aegean sea (on the basis of comparative analysis with the geodynamics of the basin Vudlark)] *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle* [Journal «Bulletin of KRAESC. Earth sciences». No. 2. Vol. 24. Pp. 173–186.
7. Petrova N.N. (2009) *Geografiya. Nachal'nyy kurs. 6 klass* [Geography. Initial course. 6th grade] *Drofa* [Drofa]. Moscow. P. 255.
8. Rakovskaya E.M., Barinova I.I. (1995) *Priroda Rossii. 8 klass* [Nature of Russia. 8 class] *Prosveshchenie* [Education]. Moscow. P. 224.
9. Educational Multimedia Visualization Center of Department of Earth Science, University of California, Santa Barbara, U.S.A.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ АКАДЕМИИ НАУК: ИТОГИ РЕОРГАНИЗАЦИИ 2013 ГОДА

Е.В. Березина, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. экон. наук, berezinaev@extech.ru

Н.А. Плужнова, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, plugnova@extech.ru

Л.В. Прохорова, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, prohorova@extech.ru

А.В. Федин, аналит. 1-й кат. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, avfedin@extech.ru

В статье на основе официальных статистических данных проанализированы состояние и тенденции развития государственных академий наук Российской Федерации (ГАН), в том числе после их реорганизации, начатой в 2013 году. Представлены основные показатели, характеризующие наиболее существенные аспекты деятельности ГАН в период с 1995 по 2016 год, в том числе в сравнении с аналогичными данными о деятельности Федерального агентства научных организаций (ФАНО России).

Ключевые слова: государственные академии наук, Российская академия наук, фундаментальные исследования, исследования и разработки, исследователи, финансирование, материально-техническая база.

STATE ACADEMIES OF SCIENCES: OUTCOME OF RESTRUCTURING 2013

E.V. Berezina, Leading Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Economics, berezinaev@extech.ru

N.A. Pluginov, Senior Researcher, SRI FRCEC, plugnova@extech.ru

L.V. Prokhorova, Senior Researcher, SRI FRCEC, prohorova@extech.ru

A.V. Fedin, Analyst 1 category, SRI FRCEC, avfedin@extech.ru

The article analyzes the state and development trends of the State Academies of Sciences of the Russian Federation (SAS), including after their reorganization, which began in 2013. The main indicators characterizing the most significant aspects of the activities of the SAS within the period from 1995 to 2016 are presented, including in comparison with similar data on the activities of the Federal Agency of Scientific Organizations (FASO of Russia).

Keywords: state academies of Sciences, Russian Academy of Sciences, fundamental research, research and development, researchers, financing, material and technological base.

Уже через несколько лет, 8 октября 2024 г. в России будет отмечаться 300-летие Российской академии наук (РАН). Это важное событие для страны и государства [1]. РАН — одна из старейших и знаменитых академий наук в Европе и мире, главная научная организация России, ее научная визитная карточка. За несколько столетий в ней накоплено огромное историческое и научное наследие. Вклад российской академии в обогащение мировой науки новыми знаниями и достижениями является определяющим, изменившим мир по целому ряду направлений развития мировой и российской науки. Достижения отечественной науки способствовали сохранению целостности и независимости России в самые тяжелые периоды ее истории.

Сегодня отношение государства к научной и научно-технической деятельности выражает проводимая им государственная научно-техническая политика, в рамках которой определяются цели, направления, формы деятельности органов государственной власти Российской Федерации по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники и эффективной реализации их достижений. Юбилей РАН — хороший повод для подведения

итогах, однако одной из основных причин обостренного внимания государства к состоянию отечественной науки, особенно в настоящее время, является критическая зависимость суверенитета, конкурентоспособности, безопасности и обороноспособности страны от достижений науки, прежде всего фундаментальной.

Особенностью текущего состояния и развития отечественной фундаментальной науки, того, с какими результатами она придет к своему 300-летию, ее потенциала и возможностей обеспечить ответ на современные для страны вызовы является прямая зависимость от итогов реорганизации государственных академий наук, начатой в 2013 году по инициативе Правительства Российской Федерации. Основным нормативно-правовым документом, определяющим необходимость и порядок проведения этой реорганизации, является Федеральный закон от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2]. Определенные и проведенные в соответствии с этим законом мероприятия по реформированию академической науки являются одними из радикальных, масштабных и скоротечных в ее многовековой истории.

За почти 5-летний период проведения реорганизации системы фундаментальной науки ее субъектами – Правительством Российской Федерации, Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации, Федеральным Собранием Российской Федерации, Советом при Президенте Российской Федерации по науке и образованию – при активном участии самих ее объектов реорганизации, ГАН, в составе Российской академии наук, Российской академии образования, Российской академии архитектуры и строительных наук, Российской академии художеств, а также вновь созданного Федерального агентства научных организаций (ФАНО России) и подведомственных им организаций проделана значительная работа.

В перечне основных работ по реорганизации ГАН в период с 2013 по 2018 год более 50 мероприятий и рабочих встреч, проведенных Президентом Российской Федерации, Председателем Правительства Российской Федерации, Госдумой Совета Федерации Российской Федерации, Советом Федерации, Советом при Президенте Российской Федерации по науке и образованию с президентами Российской академии наук и руководителем ФАНО России; общих собраний членов РАН, совместных совещаний президиума РАН, заседаний научно-координационного совета при ФАНО России и т. п.

В ходе указанных многочисленных рабочих встреч и мероприятий рассматривались наиболее важные и неотложные проблемы продвижения реформы государственных академий наук, определялись пути их преодоления и в целом общие вопросы обеспечения реализации требований ФЗ-253. В частности, это был широкий круг вопросов, связанных с реорганизацией различных аспектов деятельности ГАН:

- выборность президента РАН;
- регламент взаимодействия ФАНО России и подведомственных ему научных организаций с Российской академией наук (совместное руководство академическими институтами со стороны РАН и ФАНО России, политика «двух ключей» во взаимоотношениях ФАНО России и РАН, переподчинение ФАНО России Российской академии наук и др.);
- сохранение ограничений (мораторий) на операции с имуществом ГАН;
- разработка законопроекта о Российской академии наук и наделении ее особым государственным статусом как самоуправляемой организации, о полном выводе академической науки из-под юрисдикции Министерства образования и науки Российской Федерации, а также:

а) согласование с РАН решений кадровых вопросов, решений о реорганизации, ликвидации и изменении типов научных организаций, переданных в ведение ФАНО России, внесении изменений и дополнений в их уставы;

б) роль РАН как заказчика фундаментальных и поисковых исследований академических институтов;

в) координация и осуществление фундаментальных и поисковых исследований по обновлению научно-технического задела в вопросах обороны;

г) прогнозирование основных направлений научного, научно-технологического и социально-экономического развития страны;

д) право РАН направлять в органы государственной власти Российской Федерации предложения по вопросам развития законодательства, а также по вопросам, относящимся к сфере ее деятельности (право законодательной инициативы);

е) роль РАН в реализации научной дипломатии:

— состояние и меры по обновлению приборного парка в научных и образовательных организациях, в том числе поддержка и развитие научной инфраструктуры коллективного пользования;

— оценка результативности деятельности академических институтов;

— воссоздание в системе РАН научной аспирантуры и т.п.;

— регионализация академической науки;

— роль РАН в разработке и реализации Стратегии научно-технологического развития России до 2035 года;

— изменения в организации управления наукой;

— изменения финансирования науки;

— содержание корректировок и поправок в ФЗ-253;

— участие ГАН в подготовке нового закона о науке и др.

Доля РАН в проведении фундаментальных и поисковых научных исследований по важнейшим направлениям естественных, гуманитарных, общественных и технических наук фактически составляла более 90% от общего объема затрат на исследования и разработки, выполняемых в организациях государственных академий наук [3]. Поэтому и ведущая роль в практическом решении вопросов реорганизации ГАН также оказалась у РАН. Так, РАН по вопросам, связанным с реорганизацией ГАН, в период с 2014 по 2016 год представлены 15 докладов Президенту Российской Федерации и председателю Правительства Российской Федерации. Проведено 4 общих собрания академии наук, состоялось объединительное собрание членов РАН; проведено 116 заседаний президиума РАН, заслушано 119 научных сообщений по наиболее важным научным темам; подготовлено более 700 предложений от академии в Совет Безопасности РФ, министерства и ведомства, в том числе в Минобрнауки России; рассмотрено 70 предложений о реорганизации и ликвидации организаций: завершена реорганизация в отношении 25 проектов (80 научных организаций прекратили свою деятельность как юридические лица); подготовлено более 25 предложений и информационно-аналитических материалов по актуальным проблемам развития фундаментальных и поисковых научных исследований [4].

В 2017 – начале 2018 г. Президентом Российской Федерации и председателем Правительства Российской Федерации, руководителями академической науки (РАН, ФАНО России) были даны оценки проделанной ими работы, в том числе и по реорганизации ГАН, в ряде следующих итоговых документов:

— Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию о состоянии дел России (1 марта 2018 г.) [5];

— Отчет Правительства Российской Федерации об итогах работы в 2012–2017 годах в Госдуме Федерального Собрания Российской Федерации (11 апреля 2018 г.) [6];

— ежегодные доклады РАН Президенту Российской Федерации и в Правительство Российской Федерации о состоянии фундаментальных наук в Российской Федерации и о важнейших научных достижениях российских ученых в период с 2014 по 2017 год [7];

— ежегодные отчеты государственных академий наук о научной, научно-организационной и финансово-хозяйственной деятельности в Правительство Российской Федерации [8];

— итоговый доклад руководителя ФАНО России об основных итогах работы за 2013–2017 гг. (27 марта 2018 г.) и др. [9].

Анализ этих материалов и документов указывает на то, что основное внимание в них уделялось наиболее важным общим концептуальным и принципиальным проблемам, путям их преодоления, преимущественно качественным оценкам состояния ГАН по отдельным аспектам их деятельности — финансированию, кадровой обеспеченности, материально-технической базы исследований. Так, например, в Послании Президента Российской Федерации Федеральному Собранию 2018 года отмечено: «...За последние годы мы смогли серьезно нарастить ее (фундаментальной науки — ред.) потенциал, по целому ряду направлений вышли на передовые позиции. Большая заслуга здесь принадлежит Российской академии наук, нашим ведущим научным институтам» [5].

В докладе председателя Правительства Д. Медведева об основных итогах работы Правительства Российской Федерации за 2013–2017 гг. отмечено: «...академия наук все активнее участвует в реализации общегосударственных задач, в поиске ответов на так называемые большие вызовы — это и искусственный интеллект, и цифровизация, медицина, биотехнология, энергетика, новые материалы и целый ряд других направлений; ...мы перестали терять научные кадры; ...старемся увеличивать ассигнования в гражданскую науку; ...продолжаем повышать зарплаты бюджетникам... тех, кто преподает в университетах, занят в науке» [6]. То же в докладе М. Котюкова об основных итогах работы ФАНО России за 2013–2017 гг.: «...удалось решить много вопросов развития российской науки, в том числе и спорных...»; «...смогли наладить плодотворное взаимодействие между Агентством, РАН и исследовательскими институтами, найти консенсус» [9].

В выступлениях Президента РАН отмечается: «...связка «РАН — ФАНО России» является наиболее эффективной для развития академической науки, альтернативы которой на сегодняшний день нет»; «...плодотворная работа, проводимая Академией (РАН — ред.) и ФАНО России...» [10].

Альтернативной этим является оценка 397 российских ученых, академиков и членов-корреспондентов РАН и ученых не из системы РАН о ситуации в российской науке и необходимости принятия неотложных мер со стороны высшего руководства страны: «...финансирование институтов РАН сокращалось; продолжается бессмысленная реструктуризация многих институтов, усиливается абсурдная бюрократизация управления наукой со стороны Федерального агентства научных организаций (ФАНО России) ...наблюдается рост научной эмиграции из России молодого поколения ученых... создана громоздкая и неработающая система управления наукой...» [11].

Приводимые же при этих оценках количественные показатели, характеризующие состояние ГАН, носили, как правило, немногочисленный, выборочный характер, являлись лишь отдельными аргументами в рамках обсуждаемых тем и в целом не позволяют получить полную и целостную оценку состояния ГАН и фундаментальной науки в стране.

Следует отметить, что, безусловно, первичным в определении итогового состояния ГАН является их качественная оценка. Однако определить и оценить современное качественное состояние государственной академической науки без количественных характеристик невозможно. Качественное познание любых предметов (процессов и явлений) и их количественная оценка связаны между собой неразрывно, и поэтому предметы в принципе не могут быть познаны в отрыве количественного и качественного подходов.

В связи с этим актуальным является дополнение имеющихся качественных и отдельных количественных оценок хода и промежуточных итогов реорганизации ГАН комплексом количественных оценок, позволяющих сформировать достаточно полную и целостную картину процессов этой реорганизации. Таким образом, предметом настоящей статьи является анализ показателей, характеризующих академический сектор науки в период с 1995 по 2016 год. При этом основное внимание в статье привлечено к периоду развития ГАН после 2013

года (начала реорганизации) и его сравнению с аналогичными показателями научных организаций ФАНО России. Кроме количественных оценок хода реорганизации ГАН, ее итоги также не могут быть определены и оценены без учета целей и основных задач, поставленных в ФЗ-253. С учетом этих целей и задач [12] в статье сформированы группы показателей для оценки итогов реорганизации ГАН:

- институциональная структура академического сектора;
- численность работников;
- подготовка научных кадров высшей квалификации;
- финансовое обеспечение фундаментальных и поисковых научных исследований;
- материально-техническая база научных организаций.

Анализ официальных статистических данных, отражающих состояние и основные тенденции развития ГАН по указанным показателям, приведен ниже.

В результате реорганизации государственных академий наук к РАН присоединились Российская академия медицинских наук и Российская академия сельскохозяйственных наук, а практически все их организации перешли в ведение Федерального агентства научных организаций [13]. Как организации академического сектора, так и организации, подведомственные ФАНО, входят в государственный сектор науки, но внутри данного сектора произошло перераспределение организаций. Организации, перешедшие в ведение ФАНО, одновременно перешли из академического сектора в ведомственный.

По данным за 2016 год, в академическом секторе после реорганизации осталось 25 организаций, выполнявших исследования и разработки, или 0,6% от общего количества по стране. По сравнению с 2013 годом их число сократилось почти в 35 раз (рис. 1). На протяжении 1995–2013 годов наблюдался рост числа научных организаций государственных академий наук. В этот же период их удельный вес в общем числе организаций, выполнявших исследования и разработки, колебался в пределах 20–25% (рис. 2).



Рис. 1. Число организаций, выполнявших исследования и разработки, ед.

С 2014 г. картина меняется. Начинается не только постепенный перевод организаций из академического сектора в ведомственный, но и сокращается суммарное число организаций ГАН и ФАНО России. В 2016 г. число организаций академического сектора сократилось по сравнению с 1995 годом на 96,9% (рис. 3).

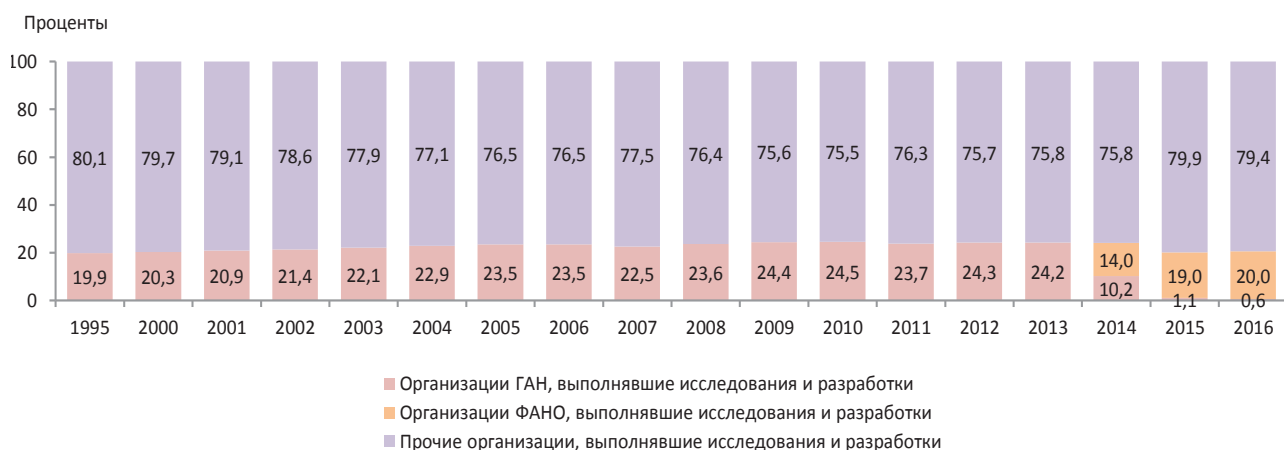


Рис. 2. Удельный вес организаций академического сектора, выполнявших исследования и разработки, в общем числе по стране, %

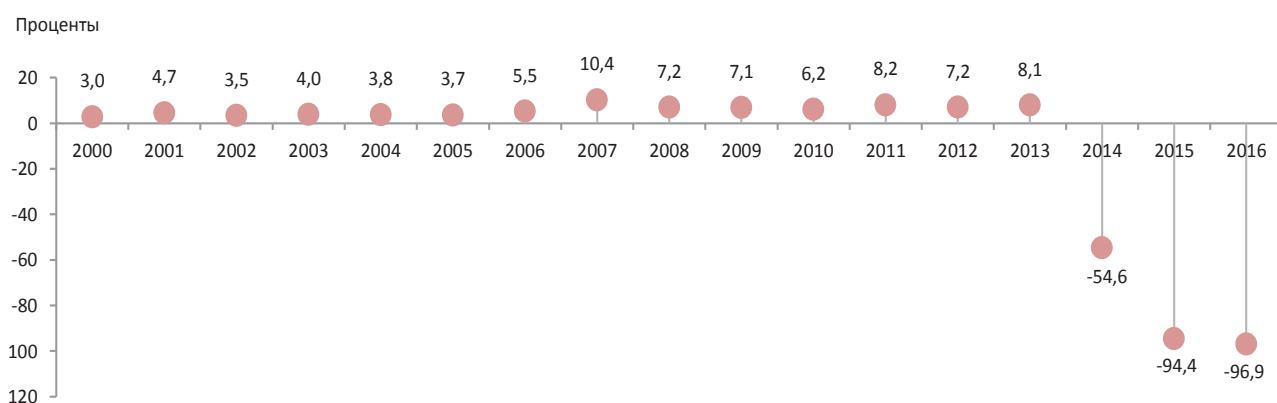


Рис. 3. Рост (сокращение) числа организаций, выполнявших исследования и разработки в академическом секторе (в % к 1995 году)

Резкое сокращение числа научных организаций академического сектора привело к такому же резкому снижению значений основных показателей, характеризующих состояние и тенденции его развития. Так, в 2016 году численность персонала, занятого исследованиями и разработками (ИР) в организациях ГАН, составила 2,6 тыс. чел. (рис. 4), сократившись в 51 раз по сравнению с 2013 годом и в 63 раза – с 1995 годом. Доля персонала, занятого исследованиями и разработками в организациях ГАН, в его общей численности по стране варьировала от 15 до 19% в период с 1995 по 2013 год (рис. 5). В 2016 г. произошло ее снижение до 0,4%. Суммарная доля персонала, занятого исследованиями и разработками в организациях ГАН и ФАНО России, составила 17,6%, что на 0,6 п.п. ниже значения показателя академического сектора 2013 г.

В 2016 г. численность персонала, занятого исследованиями и разработками в академическом секторе, сократилась относительно 1995 года на 98,4% (рис. 6).

В организациях ГАН в 2016 году занимались научной деятельностью 1,4 тыс. исследователей. Численность исследователей сократилась еще значительно, чем численность персонала в целом: в 52 раза по сравнению с 2013 годом и 67 раз – с 1995 годом. В период 1995–2013 г.

численность исследователей академического сектора сократилась на 21 тыс. чел., в то время как численность персонала в целом — на 30,6 тыс. чел. Таким образом, в этот период сокращение численности персонала, занятого исследованиями и разработками в организациях ГАН, происходило, прежде всего, за счет сокращения численности исследователей (69% выбывших составили исследователи).

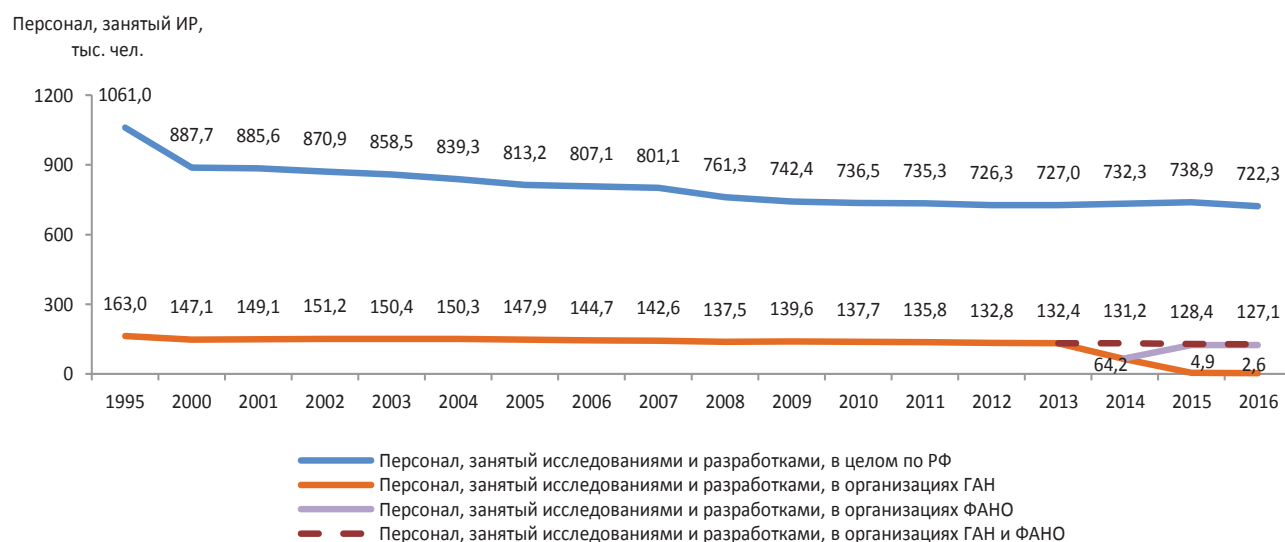


Рис. 4. Численность персонала, занятого исследованиями и разработками, тыс. чел.



Рис. 5. Удельный вес персонала, занятого исследованиями и разработками в организациях государственных академий наук, в его общей численности по стране, %

Общая численность исследователей организаций ГАН и ФАНО России в 2016 г. составила 67,4 тыс. чел., или 18,2% от общей численности по стране. По сравнению со значением показателя академического сектора 2013 года это ниже на 4,1 тыс. чел. Удельный вес исследователей академического сектора в их общей численности по стране варьировал от 18% до 21% на протяжении 1995–2013 гг. В год реорганизации он составил 19,4%, постепенно сократившись до 0,4% в 2016 г. (рис. 7).

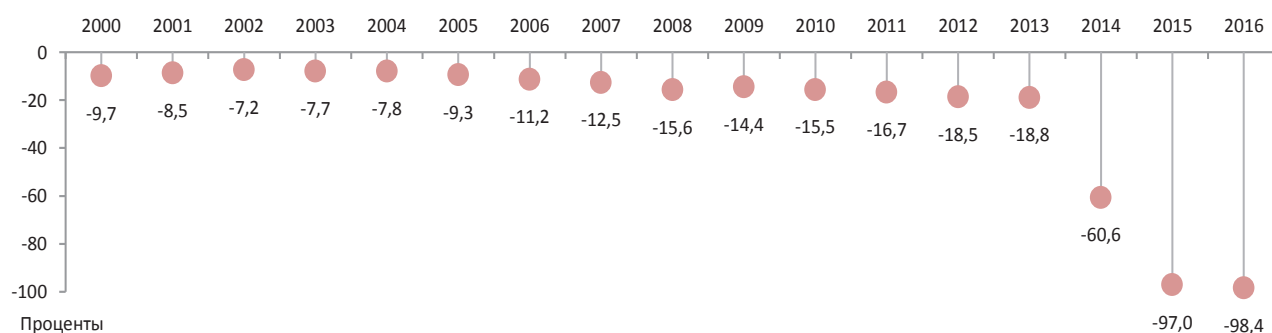


Рис. 6. Сокращение численности персонала, занятого исследованиями и разработками в академическом секторе (в % к 1995 году)

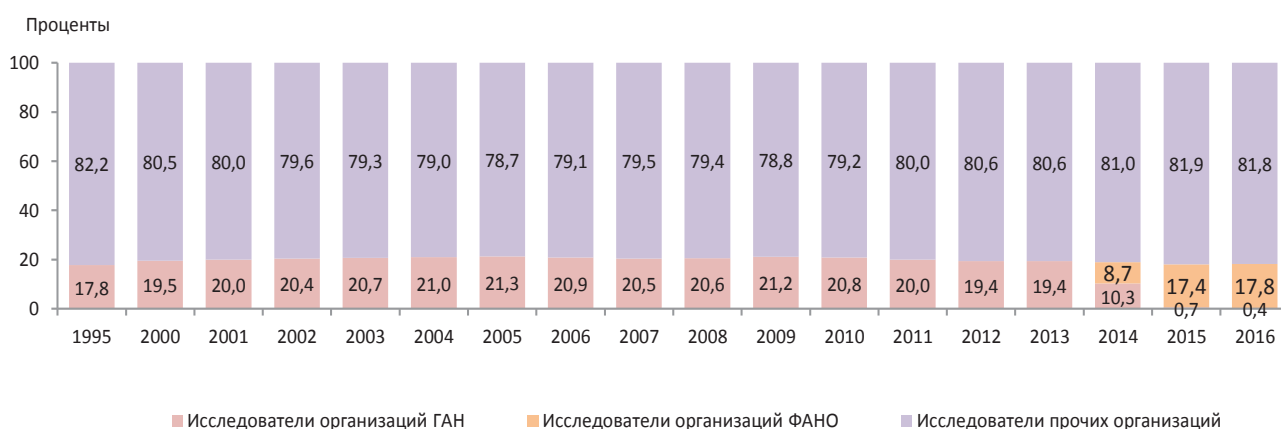


Рис. 7. Удельный вес исследователей академического сектора в их общей численности по стране, %

Относительно 1995 г. численность исследователей академического сектора постоянно снижалась. С 2000 по 2005 год это сокращение не превышало 10%, с 2006 по 2013 год – составляло от 12 до 23% (рис. 8). Суммарная численность исследователей организаций ГАН и ФАНО России так же, как и численность персонала, занятого исследованиями и разработками, демонстрирует снижение: в 2016 году она сократилась на 27,1% по сравнению с 1995 г. и на 5,7% – с 2013 г.

Стоит отметить такой показатель, как доля исследователей в численности персонала, занятого исследованиями и разработками (ИР). В период с 1995 по 2013 год его значение в целом по стране составляло 48–51%. В академическом секторе значение данного показателя превышало уровень по стране и варьировало от 54 до 57%. Для сравнения: в Германии в разные годы рассматриваемого периода доля исследователей в численности персонала, занятого ИР, составляла 53–60%, в Великобритании – 59–77%, Франции – 53–64%, Японии – 72–76%.

Более половины исследователей академического сектора имели ученые степени (рис. 9). В организациях ГАН с 1995 по 2013 год доля исследователей, имеющих степень доктора наук, увеличилась с 12 до 19,8%, кандидата наук – с 40,4 до 45,6%. В этот же период в организациях, не входящих в систему ГАН, исследователи со степенью доктора наук составляли от 1,9 до 4,5%, кандидата наук – от 14 до 16,2%.

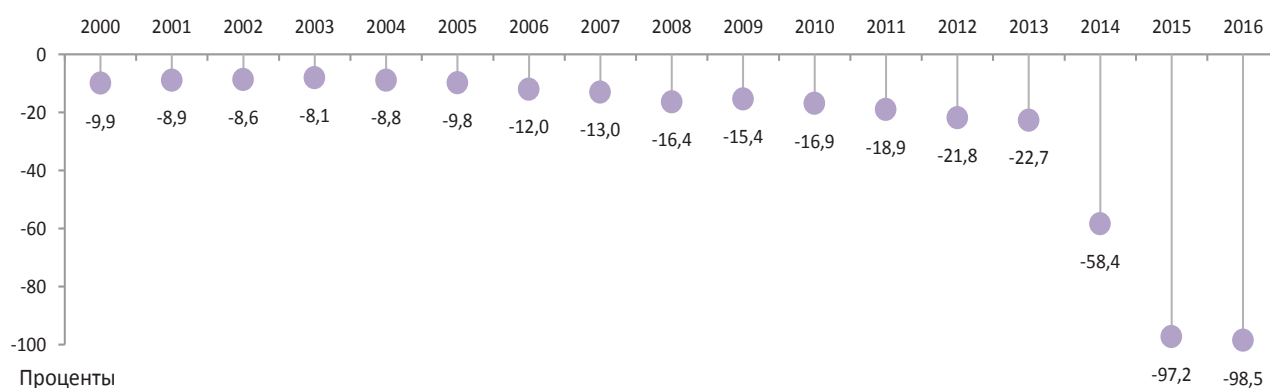


Рис. 8. Сокращение численности исследователей академического сектора (в % к 1995 году)

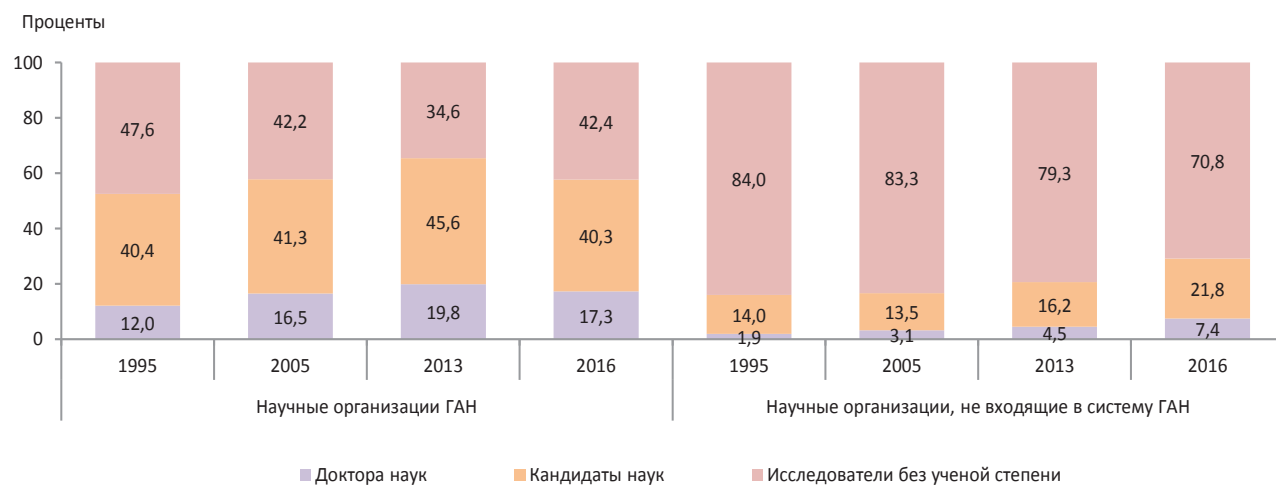


Рис. 9. Доля исследователей с учеными степенями, %

В результате перераспределения кадров между академическим и ведомственным секторами в 2016 году картина меняется. Доля докторов наук в общей численности исследователей академического сектора сокращается до 17,3%, кандидатов — до 40,3%. В научных организациях, не входящих в систему ГАН, тенденция обратная: доля докторов наук в общей численности исследователей увеличивается до 7,4%, кандидатов — до 21,8%.

В академическом секторе на протяжении 1995–2013 годов происходило увеличение численности исследователей со степенью доктора наук (рис. 10). В год реорганизации она составила 14,2 тыс. чел., или 51,6% от общей численности исследователей докторов наук. В результате реорганизации государственных академий наук значение последнего показателя сокращается в 2016 г. до 0,9%. В 2014–2016 гг. суммарная доля исследователей со степенью доктора наук организаций ГАН и ФАНО России снижается с 50,5% до 47,7% от их общей численности по стране.

В 2016 г. численность исследователей со степенью доктора наук в организациях ГАН сократилась по сравнению с 1995 годом на 97,8% (рис. 11).

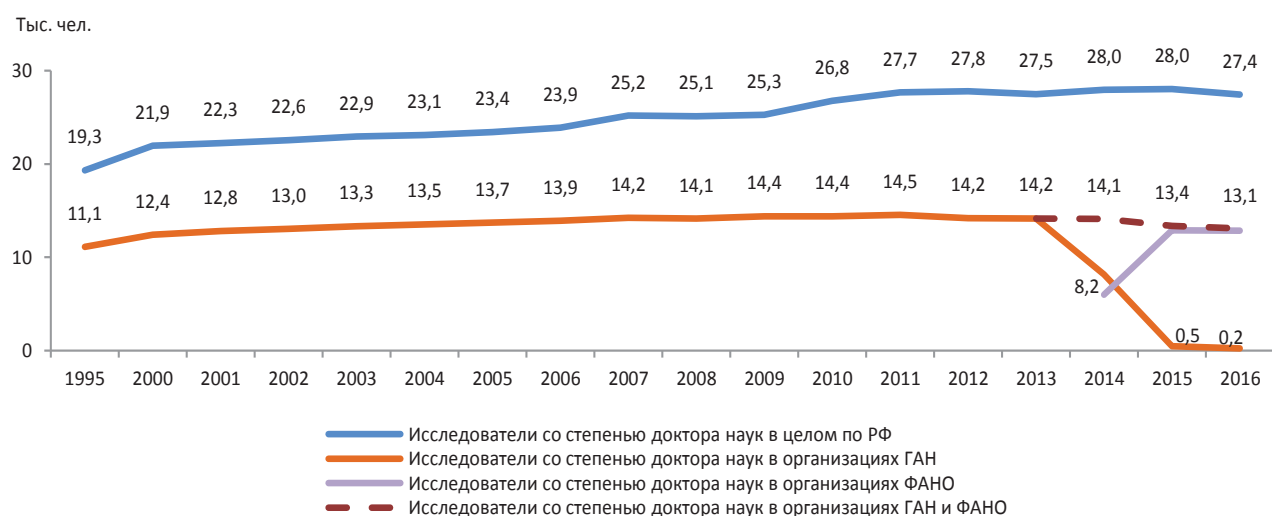


Рис. 10. Динамика численности исследователей со степенью доктора наук, тыс. чел.

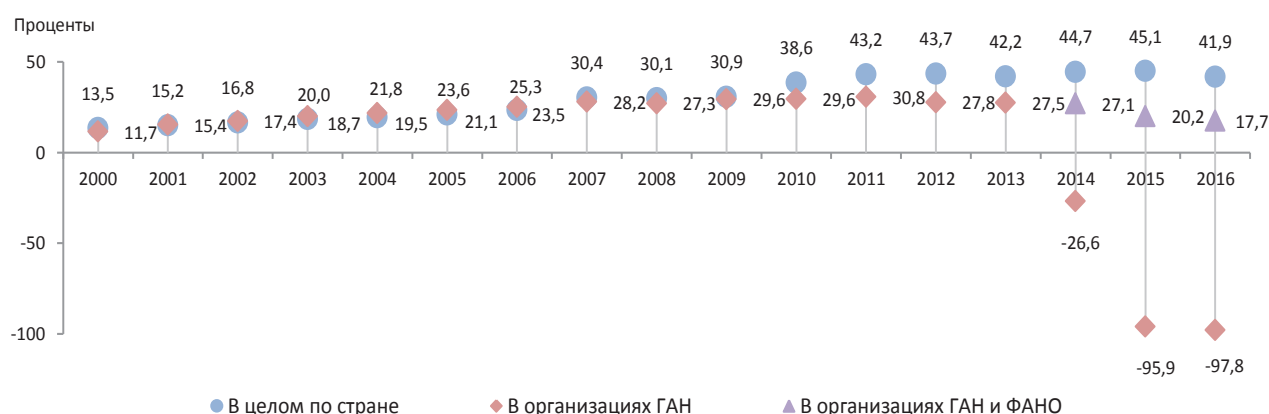


Рис. 11. Рост (сокращение) численности исследователей со степенью доктора наук (в % к 1995 году)

В отличие от численности исследователей докторов наук численность исследователей со степенью кандидата наук на протяжении 1995–2013 гг. снижалась как в целом по стране, так и в академическом секторе. В 2013 г. в организациях ГАН было занято 32,6 тыс. исследователей со степенью кандидата наук, или 40,4% от их общей численности (рис. 12). В 2016 г. значение последнего показателя сокращается до 0,7%.

В период 2014–2016 гг. суммарная доля исследователей, имеющих степень кандидата наук, организаций ГАН и ФАНО России снижается с 39,7 до 38,1%.

Следует отметить, что в настоящее время в результате принятия 29 декабря 2012 г. Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ аспирантура прописана только в законе об образовании и трактуется только как ступень вузовского образования. Конкурс на распределение контрольных цифр приема аспирантов на бюджетные места в научные организации, подведомственные ФАНО России, с 2013 года централизованно проводит Минобрнауки России. На сегодняшний день в соответствии с законом об

образовании подготовку научно-педагогических кадров (научных кадров высшей квалификации) в аспирантуре осуществляют 363 организации, подведомственные ФАНО России, из них 277 имеют государственную аккредитацию образовательной деятельности. На начало 2017/18 учебного года в институтах ФАНО России обучались 5,5 тыс. аспирантов и 350 ординаторов. Однако в связи с необходимостью возобновления притока кадров, адекватного новым потребностям сохранения и развития академической науки, в системе РАН остро стоит вопрос о воссоздании научно-академической аспирантуры.



Рис. 12. Динамика численности исследователей со степенью кандидата наук, тыс. человек

Структура исследователей академического сектора по возрастным группам представлена на рис. 13. С 2000 по 2013 год произошло увеличение доли исследователей в возрасте 70 лет и старше с 4,6 до 14,3%. В результате реорганизации государственных академий наук и перераспределения кадров между академическим и ведомственным секторами доля исследователей данной возрастной группы сократилась до 12,2% в 2016 г.

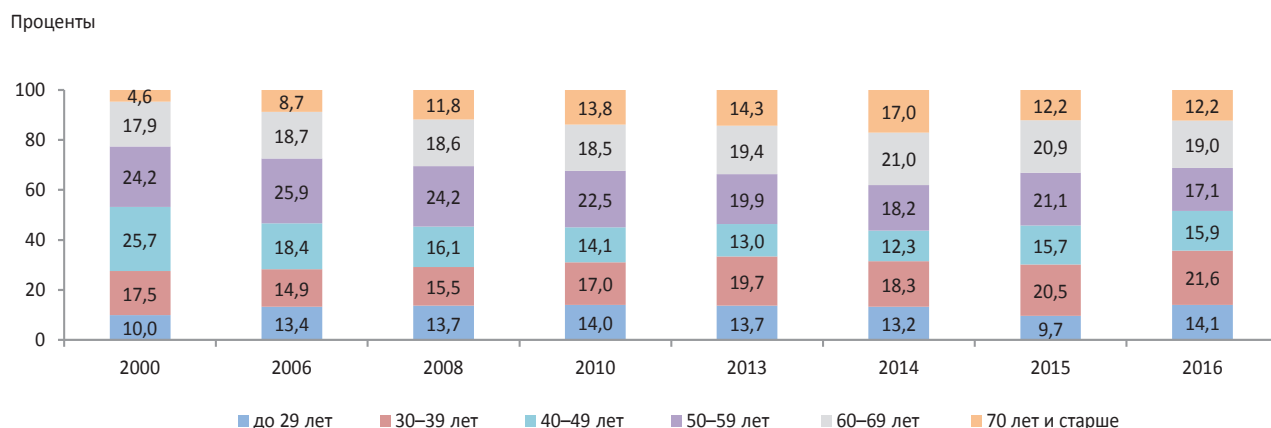


Рис. 13. Структура исследователей академического сектора по возрастным группам, %

Если рассматривать период 2000–2016 гг., то структура исследователей академического сектора по возрастным группам отличается от аналогичной структуры по стране в целом (рис. 14). В академическом секторе ниже доля исследователей в возрасте до 29 лет и выше доля исследователей в возрасте старше 60 лет. Доля исследователей в наиболее продуктивном возрасте (30–49 лет) до 2013 г. была выше в академическом секторе. В результате реорганизации государственных академий наук доля исследователей указанной возрастной группы сократилась относительно аналогичной по стране, но в 2016 г. они практически сравнялись.

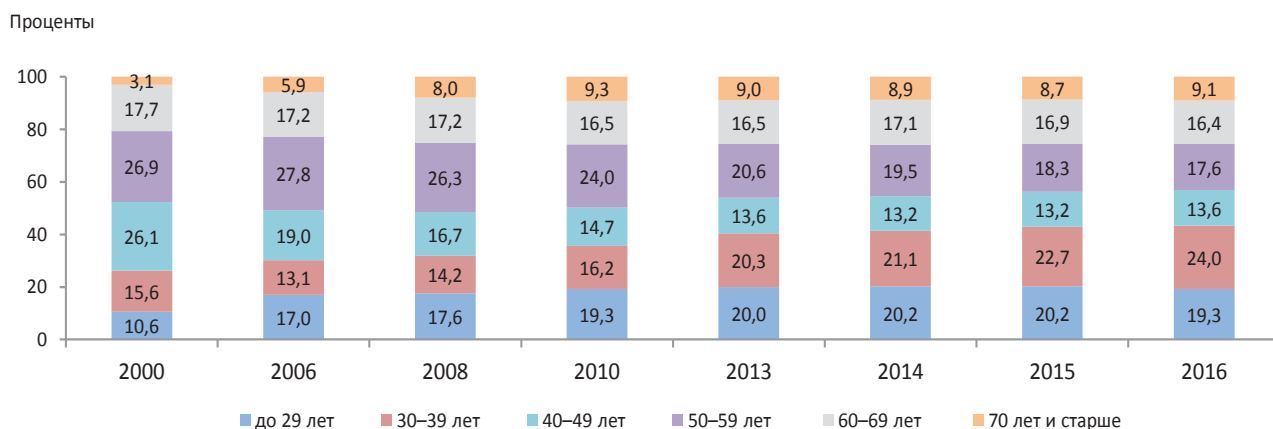


Рис. 14. Структура исследователей по возрастным группам по стране в целом, %

Изменения, произошедшие в возрастной структуре исследователей академического сектора с 1992 по 2016 год, представлены на рис. 15.

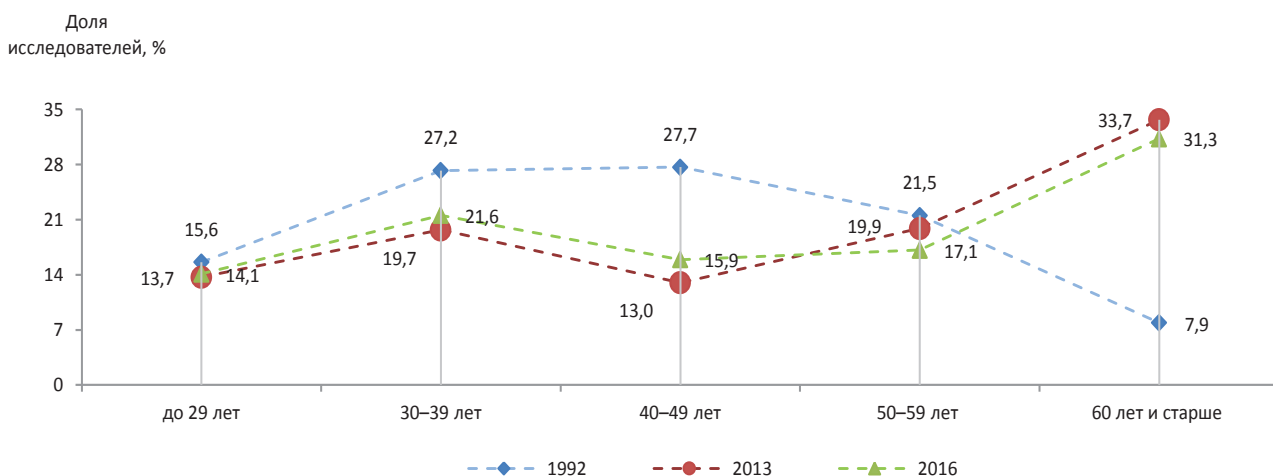


Рис. 15. Изменение возрастной структуры исследователей академического сектора 1992–2016 гг.

Структура исследователей организаций ФАНО России по возрастным группам отличается от аналогичных академического сектора и по стране в целом (рис. 16). В организациях, подведомственных ФАНО России, выше доля пожилых исследователей (70 лет и старше) и

ниже доля молодых исследователей (до 29 лет). В то же время доля исследователей в наиболее продуктивном возрасте (30–49 лет) превышает аналогичные доли академического сектора и по стране в целом.

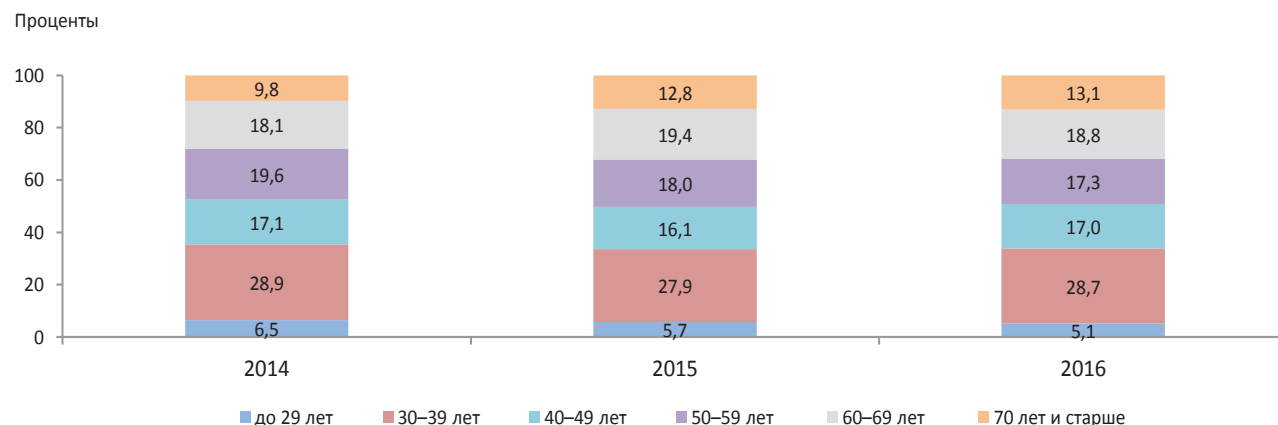


Рис. 16. Структура исследователей организаций, подведомственных ФАНО России, по возрастным группам, %

Научные достижения академического сектора держатся на труде исследователей, всего персонала, и этот труд должен иметь соответствующую достойную оплату. Среднемесячная заработная плата персонала, занятого исследованиями и разработками в академическом секторе, росла в текущих ценах на протяжении 2000–2014 гг. В отдельные годы рассматриваемого периода она превышала как среднемесячную заработную плату работников по экономике в целом, так и среднемесячную заработную плату персонала, занятого исследованиями и разработками, в организациях, не входящих в систему государственных академий наук (рис. 17). В 2015 и 2016 годах произошло ее снижение. В 2016 г. заработная плата в академическом секторе составляла 67,6% от уровня заработной платы по экономике в целом и 56,9% от заработной платы в организациях, не входящих с систему ГАН.

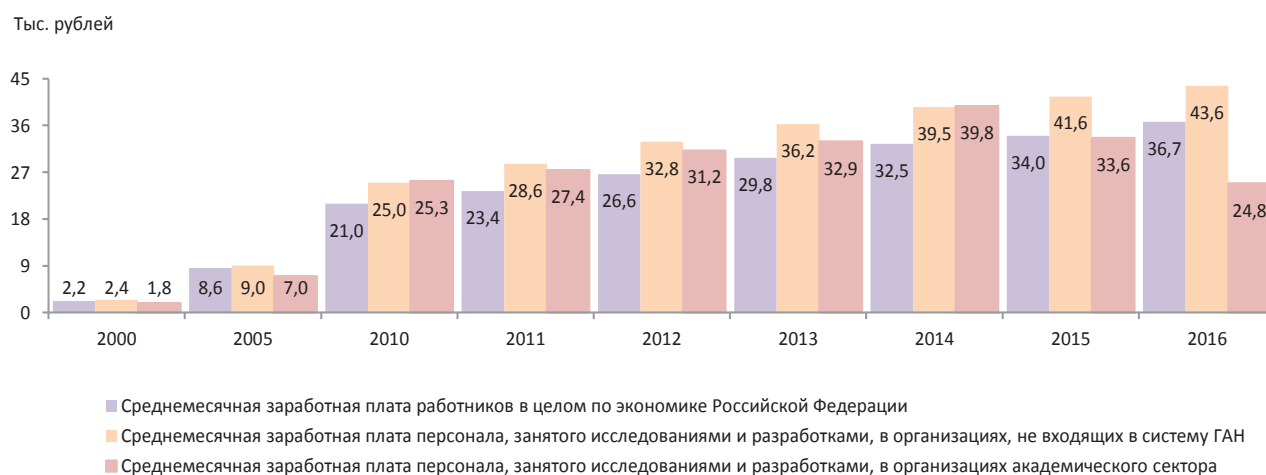


Рис. 17. Среднемесячная заработная плата персонала, занятого исследованиями и разработками, тыс. руб.

Вопрос финансирования сектора исследований и разработок в целом является одним из самых острых. В 1995–2013 гг. объем внутренних затрат на исследования и разработки (ВЗИР) организаций академического сектора увеличился с 1,6 до 96,3 млрд рублей в текущих ценах (рис. 18). В сопоставимых ценах значение данного показателя увеличилось в 2,4 раза. Однако с 2014 по 2016 год внутренние затраты на исследования и разработки организаций ГАН сократились с 56,7 до 1,6 млрд руб. При этом общий объем ВЗИР организаций ГАН и ФАНО России составил в 2016 г. 110,9 млрд руб., или 11,8% от общего объема по стране (рис. 19).

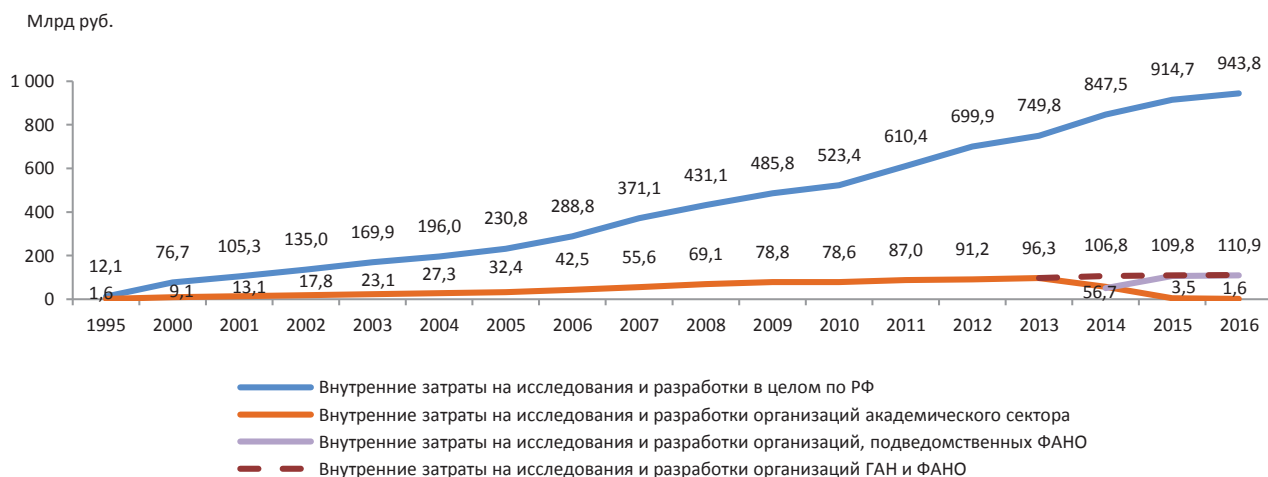


Рис. 18. Динамика финансирования внутренних затрат на исследования и разработки, млрд руб.



Рис. 19. Доля внутренних затрат на исследования и разработки организаций академического сектора в их общем объеме по стране, %

На протяжении 1995–2013 гг. доля ВЗИР организаций академического сектора (от общего объема по стране) варьировала от 12 до 16%. В 2016 г. происходит снижение значения данного показателя до 0,2%. В тот же год на организации, подведомственные ФАНО России, приходилось 11,6%. По сравнению со значением показателя академического сектора 2013 г.

суммарная доля внутренних затрат на исследования и разработки организаций ГАН и ФАНО России сократилась на 1 п.п.

Пик роста внутренних затрат на исследования и разработки организаций академического сектора (в сопоставимых ценах 1995 г.) пришелся на 2009 г. (рис. 20). С 2014 г. началось перераспределение финансирования ВЗИР между академическим и ведомственным секторами, которое привело в 2016 г. к сокращению ВЗИР организаций ГАН на 96,8 % относительно 1995 года (в сопоставимых ценах).

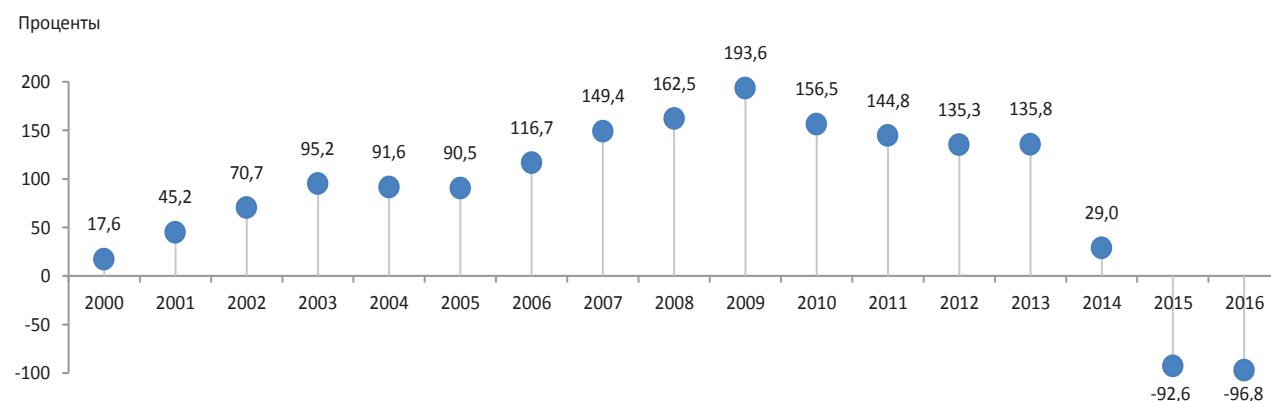


Рис. 20. Рост (сокращение) внутренних затрат на исследования и разработки организаций ГАН, в % к 1995 г. в сопоставимых ценах

Похожим образом в академическом секторе обстояло дело и со структурой внутренних текущих затрат на исследования и разработки по видам работ (рис. 21) [14]. На протяжении 1995–2013 гг. в ней произошли незначительные изменения. Основным видом работ оставались фундаментальные исследования. К изменению данной структуры привела реорганизация государственных академий наук 2013 г. Организации, занимающиеся разработками, были переведены из академического в ведомственный сектор, вследствие чего удельный вес разработок во внутренних текущих затратах организаций ГАН сократился до 0,1 % в 2016 г.



Рис. 21. Структура внутренних текущих затрат на исследования и разработки, выполняемые в организациях ГАН, по видам работ, %

За достижениями фундаментальной науки обязательно стоят не только высококвалифицированные кадры, но и новые технологии, дорогостоящее оборудование и т. п. Проведение научных исследований на мировом уровне с постоянно нарастающей изношенностью приборного парка, достигшей к 2015 г. более 70 %, проблематично (рис. 22). В связи с этим одной из самых важных проблем в части материально-технической базы научных организаций ГАН сегодня, которая пока не имеет адекватного решения, является необходимость совершенствования и обновления машин и оборудования (измерительных и регулирующих приборов и устройств, лабораторного оборудования, уникальных стендов и установок, вычислительной техники) институтов, занимающихся фундаментальными и поисковыми научными исследованиями.

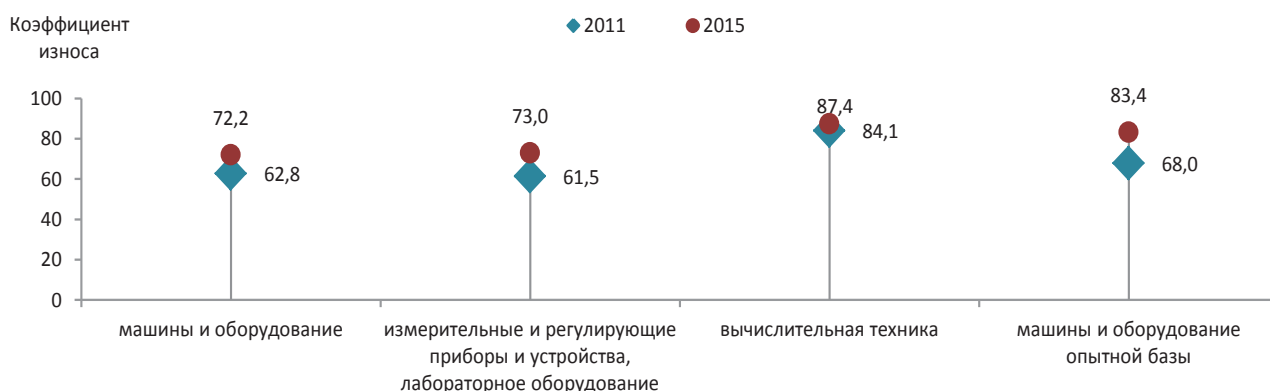


Рис. 22. Коэффициент износа машин и оборудования научных организаций ФАНО России по видам

Средств, имеющихся у ФАНО России, на то, чтобы полностью обновить приборный парк институтов, хватит, по оценкам ученых, «...в лучшем случае через 100 лет» [4]. При этом следует отметить, что для частичного решения данной проблемы в ФАНО России организовано 242 центра коллективного пользования, и их число увеличилось в 2017 г. почти в 5 раз по сравнению с 2012 годом.

Таким образом, в статье приведены обобщенные итоги состояния и тенденций развития ГАН в пореформенный период. Перераспределение научных организаций между академическим и ведомственным секторами привело к снижению значений анализируемых показателей. В 2016 г. на академический сектор приходилось только 0,6 % научных организаций, 0,4 % персонала, занятого исследованиями и разработками, 0,4 % исследователей и 0,2 % внутренних затрат на исследования и разработки по стране. Если же рассмотреть суммарные значения показателей организаций ГАН и ФАНО России, то в 2016 г. их значения сократились относительно уровня академического сектора 2013 г. Общее число научных организаций сократилось на 3,1 %, численность персонала, занятого исследованиями и разработками, — на 4 %, численность исследователей — на 5,7 %, внутренние затраты на исследования и разработки (в сопоставимых ценах 1995 года) — на 5,1 %. Таким образом, реорганизация государственных академий наук привела не только к перераспределению организаций, кадров, финансирования между академическим сектором и организациями, не входящими в систему ГАН, но и к сокращению значений ключевых показателей, характеризующих тенденции развития тех организаций, которые составляли до 2014 г. академический сектор.

Начатая в ускоренном режиме реорганизация ГАН вызвала непрекращающиеся острые дискуссии, полярные оценки в обществе по проблемам, задачам и перспективам развития

государственного академического сектора и фундаментальной науки в целом, по обоснованности, форме и срокам выбранного варианта решения проблемы реформирования академической науки. Учитывая поддержку Президента Российской Федерации предложений по внесению поправок в ФЗ-253, изменения в структуре Правительства Российской Федерации [15], в том числе в области управления академическими институтами, подготовку изменений федерального закона о РАН (в феврале 2018 г. администрация Президента Российской Федерации внесла в Государственную Думу Российской Федерации поправки к федеральному закону «О Российской академии наук»), новые задачи развития страны, поставленные в Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. [16], в том числе в области научной, научно-технической и инновационной деятельности, подведение окончательных итогов реорганизации ГАН, начатой в 2013 г., в настоящее время представляется преждевременным.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 26.12624.2018/12.1.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 6 мая 2018 г. № 197 «О праздновании 300-летия Российской академии наук».
2. Федеральный закон от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Алиева Т.И., Березина Е.В., Лебедев К.В., Плужнова Н.А., Прохорова Л.В., Федин А.В. Статистика науки и образования. Вып. 1. Основные показатели развития научных организаций государственных академий наук и Федерального агентства научных организаций. Инф.-стат. мат. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2018. 221 с.
4. Общее собрание членов Российской академии наук 20 марта 2017 г. Available at: <https://scientific-russia.ru/articles/obshchee-sobranie-chlenov-rossijskoj-akademii-nauk-20-marta-2017g>.
5. Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию от 1 марта 2018 г. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957>.
6. Отчет Правительства Российской Федерации об итогах работы в 2012–2017 годах в Государственной Думе Федерального Собрания Российской Федерации 11 апреля 2018 г. Available at: <http://government.ru/news/32224>.
7. Ежегодные доклады РАН Президенту Российской Федерации и в Правительство Российской Федерации о состоянии фундаментальных наук в Российской Федерации и о важнейших научных достижениях российских ученых в период 2014–2017 годов. Available at: <http://www.ras.ru/scientificactivity/scienceresults/scientificreport.aspx>.
8. Ежегодные отчеты государственных академий наук о научной, научно-организационной и финансово-хозяйственной деятельности в Правительство Российской Федерации. Available at: <http://www.ras.ru/scientificactivity/scienceresults/annualreport.aspx>; http://www.rah.ru/the_aca-demy_today/ofitsialnye_dokumenty.php; <http://rusacademedu.ru/>; <http://www.raasn.ru/academy.php>.
9. Итоговый доклад руководителя ФАНО России об основных итогах работы России за 2013–2017 гг. (27 марта 2018 г.). Available at: https://fano.gov.ru/ru/press-center/card/?id_4=39819.
10. Совместное совещание руководителя ФАНО России, президента РАН и руководства Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» (13 апреля 2018 г.). Available at: https://fano.gov.ru/ru/press-center/card/?id_4=39864.
11. Открытое письмо ученых России Президенту Российской Федерации В.В. Путину («Письмо 400») (26 декабря 2017 г.). Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3509262>.

12. Пояснительная записка к проекту федерального закона «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Available at: <http://base.garant.ru/57709860>.

13. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 октября 2013 г. № 959 «О Федеральном агентстве научных организаций».

14. Наука в учреждениях Федерального агентства научных организаций: 2016. Стат. сб. / [И.В. Зиновьева, С.Н. Иноземцева, Л.Э. Миндели и др.; гл. ред. Л.Э. Миндели]. М.: Ин-т проблем развития науки РАН, 2017. 220 с.

15. Указ Президента Российской Федерации от 15 мая 2018 г. № 215 «О структуре федеральных органов исполнительной власти».

16. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

17. Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

18. Соглашение между Федеральным агентством научных организаций и федеральным государственным бюджетным учреждением «Российская академия наук» от 10 сентября 2014 г. Available at: <http://www.febras.ru/normativnye-dokumenty.html>.

19. Березина Е.В., Кольцов А.В., Лебедев К.В., Плужнова Н.А., Прохорова Л.В., Федин А.В. Основные показатели развития научных организаций государственных академий наук и Федерального агентства научных организаций. Инф.-стат. мат. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2017.

20. Открытое письмо ученых России Президенту Российской Федерации о критической ситуации в российской науке и необходимости принятия неотложных мер со стороны высшего руководства страны («Письмо-200») (24 июля 2016 г.). Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3046956>.

21. Федин А.В., Березина Е.В., Плужнова Н.А., Прохорова Л.В. Кадровый потенциал государственных академий наук: состояние и основные тенденции развития в период 2000–2016 гг. М.: Инноватика и экспертиза. Научные труды, ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2017. Вып. 3 (21). 121–135 с.

22. Федин А.В., Березина Е.В., Плужнова Н.А., Прохорова Л.В. Основные тенденции развития академического сектора науки в период 2000–2015 гг. М.: Инноватика и экспертиза. Научные труды, ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2017. Вып. 3 (21). 155–169 с.

23. Отчет Правительства о результатах работы в 2016 г. (19 апреля 2017 г.). Available at: <http://government.ru/news/27338>.

References

1. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 6 maya 2018 g. No. 197 «O prazdnovanii 300-letiya Rossiyskoy akademii nauk»* [Decree of the President of the Russian Federation of May 6, 2018 No. 197 «On the celebration of the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences»].

2. *Federal'nyy zakon ot 27 sentyabrya 2013 g. No. 253-FZ «O Rossiyskoy akademii nauk, reorganizatsii gosudarstvennykh akademiy nauk i vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii»* [Federal Law of September 27, 2013, No. 253-FZ (ФЗ) «On the Russian Academy of Sciences, the reorganization of state academies of sciences and the introduction of amendments to certain legislative acts of the Russian Federation»].

3. Aliyeva T.I., Berezina E.V., Lebedev K.V., Pluzhnova N.A., Prokhorova L.V., Fedin A.V. (2018) *Statistika nauki i obrazovaniya. Osnovnye pokazateli razvitiya nauchnykh organizatsiy gosudarstvennykh akademiy nauk i Federal'nogo agentstva nauchnykh organizatsiy* [Statistics of science and education. The main indicators of the development of scientific organizations of the state academies of science and the Federal Agency of Scientific Organizations] *Inf.-stat. mat. FGBNU NII RINKTsE* [Inf.-stat. mat. FSBSU SRI FRCEC]. Moscow. Issue 1. P. 221.

4. *Obshchee sobranie chlenov Rossiyskoy akademii nauk 20 marta 2017 g.* [General meeting of the members of the Russian Academy of Sciences on March 20, 2017]. Available at: <https://scientificrussia.ru/articles/obshchee-sobranie-chlenov-rossijskoj-akademii-nauk-20-marta-2017g>.

5. *Poslanie Prezidenta Rossiyskoy Federatsii Federal'nomu Sobraniyu ot 1 marta 2018 g.* [Message of the President of the Russian Federation to the Federal Assembly of March 1, 2018]. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957>.

6. *Otchet Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ob itogakh raboty v 2012–2017 godakh v Gosudarstvennoy Dume Federal'nogo Sobraniya Rossiyskoy Federatsii 11 aprelya 2018 g.* [Report of the Government of the Russian Federation on the results of work in 2012–2017 in the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation dated April 11, 2018]. Available at: <http://government.ru/news/32224>.

7. *Ezhegodnye doklady RAN Prezidentu Rossiyskoy Federatsii i v Pravitel'stvo Rossiyskoy Federatsii o sostoyanii fundamental'nykh nauk v Rossiyskoy Federatsii i o vazhneyshikh nauchnykh dostizheniyakh rossiyskikh uchenykh v period 2014–2017 godov* [Annual reports of the RAS to the President of the Russian Federation and to the Government of the Russian Federation on the state of fundamental sciences in the Russian Federation and on the most important scientific achievements of Russian scientists in the period 2014–2017]. Available at: <http://www.ras.ru/scientific-activity/scienceresults/scientificreport.aspx>.

8. *Ezhegodnye otchety gosudarstvennykh akademiy nauk o nauchnoy, nauchno-organizatsionnoy i finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti v Pravitel'stvo Rossiyskoy Federatsii* [Annual reports of state academies of sciences on research, scientific-organizational and financial-economic activities to the Government of the Russian Federation]. Available at: <http://www.ras.ru/scientificactivity/scienceresults/annualreport.aspx>; http://www.rah.ru/the_academy_today/ofitsialnye_dokumenty.php; <http://rusacademedu.ru>; <http://www.raasn.ru/academy.php>.

9. *Itogovyy doklad rukovoditelya FANO Rossii ob osnovnykh itogakh raboty Rossii za 2013–2017 gg. (27 marta 2018 g.)* [Final report of the head of the Russian FASO on the main results of Russia's work for 2013–2017. (March 27, 2018)]. Available at: https://fano.gov.ru/en/press-center/card/?id_4=39819.

10. *Sovmestnoe soveshchanie rukovoditelya FANO Rossii, prezidenta RAN i rukovodstva Federal'nogo issledovatel'skogo tsentra «Krasnoyarskiy nauchnyy tsentr SO RAN» (13 aprelya 2018 g.)* [Joint meeting of the head of the Russian FASO, the President of the Russian Academy of Sciences and the leadership of the Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the SB RAS» (April 13, 2018)]. Available at: https://fano.gov.ru/en/press-center/card/?id_4=39864.

11. *Otkrytoe pis'mo uchenykh Rossii Prezidentu Rossiyskoy Federatsii V.V. Putinu («Pis'mo 400»)* (26 dekabrya 2017 g.) [Open letter of Russian scientists to President of the Russian Federation Vladimir Putin («Letter 400») (December 26, 2017)]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3509262>.

12. *Poyasnitel'naya zapiska k projektu federal'nogo zakona «O Rossiyskoy akademii nauk, reorganizatsii gosudarstvennykh akademiy nauk i vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii»* [Explanatory note to the draft federal law «On the Russian Academy of Sciences, the reorganization of state academies of sciences and the introduction of amendments to certain legislative acts of the Russian Federation»]. Available at: <http://base.garant.ru/57709860>.

13. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 25 oktyabrya 2013 g. No. 959 «O Federal'nom agentstve nauchnykh organizatsiy»* [Decree of the Government of the Russian Federation of 25 October 2013 No. 959 «On the Federal Agency of Scientific Organizations» (FASO)].

14. *Nauka v uchrezhdeniyakh Federal'nogo agentstva nauchnykh organizatsiy: 2016* [Science in the institutions of the Federal Agency of Scientific Organizations: 2016] *Stat. sb. Red. I.V. Zinov'eva, S.N. Inozemtseva, L.E. Mindeli i dr.; gl. red. L.E. Mindeli. In-t problem razvitiya nauki RAN Stat. Sat. Ed. I.V. Zinoviev, S.N. Inozemtseva, L.E. Mindeli et al; Ch. Ed. L.E. Mindeli* [Institute of Problems of Science Development of the Russian Academy of Sciences]. Moscow. 2017. P. 220.

15. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 15 maya 2018 g. No. 215 «O strukture federal'nykh organov ispolnitel'noy vlasti»* [Decree of the President of the Russian Federation of May 15, 2018 No. 215 «On the structure of federal executive bodies»].

16. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 maya 2018 g. No. 204 «O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda»* [Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 No. 204 «On national goals and strategic tasks of the development of the Russian Federation for the period until 2024»].

17. *Federal'nyy zakon ot 23 avgusta 1996 g. No. 127-FZ «O nauke i gosudarstvennoy nauchno-tehnicheskoy politike»* [Federal Law of August 23, 1996, No. 127-FZ «On Science and State Science and Technology Policy»].

18. *Soglasenie mezhdru Federal'nym agentstvom nauchnykh organizatsiy i federal'nym gosudarstvennym byudzhетnym uchrezhdeniem «Rossiyskaya akademiya nauk» ot 10 sentyabrya 2014 g.* [Agreement between the Federal Agency of Scientific Organizations and the Federal State Budgetary Institution «Russian Academy of Sciences» of September 10, 2014]. Available at: <http://www.febras.ru/normativnye-dokumenty.html>.

19. Berezina E.V., Koltsov A.V., Lebedev K.V., Pluzhnova N.A., Prokhorova L.V., Fedin A.V. (2017) *Osnovnye pokazateli razvitiya nauchnykh organizatsiy gosudarstvennykh akademiya nauk i Federal'nogo agentstva nauchnykh organizatsiy* [Main indicators of the development of scientific organizations of state academies of science and the Federal Agency of Scientific Organizations] *Inf.-stat. mat. FGBNU NII RINKTsE* [Inf.-stat. mat. FSBSU SRI FRCEC]. Moscow.

20. *Otkrytoe pis'mo uchenykh Rossii Prezidentu Rossiyskoy Federatsii o kriticheskoy situatsii v rossiyskoy nauke i neobkhodimosti prinyatiya neotlozhnykh mer so storony vysshego rukovodstva strany («Pis'mo-200»)* (24 iyulya 2016 g.) [Open letter of Russian scientists to the President of the Russian Federation on the critical situation in Russian science and the need to take urgent measures on the part of the country's top leadership («Letter-200») (July 24, 2016)]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3046956>.

21. Fedin A.V., Berezina E.V., Pluzhnova N.A., Prokhorova L.V. (2017) *Kadrovyy potentsial gosudarstvennykh akademiya nauk: sostoyanie i osnovnye tendentsii razvitiya v period 2000–2016 gg.* [Personnel potential of state academies of sciences: the state and main trends of development in the period of 2000–2016] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye Trudy. FGBNU NII RINKTsE* [Innovation and expertise. Scientific Works. FSBSU SRI FRCEC]. Moscow. Issue 3(21). Pp. 121–135.

22. Fedin A.V., Berezina E.V., Pluzhnova N.A., Prokhorova L.V. (2017) *Osnovnye tendentsii razvitiya akademicheskogo sektora nauki v period 2000–2015 gg.* [The main trends in the development of the academic sector of science in the period of 2000–2015] *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy FGBNU NII RINKTsE* [Innovatics and expert examination. Scientific Works FSBSU SRI FRCEC]. Moscow. Issue 3(21). Pp. 155–169.

23. *Otchet Pravitel'stva o rezul'tatakh raboty v 2016 g. (19 aprelya 2017 g.)* [Report of the Government on work results in 2016 (April 19, 2017)]. Available at: <http://government.ru/news/27338>.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ СОЦИАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ МЕНЕДЖЕРА

В.П. Бабинцев, проф. Белгородского государственного национального исследовательского университета, д-р филос. наук, babintsev@bsu.edu.ru

В.Н. Шевченко, магистрант Белгородского государственного национального исследовательского университета, VShevchenko@bsu.edu.ru

Рассматривается процесс управления формированием социально-технологической культуры менеджера, развитие которой представляет собой одно из важнейших условий повышения качества управления. Управление процессом формирования и развития социально-технологической культуры менеджеров в содержательном отношении определяется как комплекс научно обоснованных процедур создания условий для максимально возможной реализации стандартов поведения, а также их формирования и модификации. Целью управления является формирование пяти профессиональных компетенций (прогностической, солюшен-компетенции, организационной, аналитической и ресурсной) и трех компетенций, определяемых условно как личностные или жизненные (жизнеопределяющей, регламентирующей и ресурсной), сочетающееся с утверждением в сознании менеджеров социально-технологических ценностей смыслов, а также о мотивации их к применению социальных технологий. Предлагается решение данной проблемы на основе организационно-технологического моделирования.

Ключевые слова. Управление, социально-технологическая культура, аналитическое моделирование, организационно-технологическое моделирование, профессиональная компетенция, личностная компетенция.

ANALYTICAL MODELING OF MANAGEMENT FORMATION OF SOCIAL AND TECHNOLOGICAL CULTURE OF A MANAGER

V.P. Babintsev, Professor, Belgorod State National Research University, Ph.D., babintsev@bsu.edu.ru

V.N. Shevchenko, Undergraduate, Belgorod State National Research University, VShevchenko@bsu.edu.ru

The Article considers the process of managing the formation of the socio-technological culture of the manager, the development of which is one of the most important conditions for improving the quality of management. Management of the formation and development of socio-technological culture managers in a meaningful way is defined as a set of scientifically based procedures for creating conditions for the maximum possible implementation of standards of behavior, as well as their formation and modification. The goal of the management is the formation of five professional competences (prognostic, solution-competence, organizational, analytical and resource competence) and three competences, defined conditionally as personal or life (life-determining, regulating and resource competence), combined with the statement in the minds of managers of socio-technological values of meanings, as well as their motivation to use social technologies. The solution of this problem is proposed on the basis of organizational and technological modeling.

Keywords: Management, socio-technological culture, analytical modeling, organizational and technological modeling, professional competence, personal competence.

Введение

В современном обществе задача повышения эффективности управления превращается в одну из глобальных проблем, требующих системного решения. Это еще раз наглядно подтвердил финансово-экономический кризис, начавшийся в 2008 г., одной из главных причин которого специалисты обоснованно считают низкое качество управленческой деятельности, непрофессионализм осуществляющих ее специалистов.

Одним из условий вывода систем управления на новый уровень, адекватный вызовам времени, для которого характерно усложнение социально-экономических, политических процессов, их интенсификация, возрастание роли интеллектуальной составляющей, является обоснование и широкое использование современных социальных технологий.

Они представляют собой специально организованную отрасль знаний о способах и процедурах оптимизации жизнедеятельности человека в условиях нарастающей взаимозависимости, динамики и обновления общественных процессов. Очевидно, что применение социальных технологий может дать эффект лишь в том случае, если субъект социального действия компетентен в отношении их содержания и порядка использования, мотивирован к нему и способен прогнозировать последствия применения тех или иных процедур и операций. Следовательно, он должен обладать высокоорганизованной социально-технологической культурой, под которой в данном случае понимается система диспозиций личности, выражающаяся в формировании и развитии у нее умений и навыков поведения, обеспечивающих достижение профессиональных и жизненных целей при помощи сознательного использования социальных технологий. Это требование, в первую очередь, относится к менеджерам, функции которых непосредственно связаны с осуществлением стратегического управления на различных уровнях социальной организации.

Основная часть

До последнего времени среди исследователей нет единства в определении феномена социально-технологической культуры.

Так, украинские ученые Ю.П. Сурмин и Н.В. Туленков, обосновывая ведущую роль социальных технологий в общественном развитии, говорят о социально-технологической культуре как об инструменте овладения новой парадигмой научного мышления и видения социальной реальности. Эту парадигму они определяют как динамическую, многомерную, нелинейную и стохастическую [16, с. 8]. Но вполне обоснованная декларация украинских авторов не приближает нас к четкой дефиниции социально-технологической культуры, выявлению ее структуры. Значимость ее заключается, пожалуй, лишь в том, что авторы правомерно увязывают адекватную современности социально-технологическую культуру с нелинейным, поливариантным мышлением.

В кандидатских диссертациях Т.И. Морозова, Л.Г. Пуляева, О.П. Шамаевой предпринята попытка выделить личностный аспект социально-технологической культуры, обеспечивающий человеку достижение жизненных целей и готовность к эффективным действиям [9, 12, 20].

В частности, в работах Т.И. Морозовой социально-технологическая культура анализируется применительно к школьникам, как к особой статусной группе. Автор определяет ее как систему диспозиций личности, умений и навыков ее поведения, обеспечивающих достижение жизненных целей и благоприятные условия для саморазвития и проявляющихся в конкретных социальных действиях и взаимодействиях [9, с. 48]. Автором впервые в отечественной исследовательской традиции предложена структурная модель социально-технологической культуры, включающая в себя потребностный, аксиологический, целевой, мотивационный, когнитивный и операционно-практический элементы [9, с. 32].

Следует отметить, что проблема формирования технологической культуры в системе образования довольно давно является предметом внимания российских авторов. В частности, ее формированию у школьников посвящены труды О.Г. Калашниковой, А.В. Мухомовой,

М.В. Петровой, И.Э. Фатхуллина, Р.М. Чудинского и других исследователей [4, 11, 13, 17, 19]. формированию технологической культуры самих учителей — научные исследования И.Ю. Башкировой, Д.А. Крылова, В.А. Мищенко [2, 7, 8].

Но в этих работах речь идет не о социально-технологической, а о технологической культуре, воплощающейся в знаниях и навыках преобразования природной среды. В частности, по определению Ю.Л. Хотунцева, технологическая культура — это культура преобразующей, творческой, природосообразной (экологически оправданной) деятельности по созданию материальных и духовных ценностей [18, с. 12].

Правда, В.Д. Симоненко рассматривает технологическую культуру в социальном (широком) и личностном (узком) планах:

— в социальном (широком) плане технологическая культура — это уровень развития жизни общества на основе целесообразной и эффективной преобразовательной деятельности людей, совокупность достигнутых технологий в материальном и духовном производстве;

— в личностном (узком) плане технологическая культура — это уровень овладения человеком современными способами познания и преобразования себя и окружающего мира [14]. Однако социальный аспект проблемы в его публикациях рассмотрен далеко не в полном объеме.

Тем не менее, вывод о многоуровневом характере социально-технологической культуры представляется исключительно перспективным для нашего исследования. Он, в сущности, подтверждается и разработками других авторов.

И.Ю. Башкирова, например, полагает, что технологическую культуру можно рассматривать в высоком, социально-культурном, и в массовом, личном планах. В первом случае она характеризует ее как некое обобщение — универсальную культуру, типичную для современной исторической эпохи, для современного технологического общества и определяемую уровнем развития научных знаний, технических средств и различных видов технологий материального и духовного производства, содержанием общественной жизни и преобразовательной деятельности людей, образцов поведения, мышления и мировоззрения. В данном контексте технологическая культура предстает как созданная самими людьми искусственная среда существования и самореализации, источник регулирования социального взаимодействия между людьми и природой.

В обыденном, узком, личном плане технологическая культура, по мнению И.Ю. Башкировой, — это уровень овладения человеком формами и способами профессиональной, социокультурной деятельности и их сознательного подчинения ценностным социокультурным приоритетам; уровень овладения общими формами реализации искусства планирования, прогнозирования, созидания, исполнения и оформления [2, с. 35–36].

По определению Р.М. Чудинского, технологическая культура — это мера и способ самореализации личности во всех видах творческой деятельности и общении, направленных на освоение наиболее эффективных способов и оптимальных методов преобразования материи, энергии и информации в интересах человека, общества и охраны природы [19, с. 33].

В отличие от педагогического ракурса анализа специфика исследований Т.И. Морозовой заключается в разработке социологической концепции социально-технологической культуры, сформированной на основе деятельностного подхода.

В диссертации Л.Г. Пуляевой, как уже отмечалось выше, рассматривается социально-технологическая культура организационно-управленческой деятельности. Л.Г. Пуляева выделяет четыре компонента социально-технологической культуры организационно-управленческой деятельности: функционально-целевой, нормативный, организационно-процедурный, инструментальный [12, с. 14].

С учетом выводов, сформулированных исследователями мы попытались построить аналитическую модель управления формированием социально-технологической культуры менеджеров.

К. Темпель утверждал, что любая теория — это модели, чьи элементы и отношения связаны с миром посредством того, что обычно называется правилами соответствия. Согласно его теории, модели должны включать три типа соответствия:

- между способом организации социального мира и способом, каким модель описывает этот мир;
- между аппаратом, используемым в процессе моделирования, и концептуальным аппаратом моделируемой теории;
- между теорией и социальным миром.

Системное восприятие действительности исключает познание реальности без моделирования ее сущности, поскольку отказ от него привносит в исследовательскую деятельность хаотичность и затрудняет операционализацию понятий.

В результате моделирования объект изучения или управления может быть представлен как расчлененный на качественно различные элементы, связанные воедино в некоторую гипотетическую систему. Результат предварительного анализа может быть представлен в виде графической схемы.

Использование моделирования в изучении объекта позволяет установить связь между теоретическими и прикладными социологическими исследованиями. Вместо фрагментарного анализа отдельных переменных на основе моделирования происходит рассмотрение их взаимосвязи, обеспечивается целостный, системный подход.

Аналитическое моделирование как процесс при изучении объекта, по нашему мнению, может быть представлено в различных плоскостях:

- 1) целевое моделирование — моделирование объекта, в процессе которого рассматривается необходимая для исследования сторона объекта (структура, функции, семантика, динамика, технология, факторы, условия и т.д.);
- 2) системное моделирование — единовременное или пооперационное объединение в единой модели или в системе моделей изучаемых свойств объекта, представляющих собой систему связанных с ним дефиниций;
- 3) организационно-технологическое моделирование — создание системы моделей, каждая из которых является необходимым элементом для конечного результата исследования.

Предпринятое нами аналитическое моделирование носит организационно-технологический характер.

Поскольку формирование социально-технологической культуры менеджеров предполагает собой развитие у будущих и действующих менеджеров социально-технологических компетенций, представляющих собой систему стандартов (алгоритмов) поведения, содержательный аспект модели включает в себя комплекс параметров (характеристик), обеспечивающих, реализацию этих алгоритмов как в профессиональной сфере, так и в области индивидуально-личностного развития.

Социально-технологические компетенции представляется целесообразным формировать с учетом профессиональной сферы, в которой менеджер осуществляет управленческие функции, а также сферы индивидуально-личностного развития и межличностного взаимодействия.

Управление процессом формирования и развития социально-технологической культуры менеджеров в содержательном отношении может быть определено как комплекс научно обоснованных процедур создания условий для максимально возможной реализации стандартов поведения, а также их формирования и модификации. Содержательная модель процесса представлена на рис. 1.

При этом речь идет не только о формировании пяти профессиональных компетенций (прогностической, союшен-компетенции — компетенции принятия решений, организационной, аналитической и ресурсной) и трех компетенций, определяемых условно как личностные или жизненные (жизнеопределяющей, регламентирующей и ресурсной), но и об ут-

верждении в сознании менеджеров социально-технологических ценностей и смыслов, а также о мотивации их к применению социальных технологий.

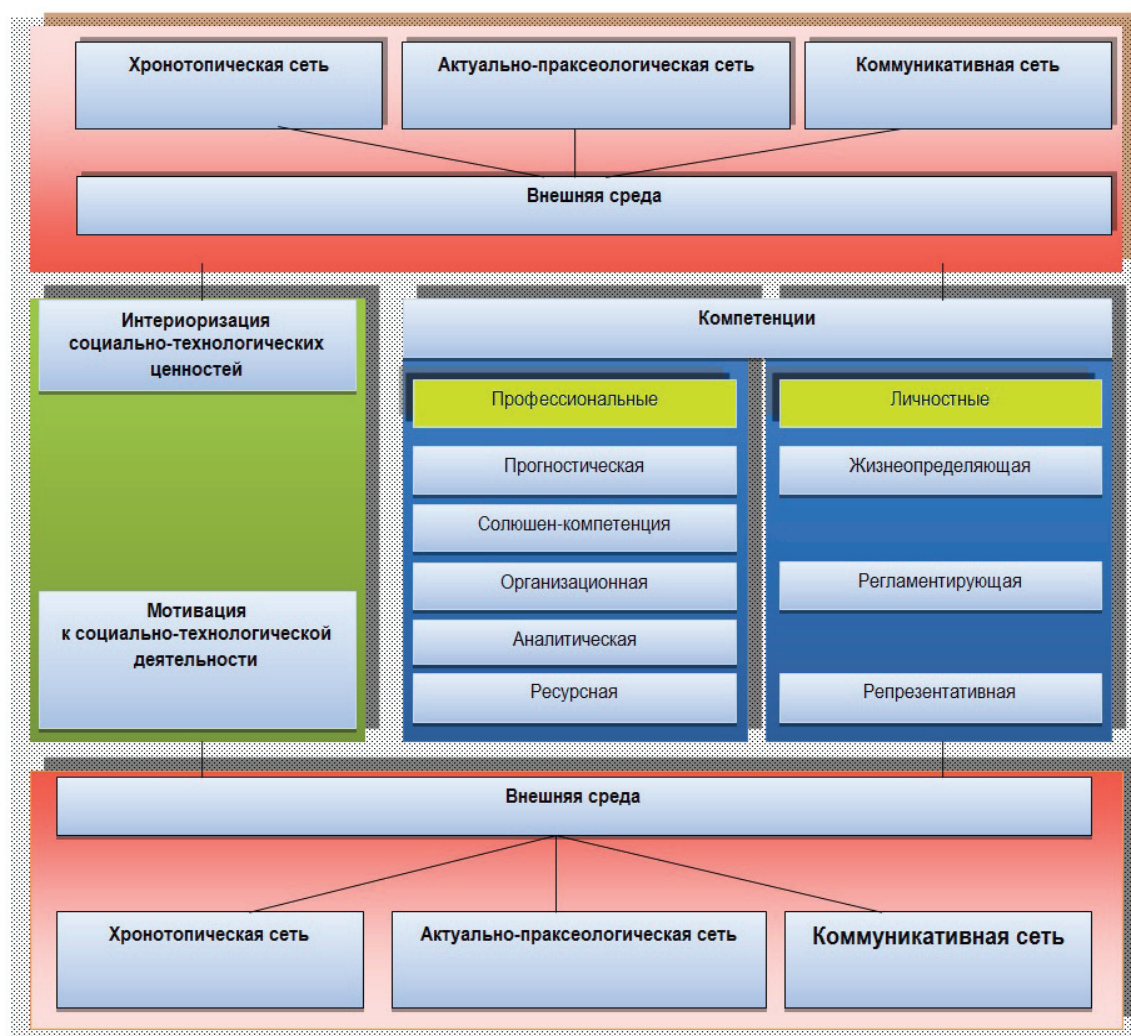


Рис. 1. Содержательная модель формирования социально-технологической культуры менеджеров

Характеристика каждой профессиональной компетенции включает описание: профессиональных задач, решаемых менеджером; возможных эффективных действий, приемов и технологий; неэффективных приемов, влекущих возникновение рисков; ожидаемого результата деятельности; профессионально важных качеств; негативных качеств, затрудняющих деятельность и показателей оценки. При этом характеристика личностной (жизненной) компетенции включает описание: жизненных задач менеджера; эффективных личностных действий, приемов и технологий; неэффективных приемов (рисков); результата деятельности; жизненно важных качеств; негативных качеств и показателей оценки.

Утверждение в сознании менеджеров социально-технологических ценностей и смыслов представляет процесс интериоризации ими заданного субъектом управления набора норм-эталонов социально-технологического поведения, основанных на признании важности

применения социальных технологий для решения, как профессиональных задач, так и личных жизненных проблем. Интериоризация ценностей выражается в формулировке собственного, индивидуального (личного) отношения к ним, в их высокой оценке. В ходе интериоризации ценности и смыслы рассматриваются сквозь призму установок, убеждений, принципов, разделяемых индивидом. Утверждение в сознании менеджеров социально-технологических ценностей и смыслов представляет собой исключительно сложную задачу, поскольку в значительной мере зависит от комплекса разнообразных внешних условий и нередко случайных факторов, проявляющихся еще на первичном этапе социализации человека и сохраняющих свое влияние даже в период профессионального образования и профессионального развития. Зачастую бывает исключительно трудно преодолеть их воздействие. Мотивация менеджеров к социально-технологической деятельности предполагает содействие выбору ими наиболее привлекательных стимулов к профессиональной деятельности, формированию и реализации ими жизненных стратегий, ориентацию на них и определение побудительных сил для деятельности, направленной на достижение целей. Этот выбор осуществляется в двух направлениях. Во-первых, вовне – в данном случае он представляет более или менее осознанную реакцию на стимулы, используемые для повышения эффективности социально-технологической деятельности. Во-вторых, это внутрилличностный выбор, и в качестве такового означает личностное самоопределение работника, сознательное выстраивание иерархии потребностей, интересов и целей.

Содержательный анализ процесса формирования социально-технологической культуры менеджеров предполагает учет влияния на данный процесс внешней среды, как комплекса социальных сетей. При этом социальные сети понимаются в виде систем динамических, меняющихся условий и факторов.

Хронотопическая сеть представляет собой систему взаимодействий, в которые включаются менеджеры в ходе освоения и применения социально-технологических компетенций, рассматриваемых в пространственно-временном отношении. В процессе анализа этой сети инструментальную роль играет понятие хронотопа. Оно составляет основу теоретической конструкции, позволяющей анализировать реальность в виде пространственно-временного единства прошлого, настоящего и будущего. Хронотоп менеджера рассматривается в предложенной модели как типичная для данной группы работников траектория выбора и приобретения профессионального статуса, осуществления профессиональной карьеры. В процессе его приобретения и накопления имеют значение различные условия и факторы, которые допустимо определить как инерционные социальные детерминанты формирования и развития социально-технологической культуры.

Представляется возможным выделить три вида социального опыта, оказывающие на нее существенное влияние: опыт, приобретенный в ходе первичной социализации в семье и родственном окружении; опыт, накопленный в ходе профессионального образования; полученных в процессе трудовой деятельности.

Актуально-пракселогическая сеть представляет собой систему подготовки и профессионального развития кадров менеджеров, в которую включены акторы различного уровня. В том числе, непосредственные участники (сами менеджеры; работодатели; органы управления образованием, образовательные учреждения), а также опосредованные – различные социальные институты (СМИ, НКО, социальные сети).

Коммуникативная сеть. Она представляет собой систему взаимоотношений между работниками и обучающимися, складывающихся в ходе их профессиональной деятельности и при освоении профессии. Эти отношения оказывают влияние на процесс формирования социально-технологической культуры по следующим направлениям:

– в ходе межличностного и межгруппового взаимодействия корректируются представления о значимости социально-технологической деятельности;

— коммуникативные отношения в значительной степени детерминируют формирование имиджа профессии, мотивируя стратегический выбор той или иной модели профессионального поведения;

— коммуникативная среда выступает в качестве одного из условий профессиональной саморефлексии специалистов, без которой невозможно формирование социально-технологического мышления.

Предложенные стандарты выступают своеобразным эталоном социально-технологического поведения. С учетом содержательного анализа организационно-технологическая модель управления формированием социально-технологической культуры менеджеров представляет собой институционализированную систему решений и действий, обеспечивающих перевод социально-технологических стандартов на уровень индивидуального сознания, их интериоризацию.

Эти действия целесообразно разделить на три основных блока: информационно-аналитический; организационный и инструментальный.

Информационно-аналитический блок предполагает разработку и внедрение системы оценки социально-технологической культуры менеджеров и практики ее формирования. В основу системы целесообразно положить разработанную И.В. Бурмыкиной технологию оценки социально-технологической культуры менеджеров (рис. 2).

Несмотря на значительный эвристический потенциал предложенной технологии, приходится констатировать, что она, во-первых, ориентирована только на социологическую диагностику состояния социально-технологической культуры; во-вторых, распространяется исключительно на будущих менеджеров; в-третьих, не учитывает организацию процесса формирования социально-технологической культуры.

На основе проведенных исследований мы предлагаем дополнить технологию диагностической организационной стороны процесса, которая должна включать в себя оценку экспертами, будущими и действующими менеджерами комплекса параметров: состояние нормативно-правовой основы формирования и развития социально-технологической культуры; качество кадрового обеспечения образовательного процесса; полнота методического обеспечения образовательного процесса; эффективность стимулирования и мотивации будущих и действующих менеджеров к повышению уровня социально-технологической культуры.

Кроме того, мы считаем необходимым в ходе диагностики не ограничиваться результатами экспертных и иных социологических исследований, но использовать результаты профессионального тестирования, включающего показатели сформированности основных социально-технологических компетенций.

При этом такая оценка должна осуществляться в отношении не только будущих, но и действующих менеджеров.

Модель оценки управления процессом формирования социально-технологической культуры менеджеров представлена на рис. 3¹.

Организационный блок, который предполагает институционализацию управления процессом формирования социально-технологической культуры менеджеров в регионе. Создание данного блока представляется наиболее сложной задачей, поскольку в данном процессе участвуют самые различные акторы, нередко преследующие свои частные или корпоративные интересы. Интеграция усилий всех субъектов управления. Задача заключается в том, чтобы добиться координации их усилий, баланса интересов и — как следствие — достижение эффекта эмерджентности.

Решить задачу возможно на основе проектного управления, объединив различных акторов в рамках единого регионального плана действий. Организационная модель реализации проекта представлена на рис. 4.

¹ В схеме понятие социально-технологической культуры обозначено аббревиатурой СТК.

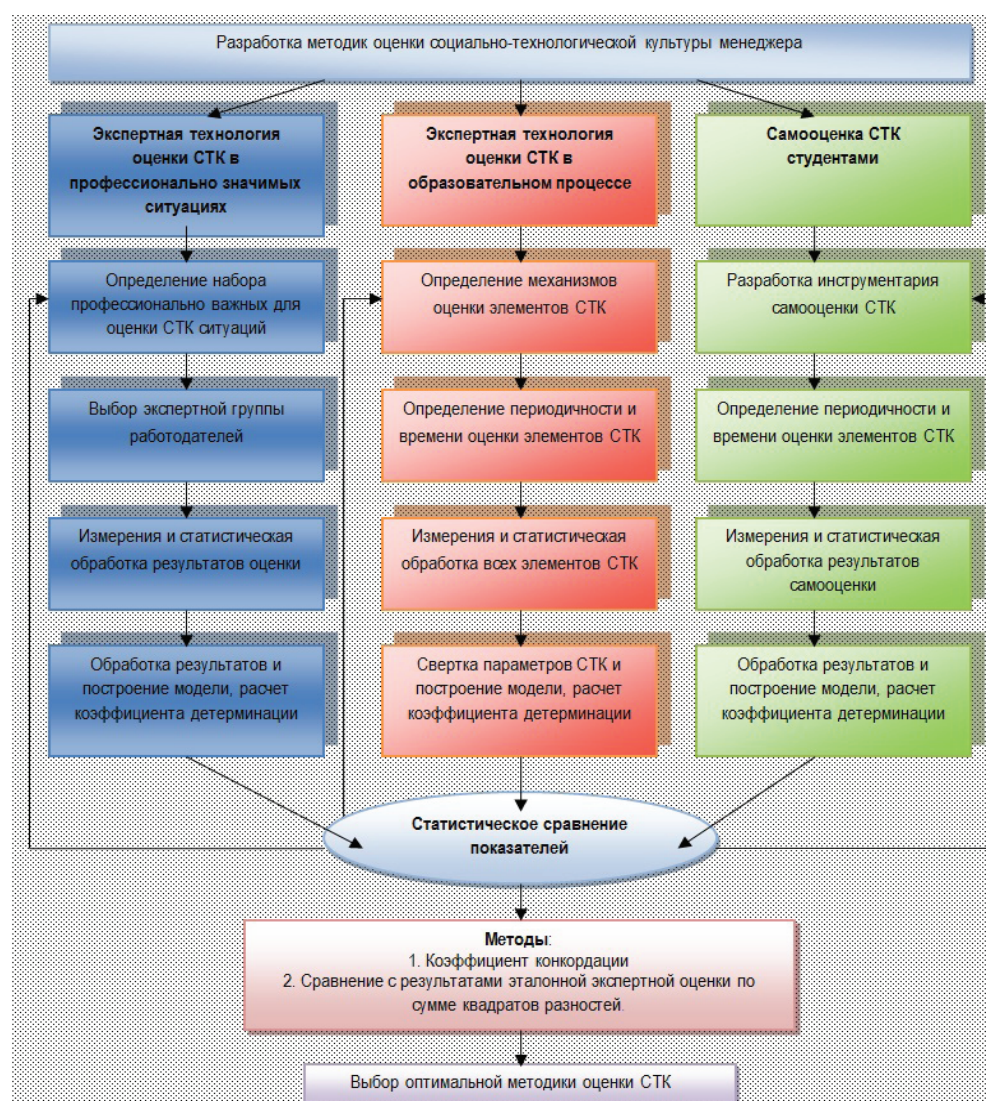


Рис 2. Технология оценки социально-технологической культуры будущих менеджеров в интерпретации И.В. Бурмыкиной [3]

К проекту необходимо подключить работодателей, образовательные учреждения, будущих и действующих менеджеров, общественные формирования и, при возможности, представителей международного образовательного пространства. В результате может быть создан своеобразный государственно-общественный консорциум, от имени которого предлагается заказ на разработку концепции и самого проекта. Одновременно создается группа управления проектом, которая может функционировать в рамках совета по кадровой политике при главе исполнительной власти субъекта Российской Федерации.

Группу разработчиков проекта целесообразно создавать из представителей работодателей, государственных и муниципальных чиновников, институтов гражданского общества и ученых.

Предложенная схема проектируется с учетом нескольких требований:

— четкая, ясная операциональная фиксация основных и промежуточных целей как его конечных и промежуточных результатов;

- определение полной структуры действий (функций), непосредственно направленных на достижение конечных целей и обеспечивающих для этого все необходимые условия;
- создание специальных гибких организационных структур и организационных механизмов управления, ориентированных на реализацию конкретных целей, развитие системы управления;
- согласованная проработка всех видов ресурсного обеспечения (кадрового, материально-технического, программно-методического, информативно-правового, финансового, организационного и т. п.).

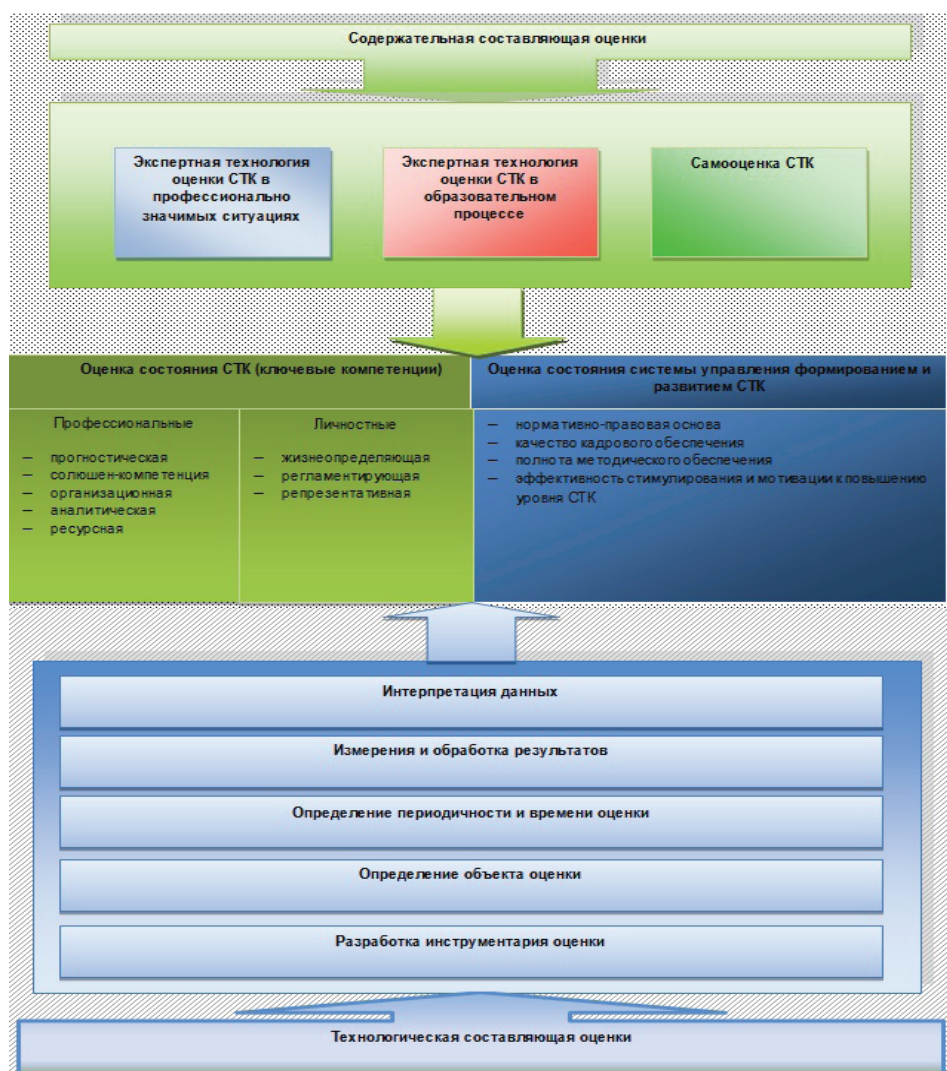


Рис. 3. Модель оценки управления процессом формирования социально-технологической культуры менеджеров

Инструментальный блок, обеспечивающий методы достижения целей участников процесса формирования социально-технологической культуры менеджеров; способы их мотивации к решению возникающих проблем.

Проблема в данном случае заключается в том, что управление формированием социально-технологической культуры менеджеров не может быть эффективно осуществлено на ос-

нове административной (жесткой) модели. Прежде всего потому, что административное управление предполагает существование ситуации унификации. Унификация проявляется в преимущественном использовании апробированного в ходе длительного опыта алгоритма управления. В основе его лежит определение цели, детерминированное, как уже отмечалось выше, тезаурусом субъекта управления. За этим следует волевое решение и его «продавливание» с помощью всех видов наличных ресурсов при условии жесткого контроля за исполнителями.



Рис. 4. Организационная модель реализации проекта управления формированием социально-технологической культуры менеджеров

Но подобный подход в рассматриваемой ситуации контрпродуктивен, поскольку, во-первых, речь идет о воздействии на объекты, имеющие различный социальный статус (будущие менеджеры; менеджеры, занятые в частных компаниях; государственные и муниципальные чиновники; менеджеры, работающие в бюджетных организациях). Во-вторых, речь идет о воздействии на человеческую личность, при котором административное давление довольно часто ведет сопротивлению и неадекватной реакции.

В этих условиях целесообразно применять так называемое «мягкое управление», соответствующее субъектно-субъектной социальной взаимодействия, в рамках которой ни один из участников не пытается использовать другого в качестве средства достижения собственных целей, но отношения строятся на основе заинтересованного партнерства [1]. Управленческие технологии, построенные на основе этой парадигмы, должны формироваться с учетом необходимости использования субъектного и интересубъектного потенциала личности и максимально использовать технологии регуляции [10].

Таким образом, в общем виде предлагаемая модель формирования социально-технологической культуры менеджеров может быть представлена в виде в виде схемы (рис. 5).

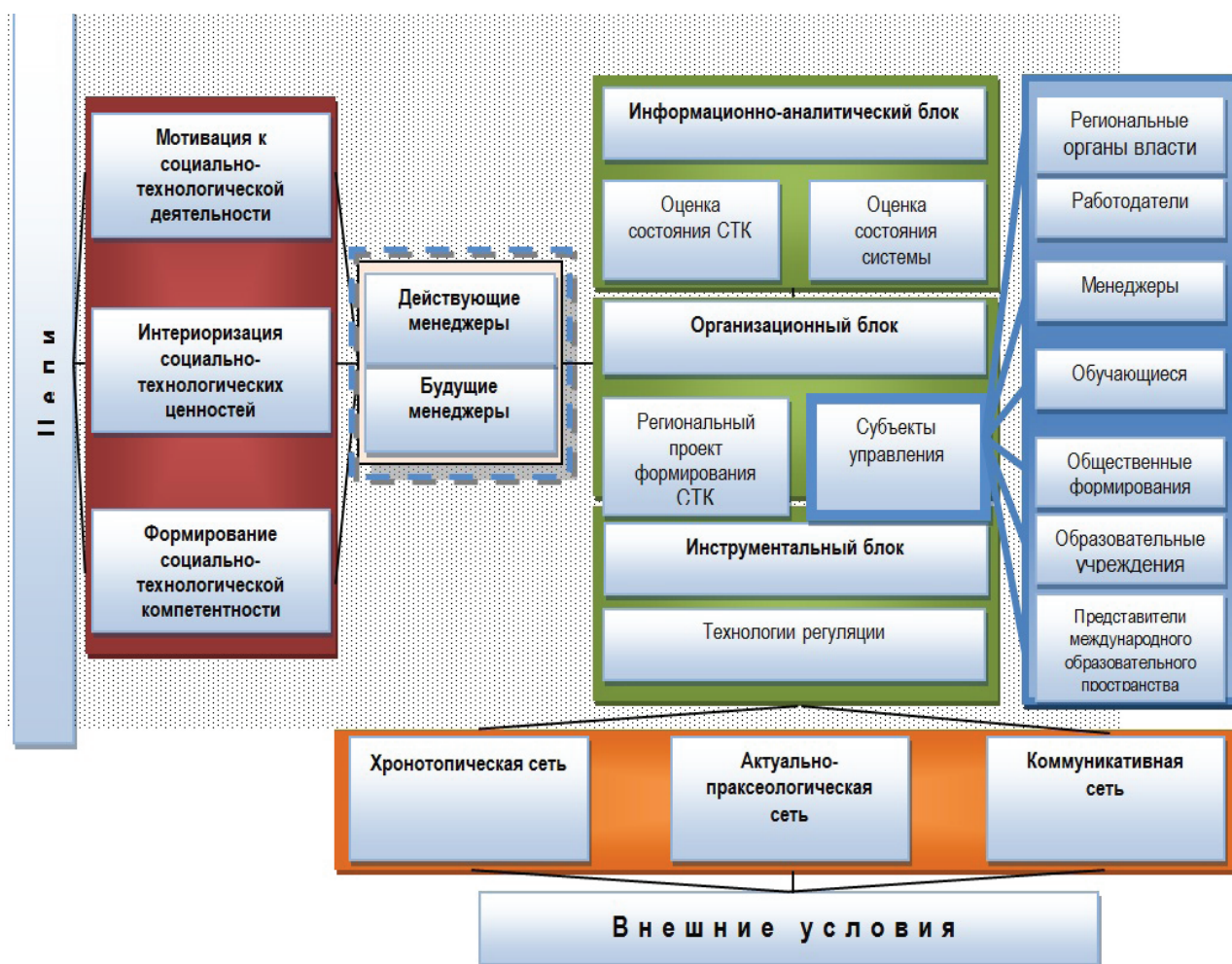


Рис. 5. Организационно-технологическая модель управления формированием социально-технологической культуры менеджеров

Выводы

Предложенная модель рассматривается как открытая, динамично развивающаяся система. Несмотря на значительное число акторов, установка на саморазвитие, «самодостраивание» системы управления формированием социально-технологической культуры менеджеров должна стать ведущей, а сама модель должна принять характер автопоэзисной системы, способной самонастраиваться и самодостраиваться в ответ на изменения внутри организации и во внешней среде. Для этого следует лишь инициировать желательные для субъекта управления тенденции. Такие возможности, как доказали С.П. Курдюмов и Е.Н. Князева, типичны для сложных нелинейных систем [5,6]. Развитие «самодостраивающихся» систем представляет собой вариант саморазвития и саморегуляции при минимальном внешнем воздействии. Следовательно, система формирования социально-технологической культуры способна самоорганизоваться на основе ценностного «ядра» в процессе активного взаимодействия участников. Ее совершенствование всегда будет результатом взаимодействия субъекта и объекта, в котором объекту, при естественном (не деформированном) развитии этих отношений, всегда принадлежит инициатива и решающая роль.

Список литературы

1. Батурин В.С. Новая парадигма социальной деятельности как определяющее условие построения правового государства / В.С. Батурин // XXI век: будущее России в философском измерении: Материалы Второго Российского философского конгресса (7-11 июня 1999 г.). Т.2: Социальная философия и философия политики. Екатеринбург, 1999. Ч. 2. С. 102-103.
2. Башкирова И.Ю. Дидактические основы формирования технологической культуры у будущих учителей: дис. ... канд. пед. наук. Тула: без изд-ва, 2001. 233 с.
3. Бурмыкина И.В. Управление формированием и развитием социально-технологической культуры современного менеджера. Белгород, 2009. С. 195.
4. Калашникова О.Г. Формирование технологической культуры младших школьников в процессе проектного обучения: дис. ... канд. пед. наук. Бирск: без изд-ва, 2003.
5. Князева Е.Н. Антропный принцип в синергетике / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов // Вопросы философии. 1997. № 3.
6. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Принцип коэволюции сложных систем и социальное управление. М., 1998.
7. Крылов Д.А. Формирование технологической культуры будущих учителей технологии и предпринимательства: дис. ... канд. пед. наук. Йошкар-Ола: без изд-ва, 2002.
8. Мищенко В.А. Формирование коммуникативно-технологической культуры учителя: дис. ... канд. пед. наук. М.: без изд-ва, 1999.
9. Морозова Т.И. Формирование социально-технологической культуры школьников в регионе: дис. ... канд. социол. наук. Белгород: без изд-ва, 2005.
10. Наймушин А.И. Технология как атрибут деятельности / А.И. Наймушин // XXI век: будущее России в философском измерении: Материалы Второго Российского философского конгресса (7-11 июня 1999 г.). Т. 2: Социальная философия и философия политики. Екатеринбург, 1999. Ч. 2. С. 41.
11. Петрова М.В. Интеграционные процессы в формировании технологической культуры школьников: дис. ... канд. пед. наук. Махачкала: без изд-ва, 2000.
12. Пуляева Л.Г. Социально-технологическая культура организационно-управленческой деятельности: дис. ... канд. социол. наук. Орел: без изд-ва, 2004. 233 с.
13. Рубцова Е.Т. Технологическая культура как важное звено в системе подготовки будущего педагога / Е.Т. Рубцова // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. 2008. № 6. С. 118-119.
14. Симоненко В.Д. Основы технологической культуры. Брянск: Изд-во БГУ, 1998.
15. Сунгуров А.Ю. Хронотоп как инструмент регионального политического анализа / А.Ю. Сунгуров // ПОЛИС. 2003. № 6. С. 65.
16. Сурмин Ю.П. Теория социальных технологий: Учеб. пособие / Ю.П. Сурмин, Н.В. Туленков. К.: МАУП, 2004. 608 с.
17. Фатхуллин И.Э. Формирование технологической культуры учащихся на основе личностно-ориентированного подхода к обучению: на примере межшкольного учебного комбината: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Чебоксары: без изд-ва, 2002.
18. Хотунцев Ю.Л., Программа образовательной области «Технология» для сельских общеобразовательных школ / Ю.Л. Хотунцев, А.С. Тихонов // Школа и производство. 1996. № 1. С. 11-23.
19. Чудинский Р.М. Формирование технологической культуры личности школьника в учебной деятельности (на примере уроков физики): дис. ... канд. пед. наук. Воронеж: без изд-ва, 2000. 173 с.
20. Шамаева О.П. Социально-технологическая культура специалиста (сущность, пути и способы формирования): дис. ... канд. социол. наук. Белгород: без изд-ва, 2000.

References

1. Baturin V.S. (1999) *Novaya paradigma sotsial'noy deyatel'nosti kak opredelyayushchee uslovie postroeniya pravovogo gosudarstva*. Red. V.S. Baturin [A new paradigm of social activity as the determining condition for building a jural (lawful) state. Ed. Baturin] *XXI vek: budushchee Rossii v filosofskom izmerenii: Materialy Vtorogo*

Rossiyskogo filosofskogo kongressa (7-11 iyunya 1999 g.). T. 2: Sotsial'naya filosofiya i filosofiya politiki [XXI century: the future of Russia in the philosophical dimension. Materials of the Second Russian Philosophical Congress (June 7–11, 1999). T. 2. Social Philosophy and Philosophy of Politics]. Ekaterinburg. 1999. Part 2. Pp. 102–103.

2. Bashkirova I.Yu. (2001) *Didakticheskie osnovy formirovaniya tekhnologicheskoy kul'tury u budushchikh uchiteley: dis. kand. ped. nauk* [Didactic bases of technological culture formation in future teachers: thesis Doctor of Pedagogical sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Tula. P. 233.

3. Burmykina I.V. (2009) *Upravlenie formirovaniem i razvitiem sotsial'no-tekhnologicheskoy kul'tury sovremennogo menedzhera* [Management of formation and development of socio-technological culture of a modern manager]. Belgorod. P. 195.

4. Kalashnikova O.G. (2003) *Formirovanie tekhnologicheskoy kul'tury mladshikh shkol'nikov v protsesse proektnogo obucheniya: dis. kand. ped. nauk* [Formation of technological culture of junior schoolchildren in the process of project training: thesis Doctor of Pedagogical sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Birk.

5. Knyazeva E.N. (1997) *Antropnyy printsip v sinergetike. Red. E.N. Knyazeva, S.P. Kurdyumov* [Anthropic principle in synergetics. Ed. E.N. Knyazeva, S.P. Kurdyumov] *Voprosy filosofii* [Issues of Philosophy]. No. 3.

6. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. (1998) *Printsip koevolyutsii slozhnykh sistem i sotsial'noe upravlenie* [The principle of co-evolution of complex systems and social management]. Moscow.

7. Krylov D.A. (2002) *Formirovanie tekhnologicheskoy kul'tury budushchikh uchiteley tekhnologii i predprinimatel'stva: dis. kand. ped. nauk* [Formation of technological culture of future teachers of technology and entrepreneurship: thesis Doctor of Pedagogical sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Yoshkar-Ola.

8. Mishchenko V.A. (1999) *Formirovanie kommunikativno-tekhnologicheskoy kul'tury uchitelya: dis. kand. ped. nauk* [Formation of communicative and technological culture of the teacher: thesis Doctor of Pedagogical sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Moscow.

9. Morozova T.I. (2005) *Formirovanie sotsial'no-tekhnologicheskoy kul'tury shkol'nikov v regione: dis. kand. sotsiol. nauk* [Formation of socio-technological culture of schoolchildren in the region: thesis Doctor of Pedagogical sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Belgorod.

10. Naymushin A.I. (1999) *Tekhnologiya kak atribut deyatel'nosti Red. A.I. Naymushin XXI vek: budushchee Rossii v filosofskom izmerenii: Materialy Vtorogo Rossiyskogo filosofskogo kongressa (7–11 iyunya 1999 g.). T. 2: Sotsial'naya filosofiya i filosofiya politiki* [Technology as an attribute of activity. Ed. A.I. Naymushin. XXI century: the future of Russia in the philosophical dimension: Materials of the Second Russian Philosophical Congress (June 7–11, 1999). T. 2. Social Philosophy and Philosophy of Politics]. Ekaterinburg. 1999. Part 2. P. 41.

11. Petrova M.V. (2000) *Integratsionnye protsessy v formirovanii tekhnologicheskoy kul'tury shkol'nikov: dis. kand. ped. nauk* [Integration processes in the formation of technological culture of schoolchildren: thesis Doctor of Pedagogical sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Makhachkala.

12. Pulyaeva L.G. (2004) *Sotsial'no-tekhnologicheskaya kul'tura organizatsionno-upravlencheskoy deyatel'nosti: dis. kand. sotsiol. nauk* [Socio-technological culture of organizational and managerial activity: thesis Doctor of Pedagogical sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Orel. P. 233.

13. Rubtsova E.T. (2008) *Tekhnologicheskaya kul'tura kak vazhnoe zveno v sisteme podgotovki budushchego pedagoga. Red. E.T. Rubtsova* [Technological culture as an important link in the system of training the future teacher. Ed. E.T. Rubtsova] *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstv* [Bulletin of the Moscow State University of Culture and Arts]. No. 6. Pp. 118–119.

14. Simonenko V.D. (1998) *Osnovy tekhnologicheskoy kul'tury* [Fundamentals of technological culture] *Izd-vo BGU* [Publishing house of BSU]. Bryansk.

15. Sungurov A.Yu. (2003) *Khronotop kak instrument regional'nogo politicheskogo analiza. Red. A.Yu. Sungurov* [Chronotope as an instrument of regional political analysis. Ed. A.Yu. Sungurov] *POLIS* [POLIS]. No. 6. P. 65.

16. Surmin Yu.P. (2004) *Teoriya sotsial'nykh tekhnologiy: Ucheb. Posobie. Red. Yu.P. Surmin, N.V. Tulenkov* [Theory of Social Technologies: Textbook. Ed. Yu.P. Surmin, N.V. Tulenkov] *MAUP* [MAUP], 2004. P. 608.

17. Fatkhullin I.E. (2002) *Formirovanie tekhnologicheskoy kul'tury uchashchikhsya na osnove lichnostno-orientirovannogo podkhoda k obucheniyu: na primere mezhskol'nogo uchebnogo kombinata: avtoref. dis. kand. ped. nauk* [Formation of technological culture of students on the basis of the person-oriented approach to teaching: on an example of interschool educational combine: the author's abstract. Thesis Doctor of Pedagogical Sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Cheboksary.

18. Hotuntsev Yu.L. (1996) *Programma obrazovatel'noy oblasti «Tekhnologiya» dlya sel'skikh obshche-obrazovatel'nykh shkol. Red. Yu.L. Khotuntsev, A.S. Tikhonov* [Program of the educational area «Technology» for rural general schools. Ed. Yu.L. Hotuntsev, A.S. Tikhonov] *Shkola i proizvodstvo* [School and production]. No. 1. Pp. 11–23.

19. Chudinsky R.M. (2000) *Formirovanie tekhnologicheskoy kul'tury lichnosti shkol'nika v uchebnoy deyatel'nosti (na primere urokov fiziki): dis. kand. ped. nauk* [Formation of the technological culture of the student's personality in educational activity (on the example of physics lessons): thesis Doctor of Pedagogical Sciences] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Voronezh. Pp. 173.

20. Shamaeva O.P. (2000) *Sotsial'no-tekhnologicheskaya kul'tura spetsialista (sushchnost', puti i sposoby formirovaniya): dis. kand. sotsiol. nauk* [Socio-technological culture of a specialist (essence, ways and methods of formation): thesis Doctor of Sociology] *Bez izd-va* [Without publishing house]. Belgorod.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Ф.Т. Нежметдинова, доц. Казанского государственного аграрного университета, канд. филос. наук, nadgmi@mail.ru

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

В статье представлены результаты исследования влияния цифровой экономики и «Индустрии 4.0» на систему образования. Целью данной статьи является определение основных направлений трансформации системы образования. Результаты исследования позволяют констатировать, что вхождению России в мировую цифровую экономическую систему препятствует ряд факторов: отставание РФ от промышленно развитых стран в прорывных технологиях, дефицит кадров с компетенциями в области «Индустрии 4.0» и недостаточный уровень развития цифровой культуры. Развитие цифровой экономики, обеспечиваемой современными технологиями, включая робототехнику и искусственный интеллект, с одной стороны, обуславливают высокую производительность и безопасность труда, а с другой, - создают проблемы в формировании компетенции кадров в системе образования.

Ключевые слова: глобальные вызовы, цифровая экономика, индустрия 4.0, образование, рынок труда, компетенции.

TRANSFORMATION OF EDUCATION IN THE DIGITAL ECONOMY

F.T. Nezhmetdinova, Associated Professor, Kazan State Agrarian University, Doctor of Philosophy, nadgmi@mail.ru

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

The article reviews the results of influencing of a digital economy and «Industry 4.0» on the education system as in Russia as all over the world. This research indicates the main directions of the education system transformation in structural and pithy aspects which the “digital economy» and «Industry 4.0» effect on. According to the study, Russia’s entrance to the digital world system prevents such factors as the technological isolation from the industrialized countries and a lack of specialists in the field of «Industry 4.0» and a digital culture. The development of the digital economy, which the modern technologies such as robotics and AI support, provides high productivity, efficiency, safety and convenience. At the same time we will have to answer the question how digitalization influences on the labor market, the professional skill, competencies and the educational system in total.

Keywords: global challenges, digital economy, Industry 4.0, education, labor market, competence.

Введение

Российская Федерация, в том числе Республика Татарстан, оказались перед набирающими силу процессами глобализации и перехода экономики на новый этап развития, который принято именовать как «Индустрия 4.0».

Быстрыми темпами формируется единое экономическое, правовое и информационное мировое пространство. Оно включает в себя не только устоявшиеся рынки капиталов, това-

ров, рабочей силы и технологий, но и системы национального управления, стимулирования инноваций, развития человеческого капитала [1, 2, 3, 4].

Глобализация обуславливает переход мировой экономики на технологии «Индустрии 4.0» и цифровой экономики, который обеспечивает:

- повышение скорости технологического развития мировой экономики;
- возрастание уровня конкуренции за высококвалифицированные кадры и «smart» ресурсы (инвестиции в новые знания и технологии, компетенции);
- рост военных угроз, старение населения, проблемы здравоохранения и другое [5, 6].

Система образования оказалась под влиянием двух волн цифровой революции [8, 9]. Первая волна связана с созданием компьютеров и программного обеспечения, способных обеспечивать обработку больших объемов информации, обусловивших сокращение рабочих мест. Вторая волна связана с четвертой промышленной революцией, когда сочетание технологий размывает границы между физической, цифровой и биологической сферами [10, 11]. Достижения в области цифровых технологий, генетике, искусственном интеллекте, робототехнике, нанотехнологиях, 3D печати и биотехнологии, создают условия для создания инновационных форм человеческой деятельности, диджитализации всех сфер деятельности и наступление четвертой цифровой революции. Появятся умные системы — дома, производственные предприятия, фермы, села и города. Они обеспечат решение управленческих проблем от экономики до экологии.

Логичным ответом на глобальные вызовы, связанные с цифровизацией, стало принятие Россией Государственной программы «Цифровая экономика в РФ» (2017). На заседании Совета по стратегическому развитию и приоритетным проектам Президент России В.В. Путин сказал: «Формирование цифровой экономики — это вопрос национальной безопасности и независимости России, конкуренции отечественных компаний». Президент РФ поставил задачу «кратно увеличить выпуск специалистов в сфере цифровой экономики» и «добиться всеобщей цифровой грамотности» [15]. Цифровая экономика — это не отдельная отрасль, по сути, это уклад жизни, новая основа для развития системы государственного управления, экономики, бизнеса, социальной сферы, всего общества».

Решить эту задачу без трансформирования системы образования становится затруднительным.

Методика исследования

Целью данной статьи является определение основных направлений трансформации системы образования как структурно, так и содержательно под влиянием «цифровой экономики» и «Индустрии 4.0».

Основные задачи:

- определение основных вызовов для современной системы образования
- разработка прогнозных направлений трансформации содержания и структуры от «Образования» 2.0 к 4.0.

Методы исследования: систематизация, периодизация, проблемно-хронологический, сравнительный анализ.

Эмпирическая база: научные исследования отечественных и зарубежных ученых, форум-исследования, аналитические документы международных организаций, государственных учреждений, институтов, исследовательских центров, ассоциаций и фондов, в том числе таких как Всемирный Экономический Форум (ВЭФ), Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), международная аналитическая компания McKinsey Global Institute [1, 3, 14, 16, 17, 18, 19, 20].

Результаты и обсуждение

В настоящее время нет универсального определения понятия «цифровая экономика». Некоторые ученые определяют ее как основанную на цифровых технологиях, представляющую собой область электронных товаров и услуг: медиаконтент, телемедицина, дистанционное обуче-

ние. Этот подход расширяет содержание понятие цифровой экономики, включая в нее производство, использующее цифровые технологии: «интернет вещи» и умную фабрику, искусственный интеллект и робототехнику [9]. Другими словами, добавляется все то, что характеризует «Индустрию 4.0». Концептуальные идеи «Индустрия 4.0» включают в себя цифровизацию как глобальный тренд, которая пронизывает все технологические цепочки и активы, позволяет создавать новые товары и услуги, повышая их стоимость [21, 22, 23]. Понятие «Индустрия 4.0» используется в контексте четвертой промышленной революции. Многие эксперты считают, что она происходит в настоящее время как результат формирования и развития киберфизических систем (Cyber-Physical Systems, CPS). Не случайно, в докладе ВЭФ о глобальной конкурентоспособности (2016–2017 гг.) придается особое значение инвестициям в цифровые технологии [24].

В государственной программе «Цифровая экономика в РФ» дается следующее определение «цифровой экономике»: это модель управления хозяйством, построенная с максимальным использованием компьютерных технологий, которая позволит вывести на новый уровень повседневную жизнь человека, производственные отношения, структуру экономики, образование» [24].

ВЭФ предложил особый международный индекс сетевой готовности. Он используется для того, чтобы оценить готовность стран к цифровой экономике («Глобальные информационные технологии», 2016). Данный индекс показывает, насколько хорошо используют цифровые технологии экономики стран в целях повышения конкурентоспособности и благосостояния населения, а также факторы, которые влияют на развитие цифровой экономики. В данном исследовании Россия занимает 41-е место по готовности к цифровой экономике и 38-е место по экономическим и инновационным результатам использования цифровых технологий. Это указывает на отставание России от стран-лидеров примерно на 5–8 лет [15].

Вхождение России в цифровую мировую глобальную систему тормозит ряд проблем:

- отставание в прорывных технологиях от промышленно развитых стран, которые успешно формируют у себя шестой технологический уклад;
- низкий уровень вовлеченности российских предприятий в мировую кооперацию, технологические трансферты, партнерское сетевое взаимодействие;
- недостаточное внимание органов власти и бизнеса к внедрению информационных технологий в производственную инфраструктуру и бизнес-процессы;
- дефицит кадров с развитыми компетенциями в области «Индустрии 4.0» и достаточной цифровой культурой.

Очевидно, что решение указанных проблем, в первую очередь, связано с человеческим капиталом. В докладе, подготовленном PwC (PricewaterhouseCoopers — транснациональная корпорация, предлагающая услуги в области консалтинговых услуг и аудита), «Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» в промышленных компаниях за 2016 год» формирование и развитие основных технологических решений даны в форме алгоритма, ключевыми элементами которого выступают: развитие отношений с клиентами через цифровые каналы, люди и образование как важнейшие условия цифровой трансформации [17].

Развитие цифровой экономики, обеспечиваемой современными технологиями, включая робототехнику и искусственный интеллект, с одной стороны, обуславливает высокий уровень производительности труда, повышение его эффективности, безопасности и удобства. Но, с другой стороны, возникают сложные проблемы влияния цифровизации на рынок труда, компетенцию кадров, а значит и на систему образования. Почти половина современных профессий могут быть автоматизированы к 2025 г. [15, 25, 26].

По данным Агентства стратегических инициатив России (АСИ) к профессиям, востребованным рынком до 2020, могут быть отнесены:

- системный биотехнолог;
- IT-медик;

- энергоаудитор;
- системный инженер морской инфраструктуры;
- инженер роботизированных систем;
- организатор проектного обучения;
- инженер производства малой авиации и др.

После 2020 года:

- архитектор живых систем;
- архитектор виртуальности;
- метеоэнергетик;
- проектировщик медицинских роботов;
- парковый эколог;
- разработчик образовательных траекторий;
- технолог рециклинга летающих аппаратов [26].

Даже в названиях профессий можно увидеть синергию разных отраслей знаний, как естественнонаучного, так и гуманитарного содержания. Однако существует ряд профессий, которые трудно заменить искусственным интеллектом и об этом надо подумать заранее. К ним можно отнести все виды деятельности, связанные с творчеством, социальной коммуникацией: различные виды дизайна, программирования, технической и медицинской диагностики, работа следователей и маркетологов. Остается внушительный перечень «рабочих профессий», которые роботизировать достаточно сложно, и которые могут быть связаны с ремесленными навыками и мелкой моторикой. Правда, рабочими их можно будет назвать условно, так как уровень сложности у них тоже повышается и зачастую для того чтобы работать сегодня, например, в нефтегазовой отрасли нужно высшее образование [26].

Четвертая революция в целом заставит нас пересмотреть собственные моральные и этические границы, изменит содержание профессий [7].

В этой связи на первый план, помимо профессиональных качеств, выходят так называемые метакомпетенции или мягкие («soft») компетенции. К ним принято относить:

- непрерывное образование, постоянное профессиональное развитие, стремление к новому;
- критическое мышление и рациональная рефлексия;
- разумный риск, предприимчивость и творческий подход;
- умение работать самостоятельно и в команде, в высококонкурентной среде, в режиме неопределенности и многозадачности;
- владение иностранными языками для эффективной коммуникации в глобальной экономике;
- цифровую грамотность;
- эмоциональный интеллект.

В ближайшее десятилетие разрыв между быстро развивающейся технологией и медленными темпами развития человека будет расширяться, поскольку экспоненциальные улучшения в искусственном интеллекте, робототехнике, сетях, аналитике и оцифровке все больше влияют на экономику и общество.

К сожалению, приходится констатировать, что система образования не поспевает за революционными изменениями в цифровой экономике. Речь идет о об обширном рынке труда и производства, подавляющего количества стран в мире. Многие работодатели, согласно материалам экспертной компании McKinsey, не могут найти достаточного количества работников, которые обладали бы необходимыми навыками. Опрос, которые они провели в 9 странах, входящих в ОЭСР показал, что 60% работодателей подчеркнули, что новые выпускники не были должным образом подготовлены не только технически, но и имели недостаток «мягких навыков»: проблемы в общении, неумение работать коллективно, отсутствие и пунктуальности и пр. [16, 27].

Как социальный институт, образование долгое время «покоилось» в рамках традиций и очень медленно менялось. Между тем, все стремительно меняется, и образование не может оставаться в стороне от сферы воспроизводства человеческого капитала и его социализации. В ближайшее время система образования должна будет серьезно трансформироваться: ее содержание, способы передачи знания, образовательные технологии и основные заинтересованные стороны (стейкхолдеры). Основным драйвером станут сопряженные с ней сферы: прорывные технологии, в первую очередь, информационные, здравоохранение и финансы [28].

Страны-лидеры ОЭСР (США, Великобритания, Австралия, Сингапур, Япония) отмечают острую необходимость трансформации моделей образования. Глобальные вызовы ставят перед национальными системами образования серьезные задачи:

1. Развитие цифровизации и других цифровых технологий потребует изменить способы, при помощи которых фиксируется, передается и создается знание. Это затронет также формирование навыков, процесс оценки знаний и фиксации достижений, процесс управления собственной траекторией развития и много другое. Цифровые технологии изначально имеют транснациональный и транскультурный характер, они практически не знают государственных, этнических, политических и религиозных границ. Их отличает высокая доступность для малообеспеченных слоев населения планеты и скорость распространения. Сегодня они достигли такого уровня развития, что практически не представляется возможным технически их заблокировать, о чем говорит инцидент с Telegram. Ведь наиболее принципиальным ограничением в распространении технологий является их стоимость. С точки зрения потребителя Интернет и цифровые технологии стоят очень дешево и оказываются доступны даже самым малообеспеченным слоям общества.

2. Ставка инноваций на технологические стартапы и разрыв между потребностями инновационной экономики и системой подготовки кадров приводят к появлению новых игроков в образовательном пространстве. Они активно подключаются к процессам подготовки кадров и повышения квалификации, гибко реагируют на меняющиеся потребности и компетенции производства и бизнеса, не зависящие от национальных регламентов в сфере образования. Это корпоративные университеты при крупных холдингах и свободных экономических зонах (например, Алабуга), краткосрочные курсы повышения квалификации, особенно в сфере цифровых и других прорывных технологий (например, Microsoft), открытые online-курсы формируют транснациональный образовательный рынок. Все это усиливает конкуренцию за образовательные услуги, в которых классические университеты и институты начинают проигрывать. Как следствие, отношение к классическим документам об окончании того или иного учебного заведения может измениться. Все это требует немедленных изменений в имеющейся системе образования.

3. Развитие цифровой экономики и переход к «Индустрии 4.0» в развитых странах, усиление конкуренции порождают экономическую неопределенность. Как следствие, формируется запрос на новые типы компетенций и формы обучения. Во-первых, увеличивается спрос на специалистов, обладающих гибкостью мышления, творческими способностями, готовностью к самостоятельному действию и к работе в команде, стрессоустойчивостью, способностью работать в разных культурах средах. Скорость изменений, дифференциация производственных и организационных задач, предъявляет спрос на высокоскоростное образование, которое готовит работников под узкий круг задач для конкретного рабочего места. Во-вторых, возрастает потребность в моделях образования, использующих сквозное обучение, то есть на протяжении всей жизни. Это приводит к стиранию границ между учебой и работой, позволяет обеспечивать повышение квалификации в режиме реального времени и зачастую без отрыва от основного места работы. Как следствие, возникает настоятельная необходимость в трансформации системы образования как содержательно, так и структурно. К сожалению, сама система образования в большинстве своем к этому не готова, да и системы управления образованием воспроизводят старые, пусть и когда-то успешные практики.

4. Серьезные изменения происходят в ценностной парадигме образования, которые влияют на его смысл в новой системе координат. Это связано как с формированием нового технологического уклада, так и с характеристикой современного поколения молодежи. Многие исследователи и международные форсайт-обзоры констатируют увеличение доли молодежи, которая все меньше рассматривает образование как ценность и теряет мотивацию к учебе. Пожалуй, это становится одним из главных вызовов для современной системы образования. Конкуренция в сфере медиаресурсов, интернета, широкой практики использования социальных цифровых приложений уже приводит к тому, что образовательные программы делают ставку на интерактивность (геймификацию) обучения. Вместе с тем, для определенной части современного поколения молодежи также характерен выбор индивидуальной образовательной траектории, личностное саморазвитие и готовность принимать решения. Очень важно, чтобы школы и вузы были готовы работать с такой молодежью.

Трансформация структурных компонентов, содержания и стейкхолдеров системы

Таблица 1

Уровень образования	Особенности образовательного процесса	Путь передачи знаний	Место и способы передачи знаний
Образование 1.0	Продиктовано	От учителя к учащемуся	В здании школы
Образование 2.0	Социально сконструировано	От учителя к учащемуся и между учащимися	В здании или в сети через ПК
Образование 3.0	Социально сконструировано и обновляется в зависимости от контекста	Знание конструируют с учащимися в процессе личностно значимой деятельности	С появлением мобильных устройств – везде
Образование 4.0	Создается результат практико-индивидуальной или групповой деятельности	Модель 24/7 в учебе, работе, жизни	В глобальной сети, заменяющей класс

Таблица 2

Уровень образования	Качества учителя	Функции семьи	Задачи учащегося	Задачи работодателя и бизнеса, отбирающего выпускников – будущих специалистов
Образование 1.0	Лицензированные профессионалы	«Камера хранения» для подготовки детей в вуз	Получить знания и занять профессиональную нишу	Подобрать выпускников – работников «конвейерного» производства, от которых не ждут креативности
Образование 2.0	Лицензированные профессионалы, создающие совместно с учащимися и семьями новые образовательные возможности на ограниченной платформе ЭОС	«Камера хранения» для подготовки детей в вуз	Сдать ЕГЭ и поступить в вуз	Подобрать выпускников, недостаточно подготовленных к «знанию» экономике

Окончание таблицы 2

Уровень образования	Учителя	Родители	Обучающийся	Работодатели и бизнес рассматривает выпускников как
Образование 3.0	Участники образовательного процесса, соединенные мобильными устройствами, обеспечивающими доступность информации – «сырья» для конструирования нового знания	Образовательное пространство, обеспечивающее возможность у детей учиться	Сдать ЕГЭ, поступить в вуз и получить перспективную работу, развитие профессиональных компетенций	Подобрать будущих работников, производящих знания, готовых к сотрудничеству, предпринимательству, инновационной деятельности и конструированию знания
Образование 4.0	Партнеры совместно осуществляемого образовательного процесса с использованием полноценной погруженности в цифровое пространство	Один из центров инновационной деятельности детей совместно с родителями и учителями	Стереть грани между учебой и работой	Подобрать будущих работников, производящих инновации, используя творческий и командный подход, способных к созданию новых знаний

Таблица 3

Уровень образования	Оборудование и программное обеспечение	Использование мобильных устройств	Коммуникаторы
Образование 1.0	Вложение средств, которые используются эффективно	Нельзя использовать в процессе обучения	Класс Репетитор
Образование 2.0	Открыто и доступно по цене	Можно использовать в процессе обучения, но в ограниченном формате	Класс Репетитор Олимпиады
Образование 3.0	Доступно по цене и используется для получения знания	Активно поощряется их использование в образовательном процессе	Класс Репетитор Олимпиады
Образование 4.0	Обновляется по мере необходимости, т. к. программное обеспечение персонализировано	Постоянный апгрейд (усовершенствование) программного обеспечения, поощрение использования новых поколений мобильных устройств, пришедших на смену устаревшим	Класс Наставник Олимпиады Индивидуальные образовательные программы

Уже сегодня существуют серьезные международные исследования, которые подсказывают, какие тренды в системе современного и будущего образования станут доминирующими. К ним можно отнести следующие:

- обучение станет пожизненным;
- традиционное лекционное обучение уступит место проектному типу образования;
- произойдет изменение моделей масштабирования образования, от массового сегмента к индивидуальному.

Представляется, что в условиях перехода к цифровой экономике и «Индустрии 4.0» система образования в России будет полимодельной.

В качестве реперных точек для характеристики возможных моделей были выбраны учителя, родители, работодатели и учащиеся; способы передачи знаний и реализации результатов образования, содержание образования и информационные технологии.

Это связано с определенным неравномерным характером развития цифровой экономики в России, ее отставанием от мировых лидеров. Другими словами, те или иные реперные точки могут не проявляться последовательно от 1.0 к 4.0, а носить смешанный характер, когда в одной модели могут одновременно присутствовать элементы различных уровней образования.

Выводы

В ближайшее время, согласно государственной программе «Цифровая экономика РФ», данные в цифровом виде станут ключевым фактором как производства и бизнеса, так и всей совокупности социально-экономической сферы. Это связано как с глобальными вызовами, так и с необходимостью усиления конкурентоспособности России и ее регионов, повышения качества жизни населения, повышения экономического роста и обеспечения национального суверенитета. Для реализации программы определены пять базовых направлений развития цифровой экономики в России: нормативное регулирование, кадры и образование, формирование исследовательских компетенций и технических заделов, информационная инфраструктура и информационная безопасность. Приоритетными целями и задачами направления, относящегося к кадрам и образованию, выступают: разработка и формирование базовых условий для подготовки кадров, востребованных цифровой экономикой; совершенствование и трансформация системы образования, обеспечивающей цифровую экономику компетентными специалистами; формирование и развитие рынка труда, отвечающего критериям и требованиям цифровой экономики; разработка системы мотивации для освоения соответствующих компетенций и вовлечение кадров в цифровую экономику России.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Образование будет гибким, особенно на этапе формирования профессиональных навыков и привычная система бакалавриат, магистратура, специалитет, аспирантура, докторантура будет дополнена самостоятельным самосовершенствованием на протяжении всей дальнейшей жизни. Изменяются формы образовательных организаций и способы получения образования. Все это повлечет за собой изменения в структуре кадровых служб, системы квалификаций, расчета заработной платы.

2. Появится большое количество индивидуальных образовательных траекторий, которые будут опираться не только на запросы рынка труда, но и учитывать индивидуальные особенности обучающихся. Об этом говорит возрастающая популярность многочисленных онлайн-платформ образования на базе ведущих вузов мира.

3. Получать образование можно будет постоянно, независимо от месторасположения учащегося.

4. Обучающийся может стать творцом своей образовательной программы, что повлечет за собой изменение в традиционной схеме «учитель — ученик», когда учитель станет наставником.

5. Образование будет становиться все более практикоориентированным и нацеленным на решение прикладных задач, что предъявит новые требования к изучению и преподаванию классических учебных дисциплин. Все больше места будет занимать проектная и междисциплинарная форма обучения, отвечающая глобальным вызовам в технике и технологиях.

6. Центральными вопросами, на которые обучение должно будет отвечать, будут: почему? почему нет? каким образом?

7. Будет меняться и система оценки знаний, которая будет оценивать, а не экзаменовать.

По своей природе образование, как, впрочем, и вся наука опирается на традицию, что делает их достаточно консервативными с точки зрения изменений. Это связано с процессом получения и передачи знаний, которые составляли культурную основу общества и формировали его мировоззренческий базис, картину мира. На протяжении всей истории образование менялось, в основном, под давлением внешних факторов, что давало ему возможность успешно справляться с новыми задачами. В условиях перехода к цифровой экономике и «Индустрии 4.0» новые технологии переживают радикальную трансформацию. Они меняют не только природу производства, товаров и услуг, но и отношения внутри общества, а, значит, и внутри всей системы образования.

Работа выполнена при поддержке АНО «Казанский открытый университет талантов 2.0» (АНО «КОУТ 2.0») ВНИК «Золотой стандарт развития ребенка 2.0» (2017), НИР «Трансформация ключевых факторов инфраструктуры и стейкхолдеров системы образования в условиях формирования цифровой экономики и Образования 4.0 (обзор международного опыта и практик)».

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.12622.2018/12.1.

Список литературы

1. The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses: bio/nano/materials/information trends, drivers, barriers, and social implications. Technical Report. Richard Silberglitt et al. RAND. National Security Research Division. Santa Monica, CA. 2006. Available at: http://www.rand.org/pubs/technical_reports/2006/RAND_TR303.pdf.
2. Ross A. The Industries of the future / A. Ross. Publisher: Simon & Schuster, 2016. P. 256.
3. Доклад ОСЭР «Видение 2060 года: Долгосрочные перспективы мирового роста». Available at: <http://espas.eu/orbis/document/looking-2060-long-term-growth-prospects-world>).
4. Рамочная программа ЕС «Горизонт 2020». Available at: http://eeas.europa.eu/delegations/russia/press_corner/all_news/news/2013/20131213_ru.htm.
5. Нежметдинова Ф.Т. Гуманитарная экспертиза рисков внедрения современных технико-технологических достижений БИК-технологий на основе биоэтики: методологический подход // «Инноватика и экспертиза» ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2013, вып. 1(8). 237 с. С. 132–139.
6. Нежметдинова Ф.Т. Биоэтика в контексте современных научных стратегий и как прикладная этика в эпоху современных технологий // Вестник Санкт-Петербургского университета. Вып. № 1, март 2009. Серия философия, политология, культурология, право, международные отношения.
7. Взгляд на образование 2016. Индикаторы ОЭСР». Available at: <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.html>.
8. Бобровников Б. Цифровая экономика России. Шел 2016 год / Б. Бобровников. Available at: http://www.apkit.ru/files/apkit_meet2016_DEconomy_Bobrovnikov2.pdf.
9. Цифровая экономика и «Индустрия 4.0»: проблемы и перспективы: труды научно-практической конференции с международным участием / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 678 с.
10. Комиссаров А. Технологический ренессанс: Четвертая промышленная революция / А. Комиссаров. Available at: <http://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2015/10/14/612719-promishlennaya-revolutsiya>.
11. Громова Т. Власть «Индустрии 4.0» / Т. Громова. Available at: <http://fastsaltimes.com/sections/obzor/522.html>.
12. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond / K. Schwab // Foreign Affairs. 2015. December. Available at: www.foreignaffairs.com/authors/klaus-schwab.
13. 10 прорывных технологий 2017 года. Available at: <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2017>.

14. Доклад ВЭФ «Будущее работы и занятость 2016». Available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf.
15. Государственная программа «Цифровая экономика РФ». Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.
16. Прорывные технологии: достижения, которые изменят жизнь, бизнес и мировую экономику. McKinsey Global Institute. Available at: http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies.
17. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 г. Available at: www.pwc.com/industry4.0.
18. Future of manufacturing – GOV.UK. Available at: <https://www.gov.uk/government/collections/future-of-manufacturing>.
19. Programs: Manufacturing.gov. Available at: <https://www.manufacturing.gov/programs>.
20. Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial workforce Through 2025? The Boston Consulting Group, Inc. 2015. 18 p.
21. Добрынин А.П. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. №. 1. С. 4–11.
22. Хель И. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция? Available at: <http://news.ru/business-analytics/industria-4-0>.
23. Kagermann H., Lukas W., Wahlster W. (2011) Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. Available at: http://www.wolfgang-wahlster.de/wordpress/wp-content/uploads/Industrie_4_0_Mit_dem_Internet_der_Dinge_auf_dem_Weg_zur_vierten_industriellen_Revolution_2.pdf.
24. Всемирный экономический форум: Рейтинг глобальной конкурентоспособности 2016–2017 // Центр гуманитарных технологий. Available at: <http://gtmarket.ru/news/2016/09/28/7304>.
25. Доклад о мировом развитии 2016. Цифровые дивиденды. Обзор. Международный банк реконструкции и развития / Мировой банк 2016. Available at: http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2016/01/13/090224b08405bbc0/1_0/Rendered/PDF/World0developm010dividends0overview.pdf.
26. АСИ Атлас новых профессий. Available at: <http://atlas100.ru>.
27. Эра цифрового бизнеса: нарушение границы. Available at: <http://www.inesnet.ru/wpcontent/uploads/2016/02/Accenture-Technology-Vision-2015-rus.pdf>.
28. The Factory of the Future. Industry 4.0. The challenges of tomorrow. KPMG AG, 2016. 67 p.
29. Лукша П., Песков Д. «Будущее образование глобальная повестка. 2013. Available at: <https://vbudushee.ru/files/%D0%9E%20%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%83%D1%89%D0%B5%D0%BC%20%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf>.

References

1. The Global Technology Revolution 2020. In-Depth Analyses: bio/nano/materials/information trends, drivers, barriers, and social implications. Technical Report. Richard Silbergliet et al. RAND. National Security Research Division. Santa Monica, CA. (2006). Available at: http://www.rand.org/pubs/technical_reports/2006/RAND_TR303.pdf.
2. Ross A. (2016) The Industries of the future. Publisher: Simon & Schuster, 256 p.
3. *Doklad OSER «Videnie 2060 goda: Dolgosrochnye perspektivy mirovogo rosta»* [OECD Report: Vision till 2060: Long-term perspectives of the word growth]. Available at: <http://espas.eu/orbis/document/looking-2060-long-term-growth-prospects-world>.
4. *Ramochnaya programma ES «Gorizont 2020»* [EU framework program Horizon 2020]. Available at: http://eeas.europa.eu/delegations/russia/press_corner/all_news/news/2013/20131213_ru.htm.
5. Nadgmetdinova F.T. (2013) *Gumanitarnaya ekspertiza riskov vnedreniya sovremennykh tekhniko-tehnologicheskikh dostizheniy BIK-tehnologiy na osnove bioetiki: metodologicheskij podkhod* [Humanitarian risk expert examination of the contemporary technique and technological achievements in NBIC: methodology] *Innovatika i ekspertiza. FBGNU NII RINKTsE* [Innovation and expert examination. SRI FRCEC]. Vol. 1(8). P. 237. Pp. 132–139.

6. Nadmetdinova F.T (2009) *Bioetika v kontekste sovremennykh nauchnykh strategiy i kak prikladnaya etika v epokhu sovremennykh tekhnologiy* [Bioethics in the context of the contemporary scientific strategies and as an applied ethics in the contemporary technologies period] *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta* [Herald of St. Petersburg State University]. St. Petersburg. Vol. 1.
7. *Vzglyad na obrazovanie 2016. Indikatory OESR* [A glance at the education-2016. OECD indicators]. Available at: <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.html>.
8. Bobrovnikov B. (2017) *Tsifrovaya ekonomika Rossii. Shel 2016 god* [Digital economy – 2016. Was 2016 year]. Available at: http://www.apkit.ru/files/apkit_meet2016_DEconomy_Bobrovnikov2.pdf.
9. *Tsifrovaya ekonomika i «Industriya 4.0»: problemy i perspektivy: trudy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Pod red. d-ra ekon. nauk, prof. A.V. Babkina* [Digital economy and Industry 4.0: problems and opportunities. International scientific conference. Edited by Ph. D. of Economics A.B. Babkina] *Izd-vo Politekh. un-ta* [Publishing House of Politechnical University]. St. Petersburg. 2017. P. 678.
10. Komissarov A. (2017) *Tekhnologicheskii renessans: Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya* [Technological renaissance: the Forth industrial revolution]. Available at: <http://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2015/10/14/612719-promishlennaya-revolutsiya>.
11. Gromova T. (2017) *Vlast' «Industrii 4.0»* [Industry 4.0 Power]. Available at: <http://fastsalttimes.com/sections/obzor/522.html>.
12. Schwab K. (2015) The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. Available at: www.foreignaffairs.com/authors/klaus-schwab.
13. *10 proryvnykh tekhnologiy 2017 goda* [10 Breakthrough technologies-2017]. Available at: <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2017>.
14. *Doklad VEF «Budushchee raboty i zanyatost' 2016* [WEF report: Jobs of future and employment]. Available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf.
15. *Gosudarstvennaya programma «Tsifrovaya ekonomika RF»* [National program RF digital economy]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.
16. *Proryvnye tekhnologii: dostizheniya, kotorye izmenyayt zhizn', biznes i mirovuyu ekonomiku* [Breakthrough technologies. The achievements which change our life, business and the world economy. McKinsey Global Institute]. Available at: http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies.
17. *Vsemirnyy obzor realizatsii kontseptsii «Industriya 4.0» za 2016 g.* [World-wide review of Industry 4.0 realizing 2016]. Available at: www.PWC.com/industri4.0.
18. Future of manufacturing – GOV.UK. Available at: <https://www.gov.uk/government/collections/future-of-manufacturing>.
19. Programs: Manufacturing.gov. Available at: <https://www.manufacturing.gov/programs>.
20. Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial workforce Through 2025?(2015). The Boston Consulting Group, Inc. 118 p.
21. Dobrynin A.P. (2016) *Tsifrovaya ekonomika – razlichnye puti k effektivnomu primeneniyu tekhnologiy (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA i drugie)* [Digital economy – the different ways to the efficient technologies using (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA and so on). International Journal of Open Information Technologies]. Vol. 4. No. 1. Pp. 4–11.
22. Khel I. (2016) *Industriya 4.0: chto takoe chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya?* [Industry 4.0. What does the Forth Industrial Revolution mean?]. Available at: <http://news.ru/business-analitics/industria-4-0>.
23. Kagermann H., Lukas W., Wahlster W. (2011) *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI na Part. 1*. Available at: http://www.wolfgang-wahlster.de/wordpress/wpcontent/uploads/Industrie_4_0_Mit_dem_Internet_der_Dinge_auf_dem_Weg_zur_vierten_industriellen_Revolution_2.pdf.
24. *Vsemirnyy ekonomicheskii forum: Reyting global'noy konkurentosposobnosti 2016–2017* [World economic forum. The Global competitiveness ranking 2016–2017]. Available at: <http://gtmarket.ru/news/2016/09/28/7304>.
25. *Doklad o mirovom razviti 2016. Tsifrovye dividendy. Obzor* [Report on World development 2016, Digital dividends. Review]. Available at: http://www.wds.world-bank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2016/01/13/090224b08405bbc0/1_0/Rendered/PDF/World0developm0l0_dividends0overview.pdf.

26. *Atlas novykh professiy* [New professions atlas]. Available at: <http://atlas100.ru>.
27. *Era tsifrovogo biznesa: narushenie granitsy* [Digital business era. The broken limits]. Available at: <http://www.inesnet.ru/wpcontent/uploads/2016/02/Accenture-Technology-Vision-2015-rus.pdf>.
28. The Factory of the Future. Industry 4.0 – The challenges of tomorrow. KPMG AG, 2016. 67 p.
29. Luksha P., Peskov D. (2013) *Budushchee obrazovanie global'naya povestka* [The Future Education. The Global Agenda]. Available at: <https://vbudu-shee.ru/files/%D0%9E%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%83%D1%89%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf>.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

АКТИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ И ДИАГНОСТИКИ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Г.С. Евтушенко, проф. Томского политехнического университета, ст. научн. сотр. Института оптики атмосферы СО РАН, д-р техн. наук, evt@tpu.ru

С.Н. Торгаев, доц. Томского политехнического университета, доц. Томского государственного университета, канд. физ.-мат. наук, torgaev@tpu.ru

М.В. Тригуб, ст. научн. сотр. Института оптики атмосферы СО РАН, доц. Томского политехнического университета, канд. техн. наук, trigub@tpu.ru

В статье рассмотрен метод и аппаратура для неразрушающего контроля объектов и диагностики быстропротекающих процессов в условиях широкополосной фоновой засветки как внешней, так и собственной. С указанным комплексом аппаратуры выполнена визуальная диагностика ряда процессов взаимодействия высококонцентрированных потоков энергии с веществом, в том числе, в начальной фазе развития, сопровождающейся мощной фоновой засветкой, когда другие методы и средства не позволяют это сделать.

Ключевые слова: усилитель яркости, лазерный монитор, активная среда, неразрушающий визуальный контроль, быстропротекающий процесс, диагностика.

ACTIVE OPTICAL SYSTEMS FOR VISUAL TESTING OF PRODUCTS AND DIAGNOSTICS OF HIGH SPEED PROCESSES

G.S. Evtushenko, Professor, Tomsk Polytechnic University, Senior Researcher, Institute of Atmospheric Optics Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ph. D., evt@tpu.ru

S.N. Torgaev, Assistant of Professor, Tomsk Polytechnic University, Assistant of Professor, Tomsk State University, Doctor of Physics and Mathematics, torgaev@tpu.ru

M.V. Trigub, Assistant of Professor, Tomsk Polytechnic University, Senior Researcher, Institute of Atmospheric Optics Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering, trigub@tpu.ru

The method and equipment for non-destructive testing of objects and diagnostics of fast processes are considered in the paper, in conditions of wide-band background illumination, both external and internal. With the indicated complex of equipment, visual diagnostics of a number of processes of interaction of highly concentrated energy flows with matter was performed, including, in the initial phase of development, when other methods and means do not allow it to be done.

Keywords: brightness amplifier, laser monitor, active medium, non-destructive visual testing, high speed process, diagnostics.

Введение

В настоящее время развитие новых технологий зачастую связано с использованием мощных потоков энергии, которые взаимодействуют с различными объектами. Данные процессы сопровождаются высоким уровнем электромагнитных помех и фоновой засветки, а зачастую являются и быстропротекающими. В условиях электромагнитных помех и

отсутствии мощной фоновой засветки для наблюдения объектов и изучения динамики процессов надежно работают методы визуально-оптического контроля. А как быть в случае присутствия фоновой засветки? И здесь возникает проблема, которая состоит в том, каким образом отделить собственное широкополосное излучение от высокотемпературного объекта изучения, либо убрать внешнюю засветку. Это может быть сделано разными способами. Например, с помощью мощного импульсного освещения (лазерной подсветки) и импульсного детектирования при приеме сигнала. Либо сочетанием узкополосного освещения, вырезая узкополосным фильтром узкую спектральную область (единицы нм), блокировать большую часть широкополосного излучения [1]. В случае использования усилителя яркости (УЯ) на атомных переходах в парах металлов мы имеем фильтрацию с полосой порядка ширины атомной линии (2–5 пм). А так как среда является и усиливающей (до 100 Дб/м) в этой узкой спектральной области, то соотношение сигнал/шум увеличивается в миллионы раз. Как следствие, появляется возможность получать изображение объекта в видимом диапазоне спектра, при высоком коэффициенте усиления сигнала [2, 3]. Именно эти особенности были реально востребованы в первых усилителях яркости на переходах в парах металлов, что привело к созданию активных оптических систем – лазерных проекционных микроскопов [4, 5]. Другие особенности усилителей яркости на парах металлов, такие как фильтрация в очень узком спектральном диапазоне и работа в импульсно-периодическом режиме, были востребованы не в полной мере.

Результаты исследований и разработок

Работы нашей научной группы с генераторами (лазерами) и усилителями на переходах атомов меди, свинца, марганца показали, что при относительно небольших уровнях засветки для визуализации объектов и быстропротекающих процессов можно использовать метод лазерной подсветки. В случае же мощной фоновой засветки, необходимо использовать активные оптические системы – усилители яркости. УЯ на самоограниченных переходах в парах металлов освещает сквозь засветку исследуемый объект импульсами сверхизлучения, следующими с частотой (ЧСИ) 10–25 кГц. А затем усиливает и фильтрует отраженный от объекта сигнал, несущий изображение, который далее поступает на цифровую видеокамеру. УЯ включает в себя активный элемент лазера на парах бромида меди и оптическую схему. Визуализация ведется в видимом диапазоне спектра, на длине волны 510,6 нм, с полушириной спектра излучения/усиления 2–3 пм. Для определения критической температуры засветки был произведен расчет энергии, поступающей на вход усилителя яркости от нее. При расчете, как и в работе [4] мы полагали, что засветка является абсолютно черным телом. А минимальная температура засветки, при которой она начинает вносить искажения в формируемые изображения, определится равенством энергии собственных шумов усилителя яркости (спонтанное излучение на рабочем переходе 510,6 нм) и входного сигнала от засветки. Модельные расчеты и экспериментальные данные с использованием в качестве источника широкополосной засветки (дуги постоянного тока, с продувом аргоном, с яркостной температурой 10 000 К) подтверждают, что мощная широкополосная засветка практически не влияет на качество получаемого изображения. Видимые же искажения будут заметны при яркостных температурах существенно превышающих 10000 К [6].

Следующая проблема – визуализация быстропротекающих процессов. С учетом импульсно-периодического характера излучения/усиления и наличия современных скоростных цифровых видеорегистраторов нам удалось создать мобильный программно-аппаратный комплекс – лазерный монитор с временным разрешением 10^{-4} сек [7, 8]. Для этого потребовалось решить задачу надежной регистрации изображения в отдельно взятом импульсе излучения. А основу компактного, мобильного варианта монитора составил усилитель яркости на парах бромида меди с частотой следования импульсов 25 кГц. Термин «лазерный

монитор» введен И.И. Климовским [3], который одновременно с коллегами из МГУ [2], впервые смог «увидеть» объект, скрытый от наблюдения внешней засветкой. Разработанный нами монитор построен по так называемой моностатической схеме, когда усилитель яркости выполняет две функции: освещает объект своим сверхизлучением, затем усиливает и фильтрует отраженный от объекта сигнал (рис. 1).

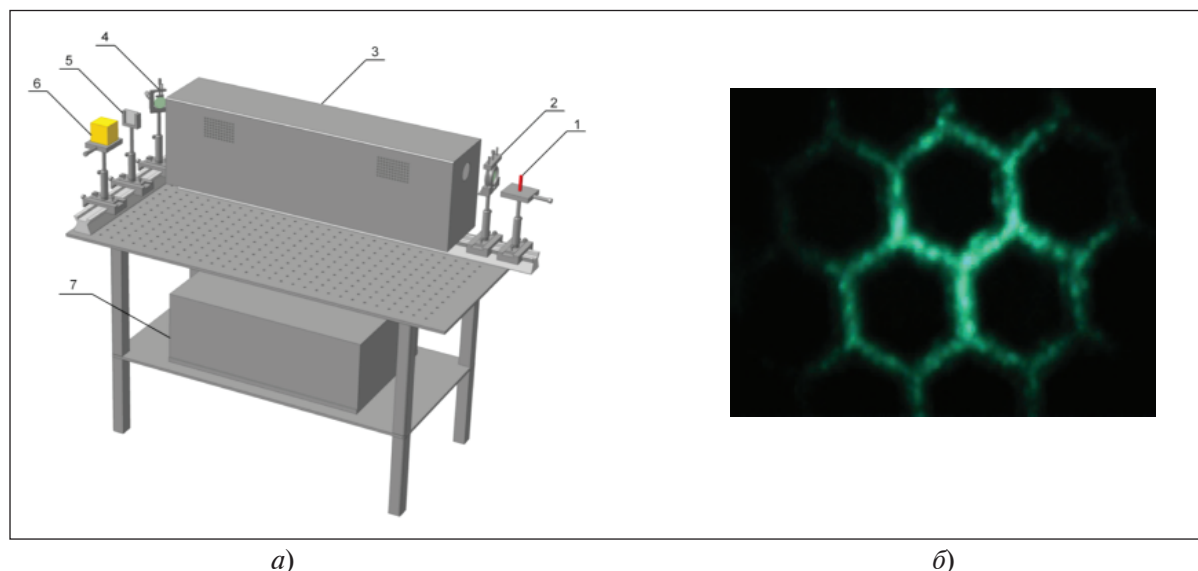


Рис. 1. Лазерный монитор

а – макет монитора: 1 – объект; 2 – объектив; 3 – активный элемент; 4 – поворотное зеркало; 5 – фильтры, для ослабления интенсивности выходного излучения; 6 – высокоскоростная камера; 7 – источник накачки активного элемента; *б* – изображение тест-объекта (металлическая сетка с ребром 0.75 мм), сформированное одним импульсом излучения. ЧСИ усилителя яркости 28.8 кГц, частота съемки 8.2 кГц. Энергия импульса сверхсвечивости 2.7 мкДж

При этом, в отличие от работ [2, 3], изображение объекта формируется одним импульсом сверхизлучения (и усиления) УЯ, для чего специально разработана система «покадровой» регистрации.

На рис. 2 представлен пример визуализации реального процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) во времени, который сопровождается наличием мощной собственной широкополосной засветки с яркостной температурой порядка 2000 К. Эти работы проведены совместно с Отделом структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН [9].

Для улучшения временного разрешения потребовалось разработать усилитель яркости, работающий с более высокой частотой. И здесь от типичных для активных сред на парах металлов частот следования импульсов (5–15 кГц) необходимо было перейти к частотам 100 кГц и выше. Ограничение частоты следования связано с неполной релаксацией плазмы активной среды в межимпульсный период. Как следствие, такой режим удается реализовать в разрядных трубках малого диаметра (менее 1 см), что предполагает уменьшение поля зрения. Снижение же энергии излучения в импульсе с увеличением частоты приводит к снижению качества получаемого изображения. Решение задачи увеличения частоты следования импульсов излучения/усиления в активных элементах большего диаметра потребовало проведения детальных исследований кинетики плазмы активных сред на парах металлов. Для определения механизмов, определяющих частотно-энергетические характеристики активных сред на

парах меди/бромиды меди, была разработана подробная кинетическая модель. Модельными расчетами и экспериментами было показано, что существенно увеличить частоту следования импульсов на переходах атомов меди (до сотен кГц) возможно. Для этого надо использовать предложенный нами режим пониженного энергозатрата в разряд с введением активной добавки HBr, что приводит к существенной модификации процессов в плазме [10, 11], и, как следствие — к увеличению частоты излучения и апертуры пучка. При этом оказывается, что оптимальные условия для получения качественного пучка сверхизлучения отличаются от условий получения максимальной мощности генерации [12, 13]. Результатом этого этапа работы стало создание лабораторного макета монитора с временным разрешением 10^{-5} сек [14].

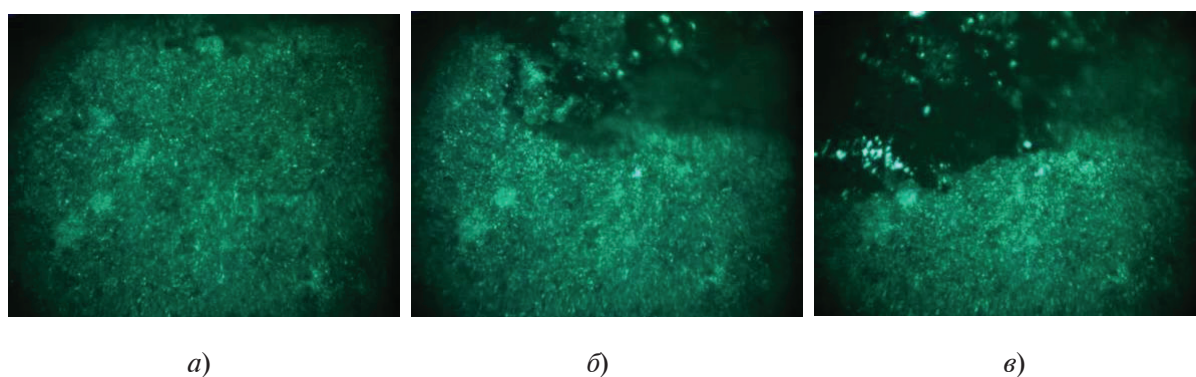


Рис. 2. Процесс горения СВС-структуры (65% FeTiO₃ + 35% Al) + 35% каолина

а) — зажигание; б) через 1 мс; в) через 2 мс

Третья проблема — визуализация удаленных объектов. Удаленность объекта от монитора напрямую связана с длительностью импульса излучения/усиления, так как за время существования инверсии в активной среде импульс должен дойти до объекта, отразиться от него и успеть вернуться обратно для усиления. И для типичных длительностей 10–20 нс не превышает 3 м. Вместе с тем в одном из потенциальных потребителей подобной аппаратуры — реакторе ИТЭР она составляет 20 м (от окна до дивертора) [15]. Следовательно, необходимо искать пути увеличения длительности инверсии (до 100 нс и более), либо создавать монитор, работающий по бистатической схеме. Такие работы были нами проведены и созданы два варианта монитора. Первый, с длительностью импульса 100 нс, работает по моностатической схеме и обеспечивает визуализацию объектов, удаленных на расстояние до 10 м от монитора. Проведенные эксперименты показали, что модифицировав схему накачки, конструкцию активного элемента и резонатора, можно существенно увеличить длительность импульса излучения от типичных значений (десятки нс) до 300 нс [16]. Следует отметить, что режим максимальных длительностей (более 100 нс) является не устойчивым и при разработке макета мы ограничились длительностью в 100 нс [17]. Это позволило устойчиво визуализировать объект, расположенный на удалении до 10 м (рис. 3). В качестве объекта наблюдения использована щель монохроматора МДР-23, открытая на 0,5 мм.

Второй вариант построения монитора работает по бистатической схеме. В этом случае, ограничения по дальности определяются уже другими параметрами (а не длительностью импульсов излучения/усиления) лазера, усилителя и ослаблением излучения на трассе. На рис. 4 представлена упрощенная схема построения (4а) бистатического лазерного монитора и пример визуализации удаленного тестового объекта — монеты (4б) — с распределением интенсивности пикселей по указанной белой линии [18].

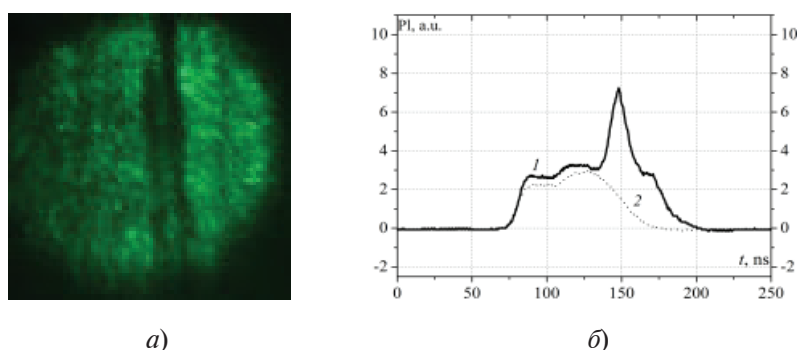


Рис. 3. Удаленный объект

a — изображение; *б* — импульсы излучения; 1 — усиленный сигнал; 2 — сверхизлучение

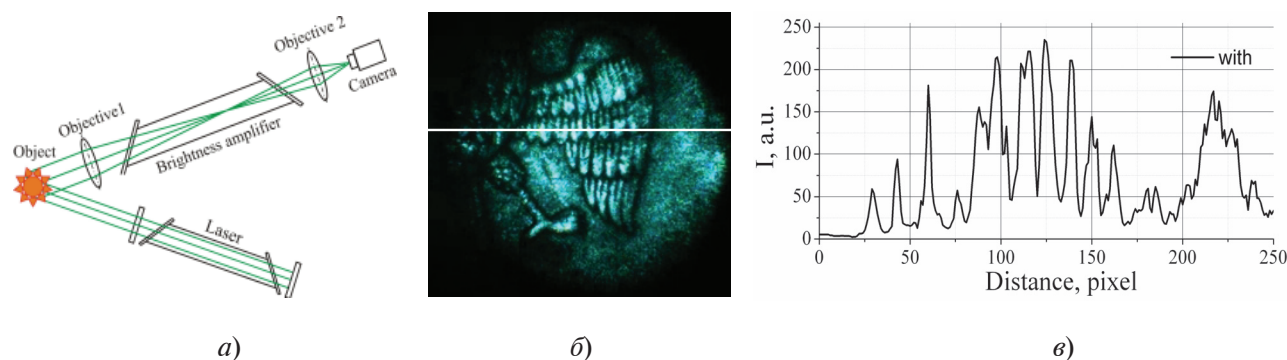


Рис. 4. Пример визуализации удаленного объекта в схеме бистатического лазерного монитора

Следует отметить, что качество изображения и его контраст существенно выше, чем в моностатической схеме.

Выводы

— впервые проведены исследования усилительных характеристик активных сред на парах различных металлов (медь, марганец, свинец) при высоких частотах следования импульсов накачки;

— на основе проведенных исследований разработаны различные схемы (моностатическая, бистатическая) активных оптических систем и проведен ряд тестовых экспериментов;

— использование режима работы усилителя яркости (лазера) с нетипичной длительностью инверсии (100 нс) или бистатической схемы позволяет осуществлять визуализацию объектов на расстоянии 10 м и более;

— разработаны действующие макеты скоростной активной оптической системы (лазерный монитор) с возможностью проведения визуального контроля объектов и диагностики быстропротекающих процессов, экранированных мощной фоновой засветкой с временным разрешением 10^{-4} и 10^{-5} сек;

— совместно с другими научными коллективами с использованием разработанного комплекса выполнена визуальная диагностика процессов взаимодействия высококонцентрированных потоков энергии с веществом, в том числе в начальной фазе развития, сопровож-

дающего мощной фоновой засветкой, когда другие методы и средства «не работают». Более подробно с результатами этих работ можно ознакомиться в монографиях [6, 19];

— разработанный комплекс аппаратуры уникален для России, поскольку превосходит существующие аналоги и является полностью российской разработкой. Комплекс пользуется спросом, особенно в научной сфере. Об этом свидетельствуют, в частности, проведенные экспериментальные исследования, совместные с различными научными коллективами. Среди них — Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Институт сильноточной электроники СО РАН, Отдел макрокинетики ТНЦ СО РАН, Институт электрофизики УрО РАН, и др. Отметим, что средняя стоимость систем лазерной подсветки западного производства (фирмы Cavitar, Oxford Lasers) составляет порядка 50 тыс. евро. Эти системы являются неким аналогом бистатического монитора, но без активной фильтрации и усиления, и, соответственно, «работают» при меньших уровнях фоновой засветки.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант РНФ 14-19-00175.

Список литературы

1. Colin E., Webb J., Jones D.C. Handbook of Laser Technology and Applications. IoP Publishing, 2004. 2725 p.
2. Абросимов Г.В., Польский М.М., Саенко В.Б. Использование лазерной среды для фотографирования поверхностей, закрытой слоем плазмы // Квантовая электроника 1988. Т. 15. № 4. С. 850–851.
3. Батенин В.М., Климовский И.И., Селезнева Л.А. Исследование поверхностей электродов угольной дуги во время ее горения // Доклады Академии наук СССР. 1988. Т. 303. № 4. С. 857–861.
4. Оптические системы с усилителями яркости / Под. ред. Г.Г. Петраша // Труды ФИАН. 1991. Т. 206. 152 с.
5. Пасманик Г.А., Земсков К.И., Казарян М.А. и др. Оптические системы с усилителями яркости. Горький: ИПН АФ СССР, 1988. 173 с.
6. Евтушенко Г.С., Казарян М.А., Торгаев С.Н., Тригуб М.В., Шиянов Д.В. Скоростные усилители яркости на индуцированных переходах в парах металлов // Монографическая серия — издательство СТТ. Томск. 2016. Вып. 1. 245 с.
7. Evtushenko G.S., Trigub M.V., Gubarev F.A., Evtushenko T.G., Torgaev S.N., Shiyarov D.V. Laser monitor for non-destructive testing of materials and processes shielded by intensive background lighting // Review of Scientific Instruments. 2014. Vol. 85. No 3. Article number 033111. Pp. 1–5.
8. Евтушенко Г.С., Тригуб М.В., Губарев Ф.А., Торгаев С.Н., Шиянов Д.В. Макет лазерного монитора на основе активной среды CuBr-лазера для контроля и диагностики // Контроль. Диагностика. 2013. № 13. С. 42–45.
9. Юсупов Р.А., Китлер В.Д., Кирдяшкин А.И., Тригуб М.В., Евтушенко Г.С. Динамический мониторинг структурообразования гетерогенных систем в процессах горения с использованием лазерного излучения // Известия вузов. Физика. 2013. Т. 56. № 9/3. С. 226–228.
10. Boichenko A.M., Evtushenko G.S., Nekhoroshev V.O., Shiyarov D.V., Torgaev S.N. CuBr-Ne-HBr laser with a high repetition frequency of the lasing pulses at a reduced energy deposition in the discharge // Physics of Wave Phenomena. 2015. Vol. 23. Issue 1. Pp. 1–13.
11. Кулагин А.Е., Торгаев С.Н., Евтушенко Г.С., Тригуб М.В. Кинетика активной среды усилителя яркости на парах меди // Известия ВУЗов. Физика, 2017. Т. 60, № 11. С. 122–127.
12. Тригуб М.В. Лазерный монитор для неразрушающего контроля изделий и визуализации быстропротекающих процессов в условиях фоновой засветки // Дисс. канд. техн. наук, ТПУ, Томск, 2013 г.
13. Evtushenko G.S., Torgaev S.N., Trigub M.V., Shiyarov D.V., Evtushenko T.G., Kulagin A.E. High-speed CuBr brightness amplifier beam profile // Optics Communications. 2017. Vol. 383. No 1. Pp. 148–152.
14. Trigub M.V., Evtushenko G.S., Torgaev S.N., Shiyarov D.V., Evtushenko T.G. Copper bromide vapor brightness amplifiers with 100 kHz pulse repetition frequency // Optics communications. 2016. Vol. 376. No. 10. Pp. 81–85.

15. Buzhinskii O.I., Vasiliev N.N., Moshkunov A.I., Slivitskaya I.A., Slivitsky A.A. Copper vapor laser application for surface monitoring of divertor and first wall in ITER // *Fusion Engineering and Design*. 2002. Vol. 60. Pp. 141–155.

16. Губарев Ф.А., Федоров В.Ф., Федоров К.В., Шиянов Д.В., Евтушенко Г.С. Лазер на парах меди с длительностью импульса генерации 320 нс // *Квантовая электроника*. 2016. Т. 46. № 1. С. 57–60.

17. Тригуб М.В., Власов В.В., Торгаев С.Н., Евтушенко Г.С. Усилитель яркости на парах бромида меди с увеличенной длительностью импульса // *Письма в ЖТФ*. 2017, Т. 43. №. 18. С. 17–23.

18. Тригуб М.В., Торгаев С.Н., Евтушенко Г.С., Троицкий В.О., Шиянов Д.В. Бистатический лазерный монитор // *Письма в ЖТФ*. 2016. Т. 42, №. 12. С. 51–56.

19. Evtushenko G.S., Torgaev S.N., Trigub M.V., et al. *Methods and Instruments for Visual and Optical Diagnostics of Objects and Fast Processes*. Editor Gennadiy Evtushenko. Nova Publishers Inc. 2018. 236 p.

References

1. Colin E., Webb J., Jones D.C. (2004) *Handbook of Laser Technology and Applications*. IoP Publishing, 2725 p.

2. Abrosimov G.V., Polskiy M.M., Saenko V.B. (1988) *Ispol'zovanie lazernoy sredy dlya fotografirovaniya poverkhnostey, zakrytoy sloem plazmy* [Using of laser active medium to photo of surface sheltered by plasma layer] *Kvantovaya elektronika* [Sov. Quantum Electronics]. Vol. 15. No. 4. Pp. 850–851.

3. Batenin V.M., Klimovskiy I.I., Selezneva L.A. (1988) *Issledovanie poverkhnostey elektrodov ugol'noy dugi vo vremya ee goreniya* [Study of surface of arc electrodes during the burning] *Doklady Akademii nauk SSSR* [Papers of Russian Academy of Sciences]. Vol. 303. No. 4. Pp. 857–861.

4. *Opticheskie sistemy s usilitelyami yarkosti. (1991) Pod. red. G.G. Petrasha* [Optical Systems with Brightness Amplifiers. Ed. Petrash G.G.] *Trudy FLAN* [Papers of Physical Lebedev Institute]. Vol. 206. P. 152.

5. Pasmanik G.A., Zemskov K.I., Kazaryan M.A. et. al. (1988) *Opticheskie sistemy s usilitelyami yarkosti* [Optical Systems with Brightness Amplifiers] *IPN AF SSSR* [Institute of Applied Physics. Gorkiy]. P. 173.

6. Evtushenko G.S., Kazaryan M.A., Torgaev S.N., Trigub M.V., Shiyarov D.V. (2016) *Skorostnye usiliteli yarkosti na indutsirovannykh perekhodakh v parakh metallov* [High Speed Brightness Amplifiers on Metal Vapor] *Monograficheskaya seriya – izdatel'stvo STT* [Self-terminating Transitions STT Publishing]. Tomsk. No. 1. P. 245.

7. Evtushenko G.S., Trigub M.V., Gubarev F.A., Evtushenko T.G., Torgaev S.N., Shiyarov D.V. (2014) *Laser monitor for non-destructive testing of materials and processes shielded by intensive background lighting* [Laser monitor for non-destructive testing of materials and processes shielded by intensive background lighting]. *Review of Scientific Instruments*. Vol. 85. No 3. Article number 033111, pp. 1–5.

8. Evtushenko G.S., Trigub M.V., Gubarev F.A., Torgaev S.N., Shiyarov D.V. (2013) *Maket lazernogo monitora na osnove aktivnoy sredy CuBr-lazera dlya kontrolya i diagnostiki* [CuBr-laser monitor for testing and diagnostics] *Kontrol' Diagnostika* [Testing, Diagnostics]. 2013. No. 13. Pp. 42–45.

9. Yusupov R.A., Kitler V.D., Kirdyaskin A.I., Trigub M.V., Evtushenko G.S. (2013) *Dinamicheskii monitoring strukturoobrazovaniya geterogennykh sistem v protsessakh goreniya s ispol'zovaniem lazernogo izlucheniya* [Dynamic monitoring of hetero structures during burning using laser radiation] *Izvestiya vuzov. Fizika* [Russian Physics Journal]. Vol. 56. No 9(3). Pp. 226–228.

10. Boichenko A.M., Evtushenko G.S., Nekhoroshev V.O., Shiyarov D.V., Torgaev S.N. (2015) *Curr-Ne-HBr laser with a high repetition frequency of the lasing pulses at a reduced energy deposition in the discharge* [CuBr-Ne-HBr laser with a high repetition frequency of the lasing pulses at a reduced energy deposition in the discharge. *Physics of Wave Phenomena*]. Vol. 23. Issue 1. Pp. 1–13.

11. Kulagin A.E., Torgaev S.N., Evtushenko G.S., Trigub M.V. (2018) *Kinetika aktivnoy sredy usilitelya yarkosti na parakh medi* [Kinetics of the active medium of a copper vapor brightness amplifier] *Izvestiya VUZov. Fizika* [Russian Physics Journal]. Vol. 60. No. 11. Pp. 1987–1992.

12. Trigub M.V. (2013) *Lazernyy monitor dlya nerazrushayushchego kontrolya izdeliy i vizualizatsii bystroprotekayushchikh protsessov v usloviyakh fonovoy zasvetki. Diss. kand. tekhn. nauk* [Laser monitor for nondestructive testing and imaging of high speed processes in presence of background radiation. Ph.D.-theses] *TPU* [Polytechnic University]. Tomsk. Russia. P. 157.

13. Evtushenko G.S., Torgaev S.N., Trigub M.V., Shiyanov D.V., Evtushenko T.G., Kulagin A.E. (2017) High-speed CuBr brightness amplifier beam profile. *Optics Communications*. Vol. 383. No. 1. Pp. 148–152.
14. Trigub M.V., Evtushenko G.S., Torgaev S.N., Shiyanov D.V., Evtushenko T.G. (2016) Copper bromide vapor brightness amplifiers with 100 kHz pulse repetition frequency. *Optics communications*. Vol. 376. No. 10. Pp. 81–85.
15. Buzhinskii O.I., Vasiliev N.N., Moshkunov A.I., Slivitskaya I.A., Slivitsky A.A. (2002) Copper vapor laser application for surface monitoring of divertor and first wall in ITER. *Fusion Engineering and Design*. Vol. 60. Pp. 141–155.
16. Gubarev F.A., Fedorov V.F., Fedorov K.V., Shiyanov D.V., Evtushenko G.S. (2016) *Lazer na parakh medi s dlitel'nost'yu impul'sa generatsii 320 ns* [Kvantovaya elektronika. Copper bromide vapour laser with an output pulse duration of up to 320 ns. *Quantum Electronics*]. Vol. 46. No. 1. Pp. 57–60.
17. Trigub M.V., Vlasov V.V., Torgaev S.N., Evtushenko G.S. (2017) *Usilitel' yarkosti na parakh bromida medi s uvelichennoy dlitel'nost'yu impul'sa* [An Image-Brightness Amplifier Based on Copper Bromide Vapor for Operation at Increased Superradiance Pulse Duration] *Pis'ma v ZhTF* [Technical Physics Letters]. Vol. 43. No. 9. Pp. 828–830.
18. Trigub M.V., Torgaev S.N., Evtushenko G.S., Troitskii V.O., Shiyanov D.V. (2016) *Bistaticheskiy lazernyy monitor* [Bistatic Laser Monitor] *Pis'ma v ZhTF* [Technical Physics Letters]. Vol. 42. No. 12. Pp. 51–56.
19. Evtushenko G.S., Torgaev S.N., Trigub M.V., et al. (2018) *Methods and Instruments for Visual and Optical Diagnostics of Objects and Fast Processes*. Ed. Gennadiy Evtushenko. Nova Publishers Inc. P. 236.

ИНЖЕНЕРНАЯ БИОГЕОХИМИЯ И БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

В.Н. Башкин, гл. научн. сотр. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино, Московская область, д-р биол. наук, проф. bashkin@issp.serpukhov.su

Моделирование фундаментальных механизмов количественной параметризации биогеохимических циклов позволяет выделить ряд новых направлений развития биогеохимических исследований на стыке именно фундаментальных и прикладных исследований. Формируется новая область исследований — инженерная биогеохимия, в рамках которой происходит развитие инновационных биогеохимических технологий и технологических процессов, основанных на моделировании и управлении экосистемными биогеохимическими циклами.

Ключевые слова: биогеохимические циклы, полярные экосистемы, биогеохимические технологии.

ENGINEERING BIOGEOCHEMISTRY AND BIOGEOCHEMICAL TECHNOLOGIES

V.N. Bashkin, Chief Researcher, Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Pushchino, Moscow region, Ph.D., Professor, bashkin@issp.serpukhov.su

Modeling of fundamental mechanisms of quantitative parameterization of biogeochemical cycles allows to identify a number of new directions of development of biogeochemical studies, at the junction of fundamental and applied research. A new field of research is being formed — engineering biogeochemistry, in which the development of innovative biogeochemical technologies and technological processes based on the modeling and management of ecosystem biogeochemical cycles.

Keywords: biogeochemical cycles, polar ecosystems, biogeochemical technologies.

Введение

Биогеохимия является одной из важных научных дисциплин, и ее бурное развитие наблюдается во многих странах мира. Приоритетные направления развития биогеохимии основаны на представлениях о всеобщности биогеохимических циклов и об их всеохватывающей роли в обмене масс химических элементов между живыми организмами и биосферой, включая ее важнейший компонент — почву. Для количественной параметризации разномасштабных локальных, региональных и глобальных изменений вследствие природных и антропогенных воздействий необходимо количественное понимание и моделирование биогеохимических циклов и это представляется одним из фундаментальных направлений современной науки. При этом изучение фундаментальных механизмов количественной параметризации экосистемных биогеохимических циклов позволяет выделить ряд новых направлений развития биогеохимических исследований на стыке именно фундаментальных и прикладных исследований. Формируется новая область исследований — инженерная биогеохимия, в рамках которой происходит развитие инновационных биогеохимических технологий. Биогеохимические технологии — технологии и технологические процессы, основанные на моделировании, понимании и управлении биогеохимическими циклами. Области применения этих технологий — добыча полезных ископаемых, производство биотоплива, биогеохимические стандарты, риск-менеджмент [5, 6, 10].

Биогеохимические технологии

Рассматривая области применения инновационных биогеохимических технологий, можно выделить следующие.

Технологии направленного управления биогеохимическими циклами

Многие изменения в биогеохимических циклах различных элементов протекают в узких пограничных зонах между природными и антропогенными экосистемами [7, 9]. Громадная вариабельность различных граничных территорий в глобальной биосфере требует объединенных усилий специалистов в области биогеохимии и системной экологии при разработке технологий направленного управления биогеохимическими циклами в этих зонах, например, для достижения устойчивого развития предприятий газовой промышленности.

Биогеохимическая технология управления циклами азота и углерода в импактных зонах предприятий газовой промышленности в полярных регионах

Разработка моделей динамики азота и углерода в импактных зонах предприятий газовой промышленности в полярных регионах позволяет провести анализ динамики и вариабельности параметров биогеохимических циклов азота и углерода в полярных экосистемах при импактном воздействии предприятий газовой промышленности для разработки технологий риск-менеджмента. Это позволит регулировать в этих зонах структуру растительного покрова и сохранять его протекторные свойства для ограничения процессов растепления почвогрунтов в зонах добычи углеводородов (природного газа, газового конденсата, нефти). Эти подходы легли в основу биогеохимической технологии по выбору и применению критериев ретроспективно-прогнозной оценки геоэкологической ситуации на территориях месторождений углеводородного сырья в районах Крайнего Севера, описанной и регламентированной в рамках методических рекомендаций – МР ООО «Газпром добыча Ямбург» [6].

Применение биогеохимических технологий в биотехнологии

По своему определению, биогеохимия, развиваясь на стыке биологии, химии и геологии, имеет дело с оценкой воздействия биологических видов на химию окружающей среды и геохимическое регулирование структуры и функций экосистем. Бурное развитие биотехнологии способствует появлению генетически модифицированных и трансгенных организмов, от микробов и водорослей до высших растений и млекопитающих, которые могут стать в недалеком будущем мощной силой в трансформации геохимических условий в биосфере. Необходимо пересмотреть известный биогеохимический постулат, согласно которому активное воздействие биоты на геохимическую среду и адаптация самой биоты с появлением новых видов происходит очень медленно, на протяжении целых эпох. Появление новых, биотехнологически модифицированных видов со специфическими характеристиками и специфическими потребностями в среде обитания может значительно быстрее изменять природные биогеохимические циклы многих элементов. Предсказание таких изменений является жизненно важной задачей для современного общества и роль биогеохимических исследований при этом трудно переоценить. С другой стороны, окружающая среда управляет эволюцией живых организмов, в том числе и генетически модифицированных, и это предопределяет необходимость развития биогеохимических технологий для понимания тесных взаимосвязей между биотехнологией и биогеохимией и, главное, управления ими соответствующими специалистами с соответствующей подготовкой.

Разработки биогеохимических технологий в процессах производства сырья для получения биотоплива представляется еще одной важной задачей. Производство сырья для биотоплива сопровождается резко выраженной трансформацией биогеохимических циклов многих биогенных элементов как природных, так и сельскохозяйственных ландшафтов, сменой водного и теплового режима. Изменяются и трофические цепи, включая человека как конечного консумента. Понимание механизмов данной трансформации позволит разрабатывать оптимальные биогеохимические технологии для управления экологически оптимальной биопродуктивностью экосистем при выращивании сырья для биотопливной промышленности.

Использование биогеохимических технологий и физиологических подходов при оценке риска срыва и коррекции адаптационных процессов и реабилитации людей, проживающих в различных биогеохимических регионах России и приезжающих в Крым и другие рекреационные зоны на отдых и лечение [8]. В числе основных ожидаемых результатов применения этой биогеохимической технологии может быть:

- биогеохимическое районирование территории Крыма по степени экологической безопасности, основанное на традиционных показателях, используемых в международной практике (превышения критических нагрузок, демографические показатели, данные медицинской статистики и пр.), и показателях обобщенной оценки экологического риска для здоровья и степени его обусловленности действием экологических факторов (коэффициенты дисбаланса, коэффициенты детерминации, показатели адаптированности популяций);
- разработка на их основе системы оценочных критериев экологической безопасности;
- интегрированные банки экологических и медицинских данных, математические модели и прогнозы изменения состояния здоровья населения при определенных сценариях развития экологической ситуации;
- комплекс реабилитационных и рекреационных мероприятий, рекомендуемых в соответствии со степенью и спецификой экологической опасности.

Реализация перечисленных задач на территории Республики Крым позволит достигнуть максимально возможных медицинских, социальных и экономических эффектов развития крымского региона, а также выработать и рекомендовать уникальный опыт экологизации региональной социально-экономической политики, который может быть использован и в других регионах Российской Федерации.

Территориальная ограниченность крымского полуострова в сочетании с высоким природным и техногенным разнообразием, рекреационной ценностью делает его особенно перспективным для разработки унифицированных подходов к изучению разнообразных аспектов этой проблемы и ее практическому решению.

Учитывая, что предпочтительные сценарии экономического развития России предполагают превращение инновационных факторов в ведущий источник экономического роста, предлагаются инновационные подходы, которые определяют в качестве основного стратегического направления:

- переход от практики выявления территорий с наиболее неблагоприятными тенденциями состояния здоровья к практике оценки степени его экологической обусловленности;
- определение приоритетных факторов экологических рисков и уменьшения степени их влияния путем разработки реабилитационных мероприятий и посредством превентивных управленческих решений в сфере социально-экономического развития.

Биогеохимические технологии по управлению геоэкологическими рисками

На основе изложенных выше критериев выполнена разработка биогеохимических технологий по управлению геоэкологическими рисками в нефтегазовом комплексе, включая изучение фундаментальных биогеохимических механизмов формирования геоэкологических рисков. При этом под геоэкологическими рисками понимается взаимообусловленное влияние нефтегазовой промышленности на окружающую среду, так же, как и влияние окружающей среды на функционирование промышленности и здоровье работников. Принимая во внимание чрезвычайно разнообразные природные условия в перспективных и действующих регионах развития нефтегазовой промышленности России (п-ов Ямал, регионы Восточной Сибири, шельфы арктических и северо-восточных морей), необходим учет геоэкологических факторов почвенной, биогеохимической, криологической, седиментационной, геодинамической и геофизической природы. В конечном итоге развитие данных биогеохимических исследований позволит разрабатывать фундаментальные и прикладные задачи риск-менеджмента, включая системный анализ, количественную оценку и управление геоэкологическими и экологическими рисками. Разработана технология расчета

геоэкологических рисков при разработке газоконденсатных месторождений в полярных регионах [7].

Технологии рекультивации нарушенных и загрязненных тундровых почв

Данные технологии направлены на сохранение биогеохимической структуры природных тундровых и полярных экосистем с замкнутым циклом биогеохимического круговорота различных биофильных элементов и их депонированием на биогеохимическом барьере большинства зональных почв, как правило, в торфяном горизонте [11]. Это депонирование, как установлено в экспериментальных работах с природными изотопами углерода и азота, происходит во временном диапазоне от 50 до более 400 лет и поэтому торф, как природный ресурс, является технологически невозобновимым. Данные технологии защищены патентами Российской Федерации [1–4].

Заключение

Таким образом, развитие фундаментальных и прикладных исследований в рамках нового направления – инженерной биогеохимии, – позволяет создавать инновационные биогеохимические технологии. Эти технологии основаны на моделировании биогеохимической структуры экосистем и, как следует из приведенных выше примеров, их применение высокоэффективно в импактных зонах газовой и нефтегазовой промышленности. Получен ряд патентов на данные технологии.

Список литературы

1. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А., Маклюк О.В., Припутина И.В. Патент на изобретение № 2491137. Российская Федерация. Способ контроля эффективности рекультивации нарушенных тундровых почв различного гранулометрического состава посредством анализа активности дегидрогеназы // Изобретения (патенты). М.: ФГБУ ФИПС, 2013. № 24 (1 ч.). С. 141.
2. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В. и др. Способ оценки эффективности рекультивации нарушенных тундровых почв посредством внесения местного торфа и гумата калия. Номер патента: 2611165, заявка № 2015148112 от 09.11.2015.
3. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В. и др. Способ оценки эффективности рекультивации посредством торфа нарушенных тундровых почв с различной полной влагоемкостью. Номер патента: 2611159, заявка № 2015123980 от 19.06.2015.
4. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В. и др. Способ получения гумата калия из местных торфов Ямала-Ненецкого автономного округа. Номер патента: 2610956, заявка № 2015148114 от 09.11.2015.
5. Башкин В.Н. Биогеохимия полярных экосистем в зонах влияния газовой промышленности. – М.: Газпром ВНИИГАЗ. 2014. 301 с.
6. Башкин В.Н., Арно О.Б., Арабский А.К., Барсуков П.А., Припутина И.В., Галиулин Р.В. Ретроспектива и прогноз геоэкологической ситуации на газоконденсатных месторождениях Крайнего Севера. М.: Газпром ВНИИГАЗ. 2013. 300 с.
7. Башкин В.Н., Припутина И.В. Управление экологическими рисками при эмиссии поллютантов. М.: Газпром – ВНИИГАЗ. 2010. 186 с.
8. Евстафьева Е.В., Карпенко С.А., Нараев Г.П., Сологуб Н.А. Развитие идей В.И. Вернадского в Крыму: теория и практика решения медико-экологических задач. Современные проблемы развития биогеохимии. Труды биогеохимической лаборатории, Т. 25, 2016. С. 158–167.
9. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Дину М.И. Закисление вод. Уязвимость и критические нагрузки. М.: ЛЕНАНД. 2016. 393 с.
10. Bashkin, V.N. (2006). Modern Biogeochemistry: Environmental Risk Assessment, 2d Edition. Springer Publishers, 444 pp.
11. Bashkin V.N. (Ed) Biogeochemical technologies for managing pollution in polar ecosystems. Springer. 2016. 221 pp.

References

1. Arno O.B., Arabskiy A.K., Bashkin V.N., Galiulin R.V., Galiulina R.A., Maklyuk O.V., Pripulina I.V. (2013) *Patent na izobretenie No. 2491137. Rossiyskaya Federatsiya. Sposob kontrolya effektivnosti rekul'tivatsii narushennykh tundrovyykh pochv razlichnogo granulometricheskogo sostava posredstvom analiza aktivnosti degidrogenazy* [The Patent for the invention No. 2491137. Russian Federation. A method of monitoring the effectiveness of remediation of disturbed tundra soils of different grain size composition by analyzing the activity of dehydrogenase] *Izobreteniya (patenty). FGBU FIPS* [Inventions (patents). FSBE FIPS] Moscow. 2013. No. 24 (1). P. 141.
2. Arno O.B., Arab A.K., Bashkin V.N., Galiulin R.V. et al. (2015) *Sposob otsenki effektivnosti rekul'tivatsii narushennykh tundrovyykh pochv posredstvom vneseniya mestnogo torfa i gumata kaliya* [Method of assessing the effectiveness of remediation of disturbed tundra soils through the introduction of local peat and potassium]. HUMATE-patent number: 2611165, application No. 2015148112 of 09.11.2015.
3. Arno O.B., Arabskiy A.K., Bashkin V.N., Galiulin R.V., etc. (2015) *Sposob otsenki effektivnosti rekul'tivatsii posredstvom torfa narushennykh tundrovyykh pochv s razlichnoy polnoy vlagoemkost'yu* [Method of evaluating the effectiveness of reclamation through the peat disturbed tundra soils with different total moisture capacity]. The number of the patent: 2611159, application No. 2015123980 dated 19.06.2015.
4. Arno O.B., Arabskiy A.K., Bashkin V.N., Galiulin R.V. et al. (2015) *Sposob polucheniya gumata kaliya iz mestnykh torfov Yamala-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Method of obtaining potassium HUMATE from local peat of Yamal-Nenets Autonomous District]. Patent Number: 2610956, application No. 2015148114 dated 09.11.2015.
5. Bashkin V.N. (2014) *Biogeokhimiya polyarnykh ekosistem v zonakh vliyaniya gazovoy promyshlennosti* [Biogeochemistry of polar ecosystems in the areas of influence of the gas industry] *Gazprom VNIIGAZ* [GAZPROM VNIIGAZ]. Moscow. P. 301.
6. Bashkin V.N., Arno O.B., Arabskiy A.K., Barsukov P.A., Pripulina I.V., Galiulin R.V. (2013) *Retrospektiva i prognoz geoeologicheskoy situatsii na gazokondensatnykh mestorozhdeniyakh Kraynego Severa* [Retrospective and forecast of geoeological situation on the gas condensate fields of the far North] *Gazprom VNIIGAZ* [GAZPROM VNIIGAZ]. Moscow. 300 p.
7. Bashkin V.N., Pripulina I.V. (2010) *Upravlenie ekologicheskimi riskami pri emissii pollyutantov* [Environmental risk Management in the emission of pollutants. Moscow] *Gazprom – VNIIGAZ* [GAZPROM VNIIGAZ]. Moscow. P. 186.
8. Evstafieva E.V., Karpenko S.A., Nara P.G., Sologub N. (2016) *Razvitie idey V.I. Vernadskogo v Krymu: teoriya i praktika resheniya mediko-ekologicheskikh zadach. Sovremennye problemy razvitiya biogeokhimii* [Development of ideas of V.I. Vernadsky in Crimea: the theory and practice of solving health and environmental problems. Modern problems of biogeochemistry development] *Trudy biogeokhimicheskoy laboratorii* [Proceedings of biogeochemical laboratory]. Vol. 25. Pp. 158–167.
9. Moiseenko T.I., Gashkina N.A., Dinu M.I. (2016) *Zakislenie vod. Uyazvimost' i kriticheskie nagruzki* [Acidification of the waters. Vulnerability and critical loads] *LENAND* [Lanand]. Moscow. P. 393.
10. Bashkin V.N. (2006). *Modern biogeochemistry is: Environmental Risk Assessment*, 2d Edition. Springer Publishers. P. 444.
11. Bashkin V.N. (Ed) (2016) *Biogeochemical technologies for managing pollution in polar ecosystems*. Springer. P. 221.

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПОСУТОЧНОЙ ДИНАМИКИ КУРСА ДОЛЛАРА И ПАРАМЕТРОВ НЕФТИ BRENT

П.М. Мазуркин, зав. каф. Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, д-р техн. наук, проф., *kaf_po@mail.ru*

По фактическим посуточным данным рублевого курса доллара США, средней цены, объема и финансового потенциала продаж в мире нефти марки Brent приведены закономерности по трендам бинарных отношений и динамики колебательного возмущения курса доллара и цены нефти от 24.07.2013 до 24.04.2018. Учен новый параметр в виде финансового потенциала как произведения ежесуточного объема продаж на среднюю цену нефти. Из-за сильной флюктуации объема продаж возможны появление новых нефтяных кризисов. В дальнейшем волновые уравнений динамики изученных показателей необходимо изучать методами амплитудно-частотных характеристик. Это позволит дать осознанные объяснения волнового поведения мирового рынка нефти в прошлом и показать возможности прогнозирования с учетом сезонных циклов при снижении и стабилизации объема продаж нефти. По трендам дан прогноз значений изученных показателей до 24.04.2019.

Ключевые слова: курс рубля, доллар США, нефть Brent, объем, цена, потенциал продаж, колебания динамики, закономерности.

FACTOR ANALYSIS OF DAILY DYNAMICS OF US DOLLAR EXCHANGE RATE AND BRENT OIL PARAMETERS

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

According to the actual daily data of the ruble exchange rate of the US dollar, the average price, volume and financial potential of sales in the world of Brent crude oil, there are trends in the trends of binary relations and the dynamics of the co-perturbation of the dollar and the oil price from July 24, 2013 to April 24, 2018. A new parameter is taken into account in the form of financial potential as the production of daily sales volume for the average price of oil. Due to the strong fluctuation in sales, new oil crises may occur. Subsequently, the wave equations of the dynamics of the studied parameters must be studied by the methods of amplitude-frequency characteristics. This will give a conscious explanation of the wave behavior of the world oil market in the past and show the possibility of forecasting taking into account the seasonal cycles with the reduction and stabilization of the volume of oil sales. By trends, the prognosis of the values of the studied indicators is given up to 04.24.2019.

Keywords: ruble exchange rate, US dollar, Brent oil, volume, price, sales potential, fluctuations in dynamics, regularities.

Введение

В отчете [1, с. 9] по потреблению топлива (миллион тонн нефтяного эквивалента) на РФ за 2015 г. из первичной энергии 681,7 на нефть приходилось 144,2, а в 2016 г. соответственно 673,9 и 148,0. Таким образом, доля нефти в потреблении нашей страны увеличилась с 21,15 до 21,96% (на 0,81%). При этом США за эти два года первичная энергия составила

2775,9 и 2772,7. А нефть равна 856,5 и 863,1, то есть в США также увеличилось потребление нефти с 30,85 до 31,12 % (на 0,27 %). На «нефтяной игле» США по сравнению с РФ сидит в $31,12/21,96 = 1,42$ раза сильнее.

По данным Всемирного банка [2] ВВП на единицу энергопотребления (\$ за кг нефтяного эквивалента) в среднем для мира был равен 8,338 в 2014 г. За этот же год для РФ этот показатель был равным 5,302; для США 7,864. Максимальное значение для Южного Судана равно 34,514; на втором месте находится Гонконг с удельным ВВП 27,841 \$/кг. Рейтинг показал, из 171 стран, имеющих значения критерия, Россия занимает 155 место, а США – 112 место.

Цель статьи – по данным [3, 4] с 24.07.2013 по 23.04.2018 показать, что мнения экспертов о снижении влияния цены на нефть на курс доллара США в рублях неверны, а главным дестабилизирующим фактором является сильный разброс в ежедневных объемах продаж на примере марки Brent.

В связи с этим необходим факторный анализ данных по нашим методам идентификации устойчивых закономерностей. Ручное управление без текущего анализа данных становится опасным, так как приходится учитывать очень много разных, иногда даже диаметрально противоположных, эвристических мнений. Эксперты в России, как правило, работают по понятиям и собственному наитию, без тщательного анализа статистических данных. При этом волны Элиота, как это происходит в США, вообще не рассматриваются.

Например, в 2018 году бюджетом предусмотрены нефтегазовые доходы в размере 5,48 трлн руб. при среднегодовой цене на нефть Urals в \$43,8 за баррель и среднегодовом курсе в 64,7 руб./\$. Между тем средняя цена нефти Urals за январь-март этого года составила \$65,22 за баррель, – сообщал Минфин. За этот период рублевая цена барреля была примерно на 1 тыс. руб. выше запланированного уровня [5].

Факторным анализом показателей возможно научное управление внутренней финансовой политикой не в среднем на год, а в среднем на следующий месяц и даже неделю. Однако внешние риски для России очень велики.

Например, для России действия президента США должны стать сигналом: целью санкций может оказаться российский нефтяной сектор. Но санкции вряд ли снизят цену на нефть. Президенту США достаточно показать, что он «сильно проучил» тех, кто участвует в завышении цен. Российские нефтяные компании идеально вписываются как «злодеи», которых нужно наказать с голливудским размахом. Этот сценарий неприемлем из-за осознания факта, что введение санкций быстро приведет к шоковому скачку цен на нефть и создаст Трампу принципиально нерешаемую проблему [6].

Но почему такие интуитивные выводы не исходят из выявления закономерностей при разных сценариях поведения на мировом нефтяном рынке?

Метод анализа

По данным «Бритиш Петролеум» по доле десяти нефтедобывающих стран в мировой добыче нефти в 2014 г. Россия занимала второе место: Саудовская Аравия 12,9%; Российская Федерация 12,7%; США 12,3%; КНР 5,0%; Канада 5%; Иран 4,0%; ОАЭ 4,0%; Ирак 3,8%; Кувейт 3,6%; Венесуэла 3,3%; остальные страны 33,4% [16].

Таким образом, можно рассматривать иерархию стран по методу Т. Саати [7]. Однако, в отличие от метода анализа иерархий, исходя из концепции колебательной адаптации [8–10], мы рассматриваем явно нелинейные тренды и волновые уравнения в виде асимметричных вейвлетов с переменными амплитудой и периодом колебания [11, 12]. Причем тренды являются частными случаями вейвлетов при бесконечном периоде колебаний. В итоге мы создали метод идентификации, который был применен к рублевому курсу [13–16] и параметрам нефти Brent [17–19]. Метод идентификации обоснован [20–24] так называемыми инвариантами или «кирпичиками» Гильберта.

Для идентификации искомым устойчивых закономерностей достаточна конструкция асимметричного вейвлета [8–24] типа

$$y = \sum_{i=1}^m y_i, y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i}), \quad (1)$$

где Y – показатель (зависимый фактор), $y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i})$, i – номер составляющей модели (1), m – количество членов в модели (1), x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \dots a_8$ – параметры, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации модели (1) в программной среде типа CurveExpert (<http://www.curveexpert.net>), $A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}})$ – амплитуда (половина) асимметричного вейвлета (ось y), $p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}$ – полупериод колебательного возмущения (ось x). При этом тренд в общем случае содержит два члена при условии $a_{5i}=1,2 \rightarrow \infty$.

Исходные данные

Россия начинает меры по управлению объемами добычи нефти, по договоренности с ОПЭК замораживая этот показатель на уровне января 2016 г. Такие меры сильно скажутся на нефтяном хозяйстве страны. В связи с этим актуальным становится выявление закономерностей посуточной динамики [13–19] с 24.07.2013 по 24.04.2018 курса доллара в рублях [4], объема продаж V и средней цены C на нефть марки Brent [3]. Дополнительно мы ввели новый параметр – *финансовый потенциал продаж* VC , определяемый как произведение объема продаж на среднюю цену нефти.

С 1999 г. динамика параметров нефти в России претерпела несколько этапов поведения. До 24.07.2013 это поведение было вообще неосознанным. С 24.07.2013 и поныне продолжается новый этап ручного управления продажей нефти, который можно назвать частично регулируемым. Из-за разницы в регистрации ежедневных данных на сайтах [3, 4] на период 24.07.2013–24.04.2018 получилось 1225 строк по нефти и 1175 строк по курсу доллара. По ним идентифицировались статистические модели динамики.

Для факторного анализа (при выявлении рейтинга факторов он схож с методом анализа иерархий Т. Саати) исключили строки по несовпадающим датам. Фрагмент исходных данных для факторного анализа дан в табл. 1.

Таблица 1

Динамика курса доллара и параметров нефти Brent

№ п/п	Дата	Время t , сутки	Курс валюты (доллар США) K , руб./\$	Цена нефти C , \$/баррель	Объем продаж V , K^{-1}	Финансовый потенциал VC , K^{-1} \$
1	24.07.2013	0	32,3106	107,19	197,80	21202,18
2	25.07.2013	1	32,3462	107,65	176,11	18958,24
3	26.07.2013	2	32,5376	107,17	119,94	12853,97
4	27.07.2013	3	32,6371	107,45	178,93	19226,03
5	30.07.2013	6	32,8556	106,91	160,00	17105,60
...	...	...	...	...	...	...
928	13.04.2018	1724	62,0659	72,58	328,50	23842,53
929	17.04.2018	1728	62,2794	71,58	315,04	22550,56
930	18.04.2018	1729	61,1454	73,48	352,65	25912,72
931	19.04.2018	1730	61,5539	73,78	393,96	29066,37
932	20.04.2018	1731	60,8583	74,06	371,90	27542,91

Приняты следующие условные обозначения:

t – время с начала этапа частичного регулирования, сутки;

C – средняя цена нефти марки Brent, \$/баррель;

V – объем продаж нефти марки Brent, K^{-1} [3];

VC – финансовый потенциал продаж нефти, $VC = V \times C$, K^{-1} \$.

Вначале рассмотрим корреляционную матрицу и рейтинг факторов, а затем сильные факторные связи и результаты анализа динамики показателей.

Корреляционная матрица и рейтинг факторов

Результаты идентификации трендами динамики (в диагональных клетках) и бинарных отношений между четырьмя факторами приведены в табл. 2.

Таблица 2

Корреляционная матрица по трендам и рейтинг факторов

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)				Сумма Σr	Место I_x
	K , руб./\$	C , \$/ бар.	V , K^{-1}	VC , K^{-1} \$		
Курс доллара K , руб./\$	0,9345	0,9815	0,3485	0,4565	2,7210	2
Цена нефти C , \$/баррель	0,9750	0,9578	0,3464	0,4962	2,7754	1
Объем продаж V , K^{-1}	0,4495	0,4455	0,4084	0,6871	1,9905	4
Финанс. потенциал VC , K^{-1} \$	0,5141	0,5476	0,7086	0,5068	2,2771	3
Сумма коэффиц. коррел. Σr	2,8731	2,9324	1,8119	2,1466	9,7640	—
Место показателя I_y	2	1	4	3	—	0,6103

Коэффициент коррелятивной вариации равен $9,7640/42 = 0,6103$, и он показывает средний уровень адекватности для всей группы показателей. По этому критерию сравниваются разные объекты исследования. На первом месте как влияющая переменная и как зависимый показатель находится цена нефти, а на втором – курс доллара.

В табл. 3 приведены факторные сильные связи при коэффициенте корреляции, не меньшем 0,7. При этом допущено, что 0,6871 примерно равен 0,7. Тогда получается, что доля сильных по адекватности бинарных отношений равна $4/(42-4) = 1/3 = 0,33$.

Таблица 3

Корреляционная матрица сильных бинарных отношений при $r \geq 0,7$

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)			
	K , руб./\$	C , \$/бар.	V , K^{-1}	VC , K^{-1} \$
Курс доллара K , руб./\$		0,9815		
Цена нефти C , \$/баррель	0,9750			
Объем продаж V , K^{-1}				0,6871
Финанс. потенциал VC , K^{-1} \$			0,7086	

Ниже приведена иерархия сильных факторных связей по убыванию коэффициента корреляции.

Сильные бинарные отношения

На первом месте находится обратное влияние курса доллара на цену нефти Brent (рис. 1) при $r = 0,9815$ по формуле

$$C = 136,92938 \exp(-5,33840e-5 K^{2,35034}) - 1,63863e-22 K^{15,30147} \exp(-0,0014072 K^{2,18269}). \quad (2)$$

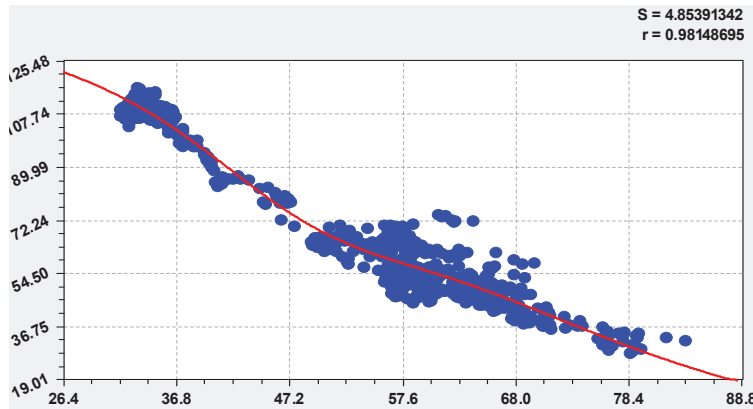


Рис. 1. График влияния курса доллара на мировую цену нефти Brent

По модели (2) Россия очень сильно влияет на формирование мировой цены на нефть марки Brent. Если представить гипотетически, что рубль вообще не связан с долларом при условии $K \rightarrow 0$, цена нефти подскочила бы до предела 136,9\$/баррель. По первой составляющей по закону экспоненциальной гибели происходит естественная тенденция убывания цены на нефть при возрастании курса доллара в рублях. Вторая составляющая по биотехническому закону [8–24] является кризисной (отрицательный знак перед второй составляющей в модели (2)) и показывает антропогенное влияние.

В нашей стране все меры направлены на рост цены на нефть, поэтому второй член (2) к России, по-видимому, не относится. Тогда, по статье [6], формирование второго члена относится к США. Интенсивность влияния США на снижение цены нефти очень высока и равна 15,30147; однако пока активность этого влияния чрезмерно низкая и равна 1,63863E-022. Пока это сравнимо с амплитудой гравитационных волн от очень далекого и мощного пульсара.

На втором месте находится прямая связь $K = f(c)$ (рис. 2) по формуле

$$K = 131,35177 \exp(-0,012094 C^{1,24752}) + 0,29401 C^{1,30953} \exp(-0,00016327 C^{1,93885}). \quad (3)$$

Из модели (3) с коэффициентом корреляции $r = 0,9750$ видно, что без нефти при условии $C \rightarrow 0$ в России рублевый курс доллара США вырос бы до 131,352 руб./\$. По первой естественной составляющей тренда (3) с возрастанием мировой цены на нефть марки Brent курс доллара в рублях снижается. А до 24.07.2013 было хаотическое изменение [19], которое показало стиль неосознанного ручного управления. По второй составляющей происходит антропогенное изменение курса доллара США в рублях с возрастанием цены нефти. Эта тенденция направлена против усилий со стороны России. Поэтому она показывает стрессовое возбуждение конкурентов.

На третьем месте влияние с коэффициентом корреляции $r = 0,7086$ финансового потенциала продаж на объем продаж (рис. 3) за время с 24.07.2013 по 24.04.2018 происходит также по двухчленной формуле вида

$$V = 0,0036597 \exp(0,00025394 V C^{1,101789}) + 0,0090266 V C^{1,153817} \exp(-0,00013672 V C^{0,90896}). \quad (4)$$

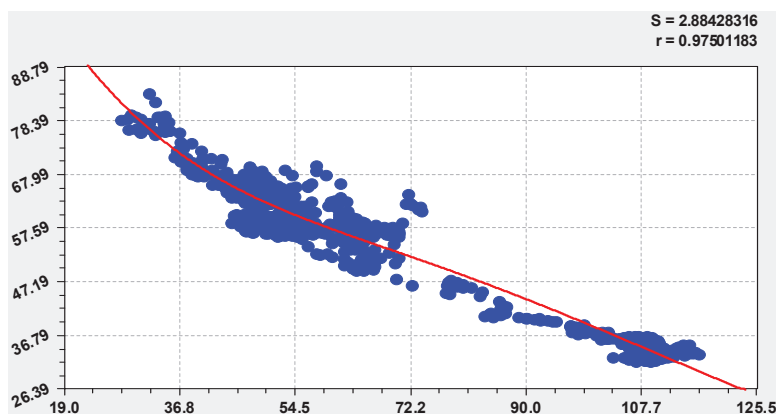


Рис. 2. График влияния мировой цены нефти Brent на курс доллара в рублях

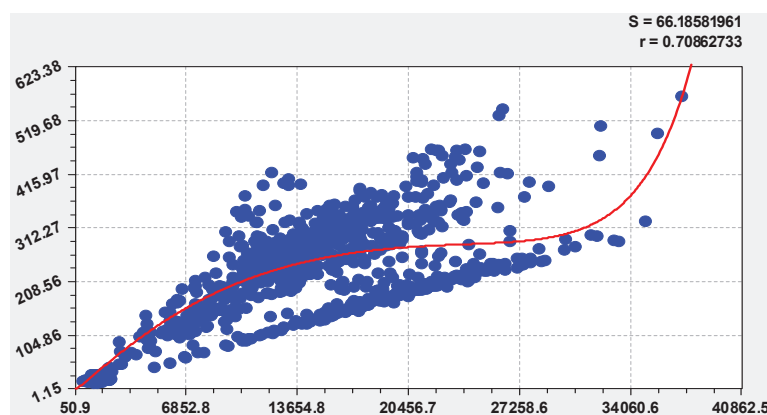


Рис. 3. Влияние финансового потенциала на объем продаж нефти

Из модели (4) видно, что первый член является законом экспоненциального роста. А вторая — биотехническим законом антропогенного возбуждения.

В итоге финансовый потенциал при изменении от 20 000 до 30 000 обеспечивает постоянный объем продаж. Затем начинает преобладать влияние первого члена формулы (4) и объем продаж резко возрастает. Это означает рост разброса значений объема продаж. Дисперсия распределения, которое не соответствует закону Гаусса—Лапласа «нормального» закона, резко нарастает.

На четвертом месте (рис. 4) находится модель $VC = f(V)$ вида

$$VC = 1088,56700 \exp(0,12101 V^{0,53061}) + 9,23218e-5 V^{3,94054} \exp(-0,00041421 V^{165088}). \quad (5)$$

Конструкция моделей (4) и (5) одинаковая, поэтому на рис. 4 видно, что в интервале от 200 до 300 объема продаж наблюдается постоянное значение финансового потенциала продаж нефти. Интересно отметить, что по модели (4) при условии $VC \rightarrow 0$ наблюдается также стремление к $V \rightarrow 0$. Но по формуле (5) получается, что стремление $V \rightarrow 0$ ведет к некоторому минимальному значению $VC_{\min} = 1088,6 \text{ К}^{-1}\$$. Это — своеобразный начальный минимальный капитал страны в продаже нефти, а фактическое значение финансового потенциала по данным табл. 1 в 10–20 раз больше этого минимума.

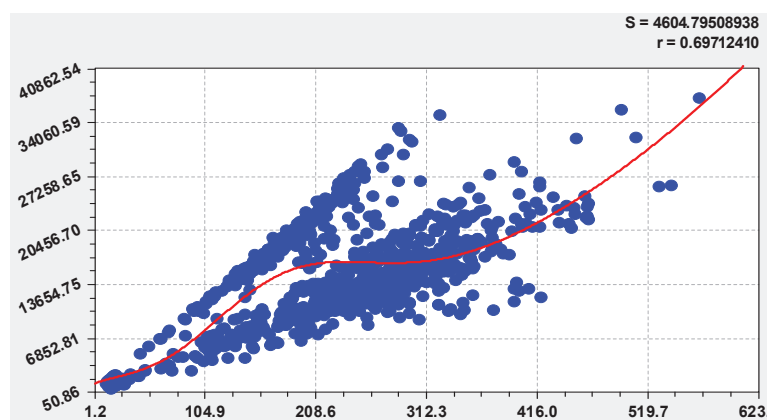


Рис. 4. Влияние объема продаж нефти Brent на финансовый потенциал

По рис. 3 и 4 взаимное влияние объема и финансового потенциала продаж нефти разделяется на две полосы (кластера). Поэтому можно подробнее проанализировать все закономерности по табл. 2, чтобы получить подробные рекомендации на будущее.

Для прогнозирования необходим анализ динамики показателей, коэффициенты корреляции в табл. 2 расставлены по диагональным клеткам.

Динамика средней цены нефти Brent. С коэффициентом корреляции 0,9578 был идентифицирован тренд (рис. 5) в виде формулы

$$C = 92,67658 \exp(0,091357t^{0,21322}) - 0,00024523t^{2,08703} \exp(-0,00040565t^{1,19364}). \quad (6)$$

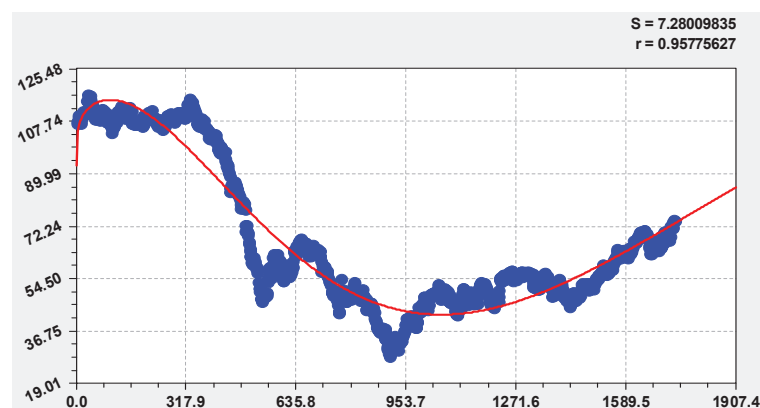


Рис. 5. Тренд (6) цены нефти Brent с 24.07.2013 по 24.04.2018

Цена должна была расти по закону экспоненциального роста.

Однако этому росту сильно тормозила вторая составляющая, у которой влияние через некоторое время уменьшится.

По остаткам были идентифицированы вейвлеты (рис. 6) по формуле (1), параметры которых приведены в матричной форме в табл. 4.

По возможностям CurveExpert-1.40 совместно можно уточнить параметры только у тренда и двух колебаний. Из остатков на рис. 6 видно, что после четвертого колебания возможны и другие вейвлеты. Чем больше колебаний, тем более опасным становится ручное управ-

ление. В сравнении с США [23] амплитуда первого колебания на порядок выше относительно тренда. Этот факт означает, что волны Элиота позволяют в ежедневном режиме осознанно управлять показателями и своим поведением всем бизнесменам США.

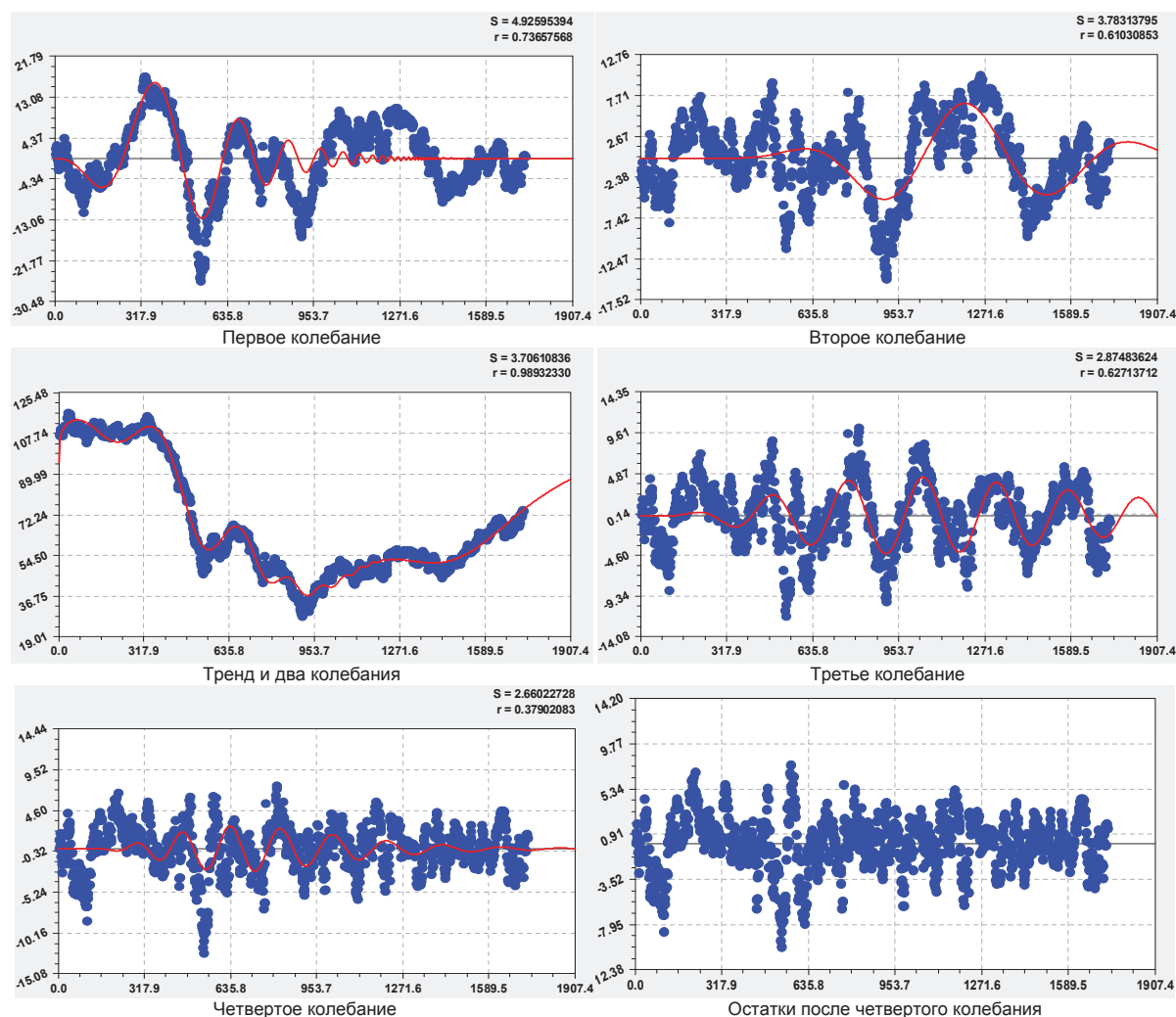


Рис. 6. Волны посуточной динамики цены нефти марки Brent

Сравнение модели (6) с данными табл. 4 показывает, что по мере включения новых волновых составляющих параметры тренда изменяются. Поэтому нужно все члены, а их может оказаться до 100, включить в повторную идентификацию. Но для этого нужна специализированная программная среда, причем желательно для суперкомпьютера петафлопного класса.

Из табл. 4 рассмотрим только период колебания $2a_{5i}$ по состоянию на 24.07.2013. Первая волна возмущения имеет начальный период колебания, равный $2 \times 368,40492 \approx 736,8$ суток или примерно два года. Затем период снижается (частота колебания возрастает) и это явление может привести мировой рынок нефти к коллапсу. Аналогично в тремор вводит третья волна с начальным периодом 297,8 суток. А второе и четвертое колебания, начинаясь с периода в 417,8 и 141,1 суток на дату 24.07.2013, в дальнейшем успокаиваются.

Динамика курса доллара США в рублях. В табл. 4 приведены значения параметров модели, а на рис. 7 даны их графики. Замечательно, что Россия с 24.07.2013 получила первую естественную составляющую в виде закона экспоненциальной гибели $K = a \exp(-bt)$. Раньше была пертурбация.

Таблица 4

**Параметры моделей посуточной динамики
курса доллара США в рублях и показателей нефти марки Brent**

Но- мер <i>i</i>	Асимметричный вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x/(a_{5i}a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэфф. коррел. <i>r</i>
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
Посуточная динамика цены нефти Brent с 24.07.2013 по 24.04.2018 (тренд 0,9578)									
1	95,20825	0	-0,078645	0,21508	0	0	0	0	0,9893
2	-0,00024626	2,08620	0,00039870	1,19916	0	0	0	0	
3	-2,27581e-7	3,62364	0,0059807	1,06594	368,40492	-0,22469	1,00905	0,95964	
4	3,66052e-24	8,98732	0,0020703	1,16085	208,87824	0,42060	0,71393	1,05852	
5	-4,76109e-8	3,12197	0,0034165	0,99077	148,92009	-0,0060908	0,99203	0,92356	0,6271
6	8,14821e-15	6,47768	0,065428	0,75138	70,53501	0,19289	0,64031	5,24660	0,3790
Посуточная динамика рублевого курса доллара США (тренд 0,9345)									
1	34,70583	0	0,0011399	1	0	0	0	0	0,9792
2	1,51165e-9	7,37842	4,19852	0,26747	0	0	0	0	
3	2,15051e-7	3,31163	0,0037477	1,08060	174,01246	-0,00041204	1,21862	-2,58254	
4	4,22326e-7	2,50449	0,00065423	1,10259	351,35703	0,0081101	1,16486	1,17263	
5	7,58514e-14	5,62998	0,0017767	1,21013	107,23705	-0,0080197	1,03226	1,55001	0,7923
Посуточная динамика финансового потенциала продаж нефти									
1	18354,4538	0	-0,016290	0,38620	0	0	0	0	0,5068
2	-0,0015911	2,49067	9,08859e-5	1,43367	0	0	0	0	
Посуточная динамика объема продаж нефти марки Brent									
1	185,52083	0	0,0017182	1,02804	0	0	0	0	0,4084
2	0,065047	1,27814	0,00055652	1,02878	0	0	0	0	

Этот закон общеизвестен и в математике получил название закон Лапласа, в физике как закон Мандельброта, в биологии как закон Перла, в эконометрике как закон Парето. Он показывает снижение курса доллара со значения 34,70583 руб./\$ с даты 24.07.2013. Все остальные антропогенные члены – это результат неосознанного ручного управления. В дальнейшем нужно снижать влияние биотехнического стрессового возбуждения по второй составляющей, поняв его сущность и приняв соответствующие меры к его снижению.

Динамичность рублевого курса доллара США (доля колебаний к тренду) была максимальной 41,40% на дату 18.12.2014. На эту дату тренд дает 39,73 руб./\$, а фактический курс подпрыгнул до 67,7851 руб./\$. Это – сильное колебательное возмущение. Но из графиков на рис. 7 видно, что первое и третье колебания остались в истории и только второе колебание будет продолжаться. На дату 23.03.2018 сложилась новая ситуация: по первой части тренда получилось расчетное значение 9,33 руб./\$, а по второй – 56,63 руб./\$. При этом по факту имеем 56,8391 руб./\$. Динамичность наибольшая для этого времени и равна –16,05%. Тогда получается, что курс доллара США с этой даты изменялся по стрессовому возбуждению надстройки России. На последнюю дату 24.04.2018 коэффициент динамичности был

всего $-6,35\%$, причем расчетный курс равен 65,69 руб./\$ при фактическом значении 61,7655 руб./\$. По тренду ровно через год на 24.04.2019 ожидается курс доллара 57,69 руб./\$ (если ничего не изменится и не возникнут новые колебательные возмущения).

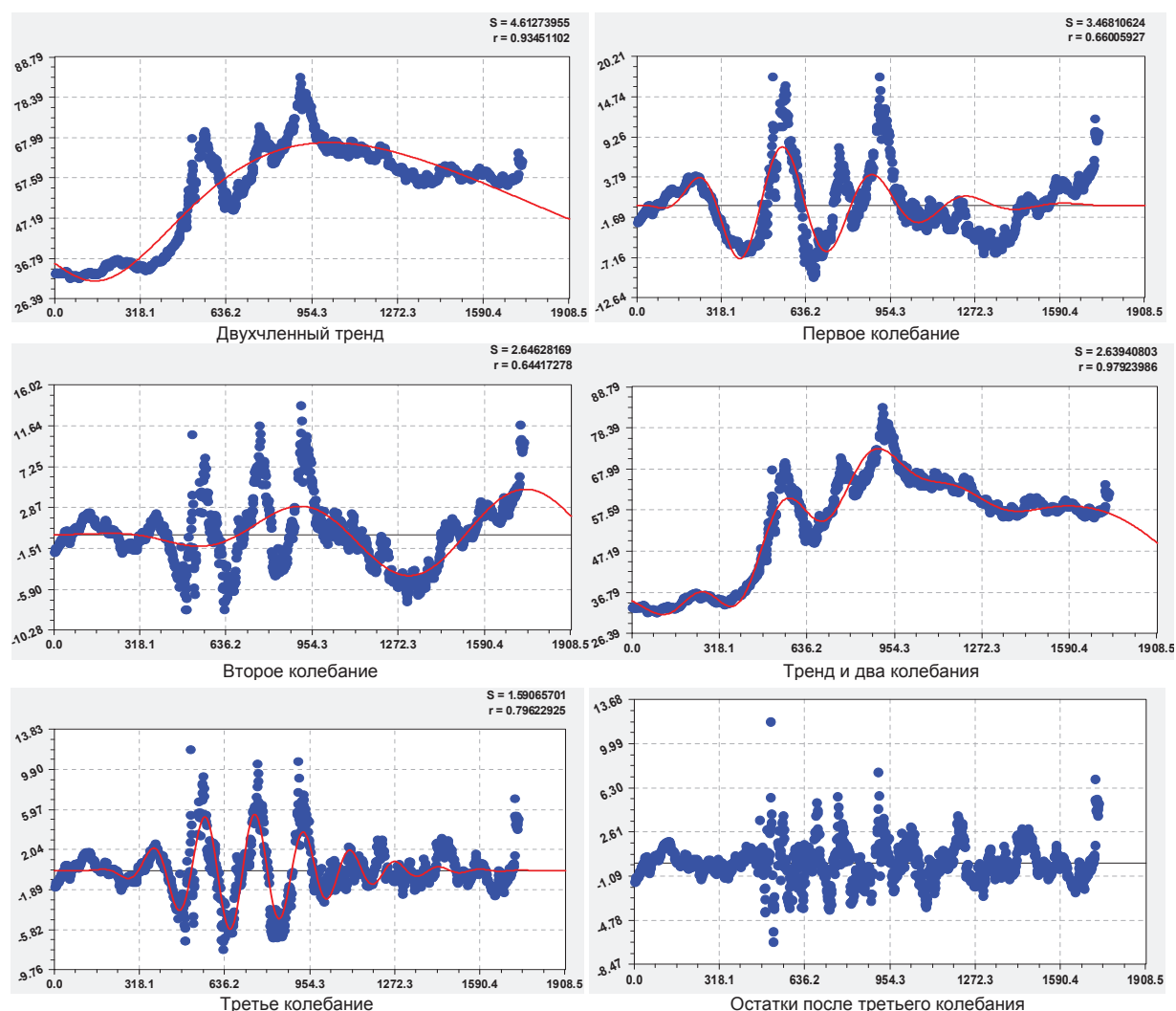


Рис. 7. Тренд и волны посуточной динамики курса доллара США

Динамика потенциала и объема продаж нефти

Два параметра не дали колебательных возмущений, так как их значения весьма хаотичны (рис. 8).

Из рис. 8 видно, что финансовый потенциал продаж вначале убывает, а затем возрастает. Остатки показывают, что дисперсия (разброс точек) также вначале уменьшается, но на будущее появляется опасность сильной флюктуации данного показателя. Но такой разброс определяется объемом продаж, который явно непредсказуем. При этом разброс остатков от графика объема продаж нефти марки Brent со временем только растет. Тогда получается, что нужно научиться управлять потоками нефти разных марок в мире.

По трендам с параметрами из табл. 4 можно отметить следующее.

Максимальная погрешность –1985,74% потенциала от тренда 14,012016, когда фактически потенциал равен всего 508,58, а расчетный – $1067,7 \text{ К}^{-1} \$$. По второму члену максимум снижения был достигнут 18.03.2016 и равен –12498,4, а по первому члену расчет дал 23142,1 при факте $11909,0 \text{ К}^{-1} \$$ (относительная погрешность от факта +9,88%). При средней адекватности 0,5068 (в интервале $r = 0,5–0,7$) прогноз на 24.04.2019 равен $22541,8 \text{ К}^{-1} \$$.

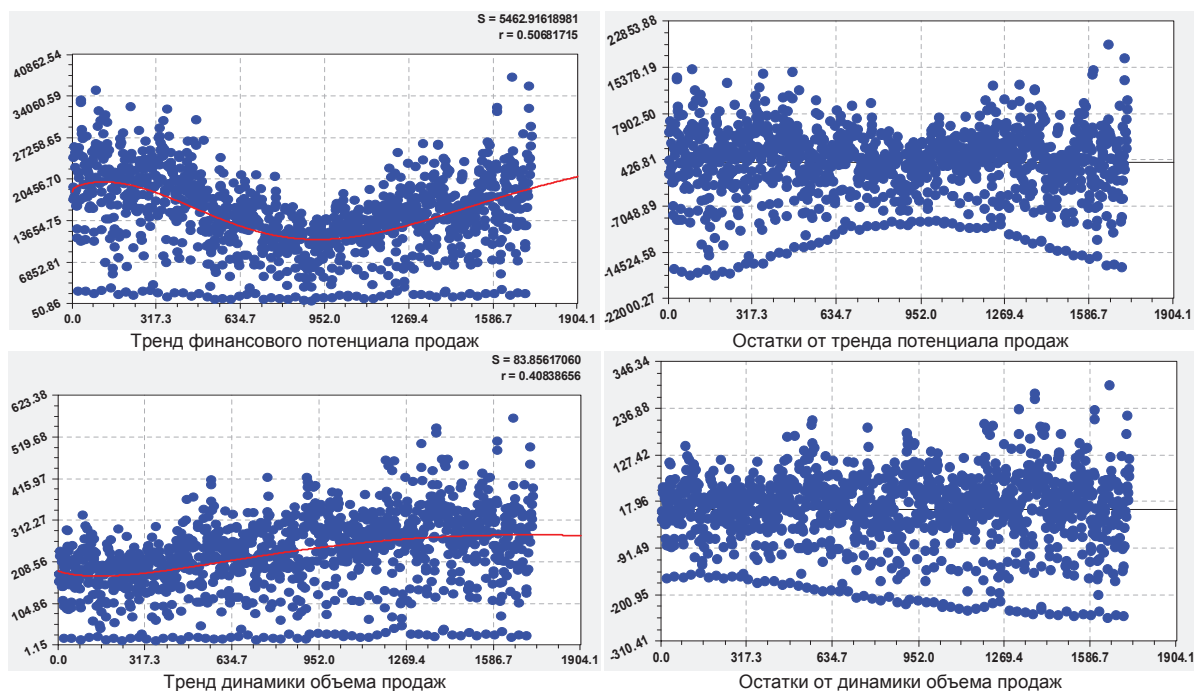


Рис. 8. Графики посуточной динамики не волновых показателей

Объем продаж при слабой адекватности 0,4084 (коэффициент корреляции в интервале 0,3–0,5) получил максимальную погрешность –1496,26% на дату 16.07.2014 при максимуме по второму члену $271,44 \text{ К}^{-1}$ через 67 суток после 24.04.2018, то есть на дату 30.06.2018. Далее объем продаж нефти будет медленно снижаться. Максимум по обоим членам тренда наблюдался 23.03.2018 и был равен $275,97 \text{ К}^{-1}$. С этого времени идет снижение объема продаж нефти марки Brent и поэтому имеется опасность возникновения нового нефтяного кризиса. Фактическое значение объема продаж на 23.03.2018 было равно $283,01 \text{ К}^{-1}$, то есть относительная погрешность равна всего 2,49%.

Заключение

Посуточный учет рублевого курса доллара США, мировой средней цены, финансового потенциала и объема продаж нефти марки Brent методом идентификации бинарных отношений дали закономерности в виде двухчленных трендов различной адекватности. Наиболее сильные прямые и обратные связи с коэффициентами корреляции выше 0,95 наблюдаются между курсом доллара и ценой нефти. При этом динамика этих показателей получала по несколько волновых функций с переменными амплитудой и периодом колебаний. Поэтому нельзя успокаиваться, будто бы экономика России все меньше зависит от продаж нефти отечественных марок. Нужно срочно наладить, как это было сделано в США по применению в анализе волн Элиота, ежемесячный или даже еженедельный мониторинг и прогнози-

рование продаж нефти отечественных марок. А затем следует переходить на анализ курсов национальных валют и параметров добычи, производства и продажи нефти по крайней мере в 10 ведущих странах-экспортерах. Это позволит выявлять закономерности факторного анализа и, наконец-то, хотя бы экспертам точнее осознавать происходящие на мировом нефтяном рынке явления и процессы.

Список литературы

1. BP Statistical Review of World Energy. June 2017. Available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf> (дата обращения 25.04.2018).
2. GDP per unit of energy use (PPP \$ per kg of oil equivalent). Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP> (дата обращения 25.04.2018).
3. Прошлые данные – Фьючерс на нефть Brent. Available at: <https://ru.investing.com/commodities/brent-oil-historical-data> (дата обращения 24.04.2018).
4. Динамика официального курса заданной валюты (Доллар США). Available at: http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx (дата обращения 24.04.2018).
5. Нефти не хватает: Россия нарастит госдолг. Для чего Минфин собирается дополнительно взять в долг 200 млрд рублей в этом году. Газета Ру. Available at: <https://news.mail.ru/economics/33266571/?frommail=1> (дата обращения 24.04.2018).
6. Данилов И. Трамп объявил войну нефтяному рынку и российскому бюджету: удар нанесен. Available at: https://ria.ru/analytics/20180423/1519185128.html?utm_source=news.mail.ru&utm_medium=inform&utm_campaign=rian_partners (дата обращения 24.04.2018).
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
8. Мазуркин П.М. Колебательное возмущение эргатической системы // Фундаментальные исследования. № 11 (часть 2). 2013. С. 266–271. Doi 10.18411/d-2016-130.
9. Мазуркин П.М. Динамика физического и человеческого капитала // Фундаментальные исследования. № 11 (часть 4). 2013. С. 731–736. Doi 10.18411/d-2016-131.
10. Мазуркин П.М. Концепция колебательной адаптации социумов // XLV междунар. Научно-практ. конф. «Концептуальное развитие экономических наук в XXI веке» (27 февраля 2016 г.). М.: Аналитический центр «Экономика и финансы», 2016. С. 36–43.
11. Мазуркин П.М. Экономико-статистическое моделирование: учеб. пос. с грифом УМО РАЕ. Йошкар-Ола: Поволжский ГТУ, 2016. 276 с. ISBN 978-5-8158-1677-0.
12. Мазуркин П.М. Статистическая идентификация рядов динамики // Вестник мировой науки. Серия «Экономика». № 1. 2016. С. 79–96. Doi 10.18411/jos-2016-econ-1-05.
13. Мазуркин П.М. Вейвлет-анализ кризисной динамики курса рубля // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Матер. 3-й научно-практ. internet-конф. Ульяновск: SIMJET, 2014. С. 260–268. Available at: <http://elibrary.ru/download/16617562.pdf>. Doi 10.18411/d-2016-120.
14. Мазуркин П.М. Кризисная динамика и прогноз курса доллара // Международный журнал экспериментального образования. № 5. 2015. С. 118–120. Available at: <http://elibrary.ru/download/32859475.pdf>.
15. Мазуркин П.М. Кризисы и итерационный прогноз курса доллара // Сб. статей XL междунар. научно-практ. конф. «Концептуальное развитие экономических наук в XXI веке». М.: Аналит. центр «Экономика и финансы», 2015. С. 51–56.
16. Мазуркин П.М. Закономерности влияния курса доллара в России на мировую цену нефти Brent // Электронный научный журнал «Крымский научный вестник». 2015. № 5. Available at: <http://krvestnik.ru/pub/2015/12/Mazurkin.pdf>.
17. Мазуркин П.М. Посуточная динамика объема и цены нефти Brent и влияние на финансовый потенциал трех факторов // Электронный научный журнал «Крымский научный вестник». 2016. № 2(8). С. 205–224.

18. Мазуркин П.М. Посуточная динамика параметров нефти Brent // Нефть, газ, бизнес. № 6. 2016. С. 46–56.
19. Мазуркин П.М. Этапы и уровни динамики влияния цены нефти Brent на курс доллара // Российско-китайский научный журнал «Содружество». № 3(3). 2016. Часть 1. С. 17–27.
20. Mazurkin P.M. Invariants of the Hilbert Transform for 23-Hilbert Problem, *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1. No. 1. 2015. Pp. 1–12. doi: 10.11648/j.ash.20150101.11.
21. Mazurkin P.M. Method of identification. (2014). International Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 1(6). Pp. 427–434. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946541076&partnerID=40&md5=72a3fcce31b20f2e63e4f23e9a8a40e3>.
22. Mazurkin P.M. Wavelet Analysis Statistical Data. *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1. No. 2. 2015. Pp. 30–44. Doi: 10.11648/j.ash.20150102.11.
23. Mazurkin P.M. Method of Identification of Wave Regularities According to Statistical Data (Of Dynamics of a Rate of Inflation of US Dollar). *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1. No. 2. 2015. Pp. 45–51. Doi: 10.11648/j.ash.20150102.12.
24. Mazurkin P.M. The Invariants of the Hilbert Transformation for Wavelet Analysis of Tabular Data. *American Journal of Data Mining and Knowledge Discovery* in Vol. 1, Issue Number 1, December 2016. Available at: <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=603&doi=10.11648/j.ajdmkd.20160101.14>.

References

1. BP Statistical Review of World Energy (June 2017). Available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf> (accessed 25.04.2018).
2. GDP per unit of energy use (PPP \$ per kg of oil equivalent). Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP> (accessed 25.04.2018).
3. *Proshlye dannye – F'yuchers na neft' Brent* [Past data – Brent crude oil Futures]. Available at: <https://ru.investing.com/commodities/brent-oil-historical-data> (accessed 24.04.2018).
4. *Dinamika ofitsial'nogo kursa zadannoy valyuty (Dollar SShA)* [Dynamics of the official rate of the given currency (US Dollar)]. Available at: http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx (accessed 24.04.2018).
5. *Nefti ne khvataet: Rossiya narastit gosdolg. Dlya chego Minfin sobiraetsya dopolnitel'no vzyat' v dolg 200 mlrd rubley v etom godu* [Oil is not enough: Russia will increase the national debt. For what the Ministry of Finance is going to borrow 200 billion rubles this year] *Gazeta Ru* [Newspaper.Ru]. Available at: <https://news.mail.ru/economics/33266571/?frommail=1> (accessed 24.04.2018).
6. Danilov I. *Tramp ob'yavil voynu neftyanomu rynku i rossiyskomu byudzhetu: udar nanesen* [Trump declared war on the oil market and the Russian budget: the blow was dealt]. Available at: https://ria.ru/analitics/20180423/1519185128.html?utm_source=news.mail.ru&utm_medium=informer&utm_campaign=rian_partners (accessed 24.04.2018).
7. Saati T. (1993) *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy. Per. s angl.* [Method of analysis of hierarchies. From English] *Radio i svyaz'* [Radio and communication]. Moscow. 1993. 320 c.
8. Mazurkin P.M. (2013) *Kolebatel'noe vozmushchenie ergaticheskoy sistemy No. 11 (chast' 2)* [Oscillatory perturbation of ergatic systems] *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. No. 11 (part 2). Pp. 266–271. Doi 10.18411/d-2016-130.
9. Mazurkin P.M. (2013) *Dinamika fizicheskogo i chelovecheskogo kapitala* [Dynamics of physical and human capital] *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. No. 11 (part 4). Pp. 731–736. Doi 10.18411/d-2016-131.
10. Mazurkin P.M. (2016) *Kontseptsiya kolebatel'noy adaptatsii sotsiumov* [The Concept of oscillatory adaptation of societies] *XLV mezhdunar. Nauchno-prakt. konf. «Kontseptual'oe razvitie ekonomicheskikh nauk v XXI veke» (27 fevralya 2016 g.)*. *Analiticheskiy tsentr «Ekonomika i finansy»* [XLV Intern. Scientific practice.

Conf. «Conceptual development of economic Sciences in the XXI century» (27 February 2016). Analytical center «Economics and Finance». Moscow. Pp. 36–43.

11. Mazurkin P.M. (2016) *Ekonomiko-statisticheskoe modelirovanie: ucheb. pos. s grifom UMO RAE* [Economic and statistical modeling: studies. Training manual with the stamp UMO PAE] *Povolzhskiy GTU* [Volga GTU]. Yoshkar-Ola. P. 276. ISBN 978-5-8158-1677-0.

12. Mazurkin P.M. (2016) *Statisticheskaya identifikatsiya ryadov dinamiki. Vestnik mirovoy nauki* [Statistical identification of time series. Journal of world science] *Seriya «Ekonomika»* [Economy Series]. No. 1. Pp. 79–96. Doi 10.18411/jos-2016-economy-1-05.

13. Mazurkin P.M. (2014) *Veyvlet-analiz krizisnoy dinamiki kursa rublya. Mezhdistsiplinarnye issledovaniya v oblasti matematicheskogo modelirovaniya i informatiki. Mater. 3-y nauchno-prak. internet-konf* [Wavelet analysis of the crisis dynamics of the ruble. Interdisciplinary research in the field of mathematical modeling and computer science. Matera. 3rd scientific and practical. internet-Conf.] *SIMJET* [SIMJET]. Ulyanovsk. With 260–268. Available at: <http://elibrary.ru/download/16617562.pdf>. Doi 10.18411/d-2016-120.

14. Mazurkin P.M. (2015) *Krizisnaya dinamika i prognoz kursa dollara* [Crisis dynamics and forecast of the dollar] *Sb. statey XL mezhdunar. nauchno-prakt. konf. «Kontseptual'noe razvitiye ekonomicheskikh nauk v XXI veke»* [Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya] [International journal of experimental education]. Moscow. No. 5. Pp. 118–120. Available at: <http://elibrary.ru/download/32859475.pdf>.

15. Mazurkin P.M. (2015) *Krizisy i iteratsionnyy prognoz kursa dollara* [Crises and iterative forecast of the dollar]. *Sat. article XL international. scientific practice. Conf. «Conceptual development of economic Sciences in the XXI century»*. Analit. Economics and Finance center. Moscow. Pp. 51–56.

16. Mazurkin P.M. (2015) *Zakonomernosti vliyaniya kursa dollara v Rossii na mirovuyu tsenu nefi Brent* [Regularities of the influence of the dollar in Russia on the world price of Brent crude oil] *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Krymskiy nauchnyy vestrnik»* [Electronic scientific journal «Crimean scientific Vestnik»]. Moscow. No. 5. Available at: <http://krvestnik.ru/pub/2015/12/Mazurkin.pdf>.

17. Mazurkin P.M. (2016) *Posutochnaya dinamika ob"ema i tseny nefi Brent i vliyanie na finansovyy potentsial trekh faktorov* [Daily dynamics of volume and price of Brent oil and the impact on the financial potential of three factors] *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Krymskiy nauchnyy vestrnik»* [Electronic scientific journal «Crimean scientific Bulletin»]. No. 2(8). Pp. 205–224.

18. Mazurkin P.M. (2016) *Posutochnaya dinamika parametrov nefi Brent* [Daily dynamics of parameters of Brent oil] *Neft', gaz, biznes* [Oil, gas, business]. No. 6. Pp. 46–56.

19. Mazurkin P.M. (2016) *Etapy i urovni dinamiki vliyaniya tseny nefi Brent na kurs dollara* [Stages and levels of dynamics of the impact of Brent oil price on the dollar] *Rossiysko-kitayskiy nauchnyy zhurnal «Sodruzhestvo»* [Russian-Chinese scientific journal «Sodruzhestvo»]. No. 3(3). Part 1. Pp. 17–27.

20. Mazurkin P.M. Investors of the Hilbert Transform for 23-Hilbert Problem. *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1. No. 1. 2015. Pp. 1–12. Doi: 10.11648/j.ash.20150101.11.

21. Mazurkin P.M. (2014) Method of identification. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 1(6). Pp. 427–434. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946541076&partnerID=40&md5=72a3fcce31b20f2e63e4f23e9a8a40e3>.

22. Mazurkin P.M. (2015) Wavelet Analysis Statistical Data. *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1. No. 2. Pp. 30–44. Doi: 10.11648/j.ash.20150102.11.

23. Mazurkin P.M. (2015) Method of Identification of Wave Regulations According to Statistical Data (of Dynamics of a Rate of Inflation of US Dollar). *Advances in Sciences and Humanitie*. Vol. 1. No. 2. Pp. 45–51. Doi: 10.11648/j.ash.20150102.12.

24. Mazurkin P.M. (2016) The Invaders of the Hilbert Transformation for Wavelet Analysis of Tabular Data. *American Journal of Data Mining and Knowledge Discovery* in Vol. 1, Issue Number 1, December 2016. Available at: <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=603&doi=10.11648/j.ajdmkd.20160101.14>.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ НА СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Н.И. Буравчук, зав. лаб. ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
канд. хим. наук, burav@math.rsu.ru

О.В. Гурьянова, ст. научн. сотр. ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
oguryanova@sfedu.ru

Приведены свойства минеральных добавок из техногенного сырья: золошлаковых отходов и горелых пород шахтных отвалов, как активных добавок. Наличие физико-химической активности и способности проявлять свойства пуццоланов у золошлаковых отходов и горелых шахтных пород объясняется природой их происхождения. Их активность связана с процессами, происходящими при сжигании и обжиге и сопровождающимися нарушением исходной устойчивости структуры минералов. Одна из особенностей добавок, проявляющих свойства пуццоланов, заключается в медленном наборе прочности при твердении в смеси с цементом в начальный период и продолжении роста прочности в течение длительного времени. Приведены результаты использования тонкодисперсных добавок и заполнителей из техногенного сырья в бетонах. Подтверждено положительное влияние этого сырья на физико-механические свойства изделий из бетона: повышается прочность, водонепроницаемость, морозостойкость, снижается расход цемента.

Приведен механизм влияния добавок с пуццолановой активностью на процесс формирования структуры бетона и состав новообразований.

Использование техногенного сырья не только способствует улучшению многих свойств вяжущих и бетонов но и облегчает технологические приемы получения продукции с заданными показателями свойств и приводит к экономии материальных и сырьевых ресурсов, снижению негативного воздействия отходов на окружающую природную среду и среду обитания человека.

Ключевые слова: техногенное сырье, зола сухого отбора, золошлаковая смесь, горелая шахтная порода, активность минеральных добавок, активированное вяжущее, бетон, физико-механические свойства.

INFLUENCE OF TECHNOGENIC RAW MATERIAL ON THE PROPERTIES OF CONCRETE

N.I. Buravchuk, Head of Laboratory, Federal STATE Autonomous Educational Institution «Southern Federal University», Doctor of Chemistry, burav@math.rsu.ru

O.V. Guryanova, Senior Researcher, Federal STATE Autonomous Educational Institution «Southern Federal University», oguryanova@sfedu.ru

The properties of mineral additives from technogenic raw materials are given: ash-and-slag wastes and burned rocks of mine dumps, as active additives. The presence of physical and chemical activity and the ability to exhibit the properties of pozzolans in ash and slag wastes and burned mine rocks is explained by the nature of their origin. Their activity is connected with the processes occurring at burning and firing and accompanied by violation of initial stability of structure of minerals. One of the characteristics of additives exhibiting the properties of pozzolans is the slow set of hardness in hardening in a mixture with cement in the initial period and the continuation of the growth in strength for a long time. The results of using finely dispersed additives and aggregates from technogenic raw materials in concretes are presented. The positive effect of this raw material

on the physical and mechanical properties of concrete products has been confirmed: strength, waterproofness, frost resistance, and cement consumption decrease.

The mechanism of the effect of additives with pozzolanic activity on the process of formation of the structure of concrete and the composition of neoplasms is given.

The use of technogenic raw materials not only improves many properties of binders and concretes but also facilitates the technological methods of obtaining products with specified properties and leads to the saving of material and raw materials, reducing the negative impact of waste on the environment and human habitat.

Keywords: man-made raw materials, fly ash, ash-and-slag mixture, burned mine rock, activity of mineral additives, activated binder, concrete, physical and mechanical properties.

Введение

Развитие современных инновационных технологий производства строительных материалов в XXI веке предопределяет использование в качестве источников сырья техногенных отходов. Это обусловлено многочисленным объемом накопившихся запасов промышленных отходов и осложнением добычи природных минеральных ресурсов из-за их истощения.

Физико-механические свойства и эксплуатационные характеристики строительных материалов во многом зависят от наличия в их составе минеральных добавок, обладающих определенной активностью. Экономически оправдано получать такие добавки из техногенного сырья, например, из золошлаковых отходов и пород шахтных терриконов. Золо сухого отбора, золошлаковые смеси и тонкомолотые горелые или перегоревшие шахтные породы можно использовать в бетонах и строительных растворах как активные гидравлические минеральные добавки и микронаполнители. Огромные количества золы и шлака шахтных пород скопилось в отвалах, занимающих ценные земельные угодья и оказывающих негативное действие на окружающую среду. Содержание этих отвалов требует значительных затрат. В то же время золы и шлаки являются материалами, прошедшими высокотемпературную обработку и получившими специфические свойства, предопределяющие возможность их эффективного использования в производстве различных строительных материалов, что подтверждается научными исследованиями и практическим опытом [1–3]. Широкомасштабное использование золошлаковых отходов и шахтных пород в технологии строительных материалов сдерживается неоднородностью их составов, нестабильностью физико-механических свойств, отсутствием эффективного способа разработки техногенных месторождений и недостаточной информации об экологической безопасности отходов. Использованию этого нетрадиционного сырья предшествует доводка его свойств до требуемого качества, разработка технических решений по его утилизации.

Методика

Для использования золошлаковых отходов и горелых пород в технологии строительных материалов проведена комплексная оценка качества техногенного сырья. Для этого выполнены аналитико-лабораторные исследования. Этот подход заключается в получении первичной информации по химическому и вещественному составу сырья. В дальнейшем проведены физико-механические и технологические испытания, по которым дана полная оценка качества сырья в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Применение комплекса физико-химических способов, технологических приемов и оптимизация их действия на механизм структурообразования составляют научные и технологические принципы управления структурой и свойствами строительных материалов на основе золошлаковых отходов и пород шахтных отвалов.

Результаты

В данной работе приведены результаты исследований влияния таких добавок на физико-механические свойства бетонов. Объектом исследований были горелые породы ряда шахтных

отвалов и золошлаковые отходы Новочеркасской ГРЭС. Золошлаковые отходы — продукт сжигания угля в топках котлов при температурах выше 1000 °С, вплоть до 1700 °С. Обжиг пустых шахтных пород происходит в отвале при температурах, близких к 1000 °С. Золошлаковые отходы представлены двумя видами: зола сухого отбора (зола-унос) и золошлаковая смесь совместного гидроудаления золы и шлака, складированная в отвалах. Хорошо обожженные горелые породы однородного сложения, с плотной структурой и гладкой камневидной поверхностью в изломе из отвалов антрацитовых углей отличаются повышенной механической прочностью, стойкостью к истиранию, температурным и атмосферным воздействиям.

Химический состав усредненных проб золошлаковых отходов приведен в табл. 1, а в табл. 2 — горелых пород некоторых шахтных отвалов, находящихся на территории Ростовской области.

Таблица 1

Химический состав золошлаковых отходов, %

Проба	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	Σ (K ₂ O, Na ₂ O)	п.п.п.*
Зола унос	52,45	21,32	7,45	4,96	2,30	0,69	0,98	3,65	5,82
Золошлаковая смесь из отвала	51,52	23,15	6,53	5,75	2,07	0,78	0,94	2,36	6,44

* п.п.п. — потери при прокаливании.

Таблица 2

Химический состав горелых шахтных пород, %

Шахта	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	Σ (K ₂ O, Na ₂ O)	п.п.п.*
им. Комсомольской правды	55,24	21,78	6,25	1,61	1,82	2,17	1,15	4,70	5,26
им. Петровского	55,82	22,84	6,42	1,13	1,44	1,73	1,11	3,85	4,92
им. Воровского	54,77	22,18	7,21	1,16	1,47	2,37	1,18	3,98	5,32
Майская	56,58	21,32	5,75	1,27	2,54	2,78	1,00	4,07	4,32
№ 26	54,33	21,98	6,67	1,33	1,86	2,73	1,12	4,08	5,22
Бургустинская	54,53	23,08	5,85	1,47	1,52	2,58	1,22	3,97	5,40

* п.п.п. — потери при прокаливании.

Химический состав представлен в основном оксидами кремния, алюминия и железа, и исследуемое техногенное сырье относится к кислому, с высоким содержанием красящих оксидов. По химическому, гранулометрическому и фазово-минералогическому составу эти отходы во многом идентичны природному минеральному сырью. Высокозольная породная масса шахтных пород, складированных в терриконах, представлена осадочными породами. Это глины, суглинки, супеси, аргиллиты, алевролиты, песчаники, глинистые и песчаные сланцы, известняки, углистые породы. Составляющая минеральной части угля [4] состоит из кварца, пирита, гипса, глинистых минералов (каолинита, монтмориллонита), а также минералов группы полевых шпатов (плагиоклазов).

При сжигании твердого топлива в котлоагрегатах и в процессе длительного самообжига шахтных пород в отвалах минеральная часть подвергается превращениям, связанным с дегидратацией, диссоциацией, окислением, полиморфными изменениями, спеканием, аморфизацией, кристаллизацией вновь образующихся соединений. При исследовании отходов методами физико-химического анализа установлено, что в золах и горелых породах присут-

ствуют основные группы веществ: кристаллические, аморфные и органические. Аморфная составляющая зол представлена стеклофазой и аморфизованным глинистым веществом. Продукты обжига глинистых минералов в золошлаковых отходах и в горелых породах представлены аморфным кремнеземом и глиноземом, метакеолинитом [5, 6]. Стеклофаза в золах может быть силикатного, алюмосиликатного и железисто-алюмосиликатного состава, в горелых породах в основном мелилитового состава. Но в отличие от зол и шлаков горелые породы почти не содержат стекловидных компонентов и характеризуются высокой сорбционной способностью. В кристаллической фазе исследуемых объектов преобладает кварц, тридимит, присутствуют каолинит, полевые шпаты, кальцит, карбонаты. Железо находится в виде пирита, марказита, гематита. Кристаллическая фаза, кроме слабоизмененных зерен минералов исходного топлива (кварц, полевые шпаты и др. термически устойчивые минералы), включает также кристаллические новообразования, возникшие при сжигании топлива (муллит, гематит, магнетит, силикаты кальция и др.). Рентгенографически (рис. 1, 2) определяются следующие кристаллические минералы:

- β - SiO_2 с $d = 3,35; 2,29; 2,12; 1,82; 1,67 \text{ \AA}$;
- β -кристобалит с $d = 2,81; 2,53; 2,49; 1,59; 1,54 \text{ \AA}$;
- γ -тридимит с $d = 4,29; 3,21; 2,81; 2,49 \text{ \AA}$;
- γ - Al_2O_3 с $d = 2,70; 2,45; 2,29; 1,97 \text{ \AA}$;
- муллит с $d = 2,20; 1,69; 1,59 \text{ \AA}$.

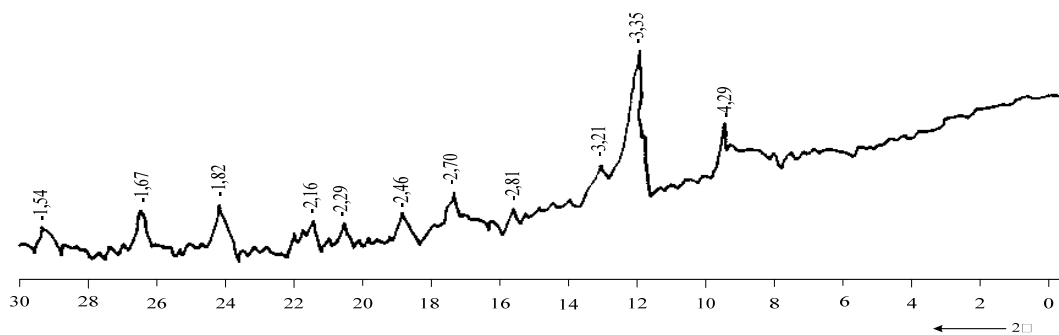


Рис. 1. Рентгенограмма горелой породы

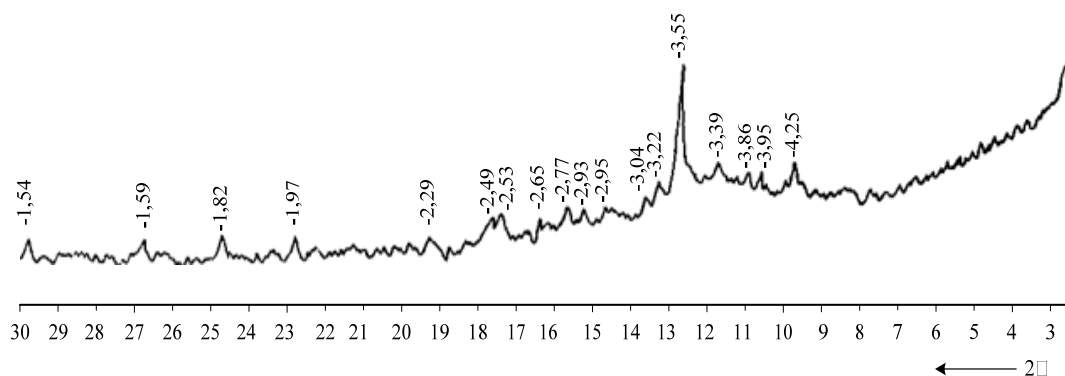


Рис. 2. Рентгенограмма золы уноса

Несгоревшие частицы топлива, присутствующие в качестве примесей, в разной степени метаморфизованы, отличны от исходного состояния и находятся в виде кокса, полукокса и графитизированного углистого вещества. Углистые примеси в виде графитизированных составляющих, близких к графитам, частично переходящих в полукоксковые разновидности, обнаруживаются рентгенографически. О наличии графитизированного углистого вещества можно судить по межплоскостным расстояниям: $d = 2,11; 2,29; 3,03; 3,71$. На термограмме углистого вещества фиксируются пики, характерные для процесса графитизации ($450\text{--}470^\circ\text{C}$) и коксования ($880\text{--}1050^\circ\text{C}$) угля.

Активность является наиболее важным свойством золошлаковых отходов и горелых пород, обуславливающим их применение в составе вяжущих бетонов, керамики. По величине глинисто-железистого модуля, определяемого отношением глинистых оксидов к кремнеземистым и для данных пород находящемуся в пределах $0,4\text{--}0,5$ по классификации Книгиной Г.И. [7, 8], они относятся к I группе, основу которой составляют аргиллиты активные и высоко активные. Активность исследуемого техногенного сырья обусловлена их происхождением. Пуццолановая активность горелых шахтных пород и золошлаковых отходов связана с наличием в них активного глинозема в виде радикалов дегидратированных глинистых минералов (типа метакаолинита) или в виде активных глинозема, кремнезема и железистых соединений, алюмосиликатное стекло. Горелые породы проявляют свойства активного глиниста, а золы — среднеактивной силикатно-железистой добавки. Наибольший эффект в активность зол вносит стеклофаза. Обладающий большой удельной поверхностью метакаолинит активно реагирует с гидроксидом кальция при обычных температурах с образованием гидросиликатов кальция и гидрогеленита по реакции:



Показатель неоднородности состава и свойств техногенного сырья выше неоднородности природного полиминерального сырья. При подготовке и переработке золошлаковых отходов и горелых шахтных пород из них может быть получено кондиционное сырье, пригодное для последующего использования. Одним из способов подготовки неоднородных по составу отходов является перемешивание, дробление и измельчение. Для получения из горелых пород материала требуемой прочности и долговечности необходимо вести их переработку с обогащением по прочности. Удаление слабых пород улучшает прочностные качества остального дробленого материала. Для переработки пород на отвалах устанавливают дробильно-сортировочные комплексы. По результатам многолетних исследований горелых шахтных пород [1] сделан вывод о том, что для получения кондиционной продукции из этого техногенного сырья в технологии переработки должно быть предусмотрено как минимум две стадии дробления. Последующие стадии дробления устанавливаются по мере необходимости.

Золошлаковые отходы представлены двумя видами отходов: тонкодисперсной золы сухого отбора (зола-унос) с удельной поверхностью не менее 250 кг/м^2 и золошлаковой смесью. Усреднение последней происходит при отборе с золоотвала. Применение золы уноса и золошлаковой смеси в бетонах регламентировано ГОСТами на это техногенное сырье. На заполнители из горелых пород действуют технические условия.

В золошлаковой смеси содержится до 30 % золы уноса. Модуль крупности используемой золошлаковой смеси — $2,2\text{--}2,7$. Золошлаковая смесь по сравнению с песком, используемым в бетонах, обладает рядом преимуществ. В ней нет глинистых и илистых и других засоряющих примесей. По зерновому составу золошлаковую смесь можно квалифицировать как крупнозернистый заполнитель, модуль крупности, как правило, выше двух.

Исходные горелые породы подвергались дроблению для получения фракционированного заполнителя и измельчению — для тонкодисперсной фракции. Тонкодисперсная зола сухого отбора или горелая порода в составах бетонных композиций использовались как тонкомоло-

тая добавка к цементу. Золошлаковая смесь и дробленая фракционированная горелая порода – как заполнитель. В эксперименте использовался цемент марки «500» завода «Пролетарий» (г. Новороссийск). В бетонных смесях использовали заполнители из горелых пород фракций (мм): св. 5 до 10; от 5 до 20; св. 20 до 40. Показатели качества щебня приведены в табл. 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства заполнителей из горелых шахтных пород

Показатели	Фракция, мм		
	св. 5 до 10	от 5 до 20	св. 20 до 40
Насыпной вес, кг/м ³	1210–1290	1230–1260	1140–1170
Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, %	16,5–25,0	13,0–21,0	9,5–11,3
Содержание зерен слабых пород, %	2,5–8,0	3,1–7,7	1,5–6,8
Прочность, марка	1000–1200	1000–1200	800–1200
Морозостойкость, марка	F50	F100	F100
Истираемость, марка	И1	И1	И1
Стойкость против всех видов распада, потеря массы, %	0,4–0,9	0,7–1,1	0,3–0,6
Водостойкость, потеря массы, %	B1; B2	B1; B2	B1; B2

Заполнители из горелых шахтных пород по качеству не уступают аналогичной продукции из традиционно используемого сырья, и даже имеют некоторые преимущества: практически не содержат илистых и глинистых частиц и других засоряющих примесей; глины в комках. В щебне содержатся частицы кубовидной формы, а также пластинчатые и игловатые. Но содержание последних не превышает нормативных требований. Наличие игловатых частиц создает армирующий эффект в бетонной смеси. Поверхность частиц неокатанная, рваная, шероховатая, чистая, т.е. на поверхности частиц не содержатся глинистые и другие засоряющие примеси. Эта особенность таких заполнителей повышает сцепление частиц щебня с вяжущими материалами неорганического и органического происхождения. В результате термического воздействия частицы породы приобрели пористое строение. Однако низкие значения водопоглощения свидетельствуют о том, что большинство пор у частиц щебня имеет закрытый характер. С наличием пористости связана пониженная, в сравнении с природным щебнем, насыпная плотность, повышенная сорбционная способность по отношению к вяжущему.

В щебне не содержатся примеси и компоненты, относимые к вредным примесям, могут присутствовать несгоревшие частицы топлива. Невыгоревшие частицы в породе представляют собой устойчивые к атмосферным влияниям ококованные частицы, которые не претерпевают превращений и не вызывают объемных изменений. По составу они отличны от исходного топлива и состоят из продуктов коксования (полукоксовые и коксовые остатки). Они стойки против окисления и долговечны при воздействии влаги и перепада температуры. Щебень выдерживает испытания на устойчивость структуры против всех видов распада (железистого и силикатного).

У тонкоизмельченных добавок велико значение физико-химической активности из-за чрезвычайно развитой поверхности и появления дополнительных активных центров. В процессе измельчения происходит механическая и химическая активация вещества, повышается его реакционная способность. При помолке любого вещества энергия, затрачиваемая на его измельчение, расходуется на разрыв химических связей в кристалле и создание новых поверхностей, на изменение структуры твердого тела – его аморфизацию и образование в

кристаллах дефектов [9]. На поверхности частиц золы и горелых пород при измельчении появляются дополнительные центры различной природы и силы, которые в зависимости от условий могут участвовать в различных стадиях адсорбционных и каталитических превращений. Тонкодисперсную золу уноса или горелую породу использовали как компонент к вяжущему. Это позволяло снизить расход цемента в составе бетона. Добавки золы или молотой горелой породы влияют на процесс структурообразования цементного камня, который условно делится на три периода: первоначальный (индукционный), следующий непосредственно за затворением цементного теста водой; второй (коагуляционный) – схватывание и третий – период твердения и образования конденсационно-кристаллизационной и кристаллической структуры.

Кинетику набора прочности вяжущих веществ при взаимодействии с водой в начальный период можно характеризовать изменением пластической прочности цементного теста во времени, а в более поздние сроки – непосредственно прочностью при сжатии образцов цементного камня. На рис. 3 приведена кинетика твердения цементного камня и золоцементной смеси, в которой 20 % цемента по отношению к контролю заменено золой. Следует отметить, что характер твердения золоцементной смеси принципиально не отличается от набора прочности цементным камнем. Отличие состоит лишь в количественных значениях пластической прочности и прочности при сжатии исследуемых систем и в продолжительности периодов структурообразования. Для золоцементной смеси характерно медленное нарастание прочности, как в первоначальный период (рис. 3а), так и в последующие сроки твердения (рис. 3б). Начальный период структурообразования заканчивается примерно на вторые сутки. Далее происходит упрочнение структуры, но менее интенсивное, чем у контрольного образца.

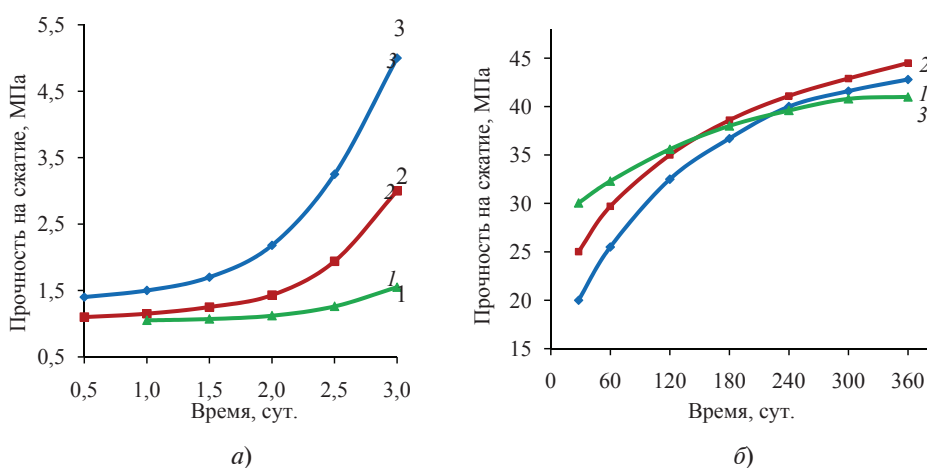


Рис. 3. Кинетика твердения вяжущих

а – начальный период; б – длительный период:

1 – цемент: зола = 80:20 (%); 2 – то же с добавкой хлористого кальция;
3 – цемент (контроль)

У контрольного образца, начиная примерно с 10-х суток, наступает период стабилизации набора прочности. Золоцементные смеси не достигают этого периода и к 28 суткам, набор прочности у этих смесей продолжается. Добавки ускорителей твердения, например, хлористого кальция, существенно не изменяют характер протекания процессов структурообразования, изменяя лишь количественные характеристики. Одна из особенностей добавок, проявляющих свойства пуццоланов, заключается в медленном наборе прочности при твердении

в смеси с цементом в начальный период и продолжении роста прочности в течение длительного времени (рис. 3б). Способность минеральных тонкодисперсных добавок из золы и горелой шахтной породы проявлять активность являются основой для использования их в составе вяжущих, бетонов, растворов, мастик и других композиций. При твердении такого вяжущего создается оптимальная плотная и более долговечная структура цементного камня (рис. 4), способствуя получению плотного, прочного, атмосферо- и коррозионностойкого цементного камня при сокращенном расходе цемента.

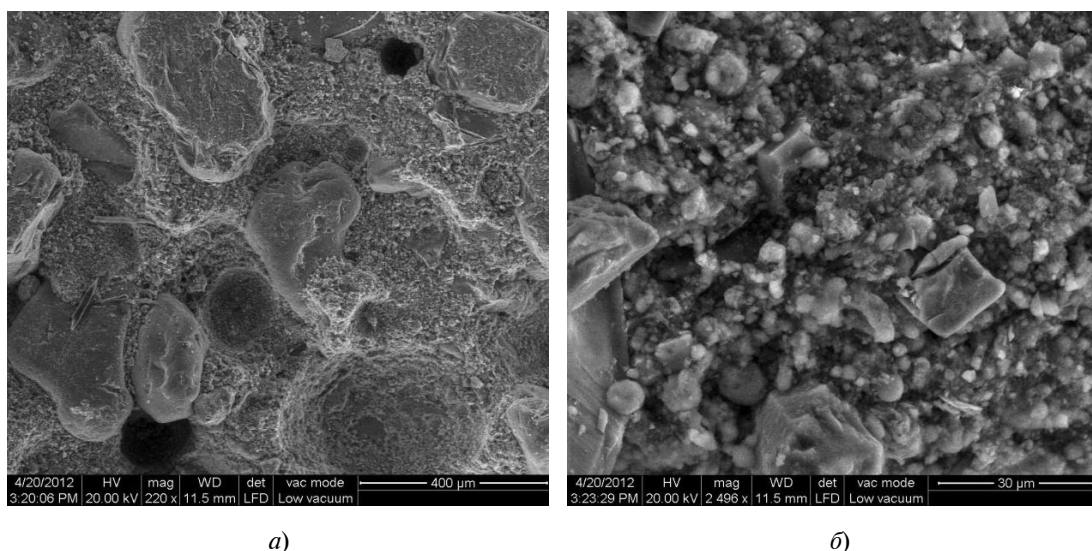


Рис. 4. Микроструктура цементного камня, содержащего золу уноса

а – увеличение – 220х; разрешение – 400 μm;
б – увеличение – 2496х; разрешение – 30 μm

На заполнителях из горелых пород и золошлаковой смеси с тонкомолотыми добавками были подобраны составы бетонов, используемые в шахтном строительстве как бетонная крепь. В составе бетона тонкомолотые добавки с удельной поверхностью не менее 300 м²/кг заменяют часть цемента. Их действие двояко. Во-первых, являясь микрозаполнителем такие добавки улучшают гранулометрический состав и увеличивают число контактов в композиции, способствуют повышению плотности бетона. Во-вторых, проявляя пуццоланические свойства, добавки участвуют в синтезе новообразований и формировании структуры системы.

На рис. 5 показано изменение прочности золобетона различных марок от содержания золы в составе бетона. Рекомендовано два вида такого бетона: бетон с традиционными заполнителями и мелкозернистый бетон без песка и щебня. В таком бетоне зола уноса заменяет часть цемента, а золошлак используется как мелкозернистый заполнитель. Совместное влияние пластифицирующего и упрочняющего факторов способствует не только снижению расхода цемента, но и повышению связанности и уменьшению расслаиваемости бетонной смеси. В присутствии золы сухого отбора достигаются высокая подвижность и хорошая укладываемость бетонной смеси. Мелкозернистый заполнитель из золошлаковой смеси обеспечивает стабильность и однородность бетонной смеси. Все перечисленные особенности золобетона придают ему свойства литого бетона и значительно облегчают транспортирование бетонной смеси по бетонопроводу и укладку ее в опалубку.

В лабораторных условиях были подобраны составы золобетона со щебнем и мелкозернистым заполнителем. Снижение расхода цемента по сравнению с контролем составляло

15–35%. Технологический процесс монолитного бетонирования отрабатывали на модельной установке, имитирующей условия, аналогичные условиям на производстве. Снятие опалубки на модельной установке производили через 6 часов после начала бетонирования. Параллельно производилось испытание контрольных кубов. Прочность при сжатии через 6 часов составляла для золобетона со щебнем 1,20–1,30 МПа, для мелкозернистого золобетона – 0,8–0,9 МПа. При визуальном осмотре мелкозернистый золобетон на модельной установке выглядит плотным, хорошо схватившимся, достаточно прочным для снятия опалубки.

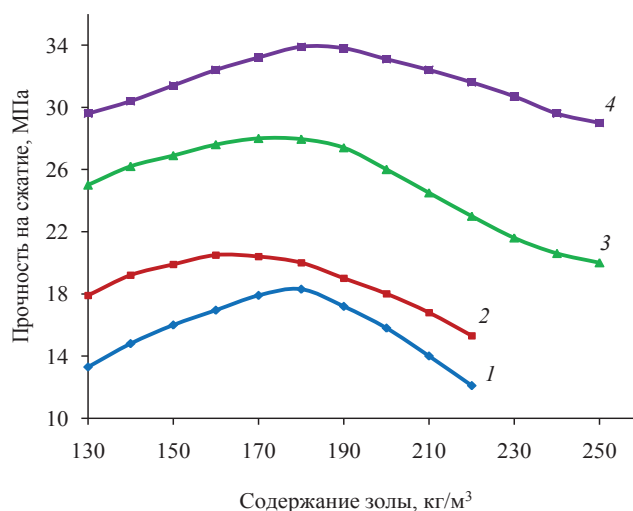


Рис. 5. Зависимость прочности бетона различных классов от содержания золы уноса
1 – В7,5; 2 – В12,5; 3 – В15; 4 – В22,5

Из всех опробованных составов мелкозернистый золобетон с 30%-ной заменой цемента имеет наилучшие физико-механические характеристики. Испытание мелкозернистого шахтного золобетона было проведено при монолитном бетонировании крепи восточного вентиляционного ствола № 2 шахты им. Октябрьской революции (Ростовская область). Для бетонирования опытной заходки высотой 4 м (диаметр ствола 6 м) использовали золу сухого отбора и золошлаковую смесь из гидроотвалов. Начало заходки было забетонировано золобетоном (примерно 6 м³), содержащим крупный заполнитель — щебень и золошлаковую смесь вместо песка. Расход цемента снижен на 30% (143 кг на 1 м³). Остальные 20 м³ бетона для бетонирования заходки были изготовлены из мелкозернистого золобетона. Основные компоненты мелкозернистого золобетона: цемент, зола-унос, золошлак. Экономия цемента — 30%, песка и щебня — 100%. В мелкозернистом золобетоне полностью исключается песок и щебень, а заполнителем является золошлак. Модуль крупности золошлака — 2,2. Технология приготовления золобетона для монолитного бетонирования аналогична технологии приготовления обычного бетона. Подвижность бетонной смеси по осадке конуса — 15И–16М, проектная марка бетона по прочности на сжатие 200 (класс бетона В15), по водонепроницаемости — не менее W2. Через сутки после бетонирования произведен отрыв опалубки, при этом отклонений от традиционной технологии бетонирования не наблюдалось. Опалубку полностью сняли через 7 суток в соответствии с регламентом проходки ствола. Бетон при простукивании «звенит». Испытание золобетона в стволе спустя 28 суток после бетонирования произведено неразрушающим методом контроля. Статистическая обработка контрольных

измерений на разных отметках заходки показала, что уложенный мелкозернистый золобетон имеет среднюю прочность при сжатии 21,3 МПа, что соответствует классу бетона по прочности В15. Параллельно проведенные контрольные испытания обычного бетона в этом стволе также показали бетон по прочности на сжатие класса В15. Следует иметь в виду, что золобетон твердеет медленнее, но более длительное время продолжает набирать прочность в сравнении с обычным бетоном. Поэтому установленная на период 28 суток прочность золобетона еще не окончательна. Одновременно с возведением шахтной крепи был осуществлен на предприятиях стройиндустрии Ростовской области выпуск изделий из золо- и горелопородного бетона для промышленного и гражданского строительства и элементов шахтной крепи, проведены их испытания. В табл. 4 представлены данные по физико-механическим свойствам бетонов на заполнителях из горелых шахтных пород отвала шахты № 26. Набор прочности происходил при пропаривании по режиму заводской технологии и в условиях нормального твердения. Испытание физико-механических свойств и качества бетонов проверяли на образцах-кубах и цилиндрах и изделий на стендах из бетона того же состава и технологии изготовления, что и изделия.

При испытании контрольных образцов и изделий на стендах установлено, что бетоны на заполнителях из горелых пород после термообработки превышают величину отпускной прочности и имеют прирост прочности после достижения проектной до 20 %. Превышение разрушающей нагрузки для затяжки составляет не менее 10 % от заданной величины. Через три месяца хранения изделий на открытом складе для бетонов различных марок прирост прочности составил от 7 до 25 %. По отпускной прочности, трещиностойкости испытываемые изделия превосходят базовый образец. По водонепроницаемости бетоны имеют марку W4.

Применение заполнителей из горелых пород позволило снизить расход цемента без ухудшения свойств и качества изделий в бетонах марок 100 и 150 до 30 %, марок 200 и 300 — до 10 %. Кессонная затяжка из горелопородного бетона была испытана в шахте. Наблюдения велись в течение полугода. В результате проведенных шахтных испытаний установлено, что бетон, изготовленный с использованием заполнителей из горелых пород, пригоден для изготовления элементов шахтной крепи и применением их в горных выработках.

В табл. 5 приведены значения прочности кессонной затяжки из золобетона нескольких составов, испытанной на специальном стенде. Прочностные и деформативные свойства кессонной затяжки из золобетона соответствуют нормативным требованиям. Экономия цемента составила от 50 до 120 кг/м³. Испытания образцов и изделий из бетонов, горелые шахтные породы и золошлаковые отходы, подтвердили эффективность применения таких бетонов в шахтном строительстве. В проводимых исследованиях неоднократно проверялись морозостойкость и водонепроницаемость бетонов с добавками золы и горелой породы. Все исследуемые составы выдерживали испытания на морозостойкость, значения зачастую превышали проектную марку, коэффициент морозостойкости был на 11–23 % выше, чем у контрольных составов. По морозостойкости получены бетоны марок от F50 до F300, по водонепроницаемости — от W2 до W10.

Обсуждение

Согласно классическим представлениям [10, 11] на поверхности минеральных материалов обязательно имеются льюисовские кислотные и основные бренстедовские активные поверхностные центры. С учетом этого положения поверхность частиц кислых кремнеземсодержащих горелых пород и золошлаковых минеральных материалов не является инертной по отношению к вяжущим. Кроме тончайших коллоидных пленок оксидов и гидроксидов и аморфного кремнезема, необходимо учитывать и наличие активных поверхностных центров, которые могут адсорбировать продукты гидролиза вяжущего и за счет этого обеспечивать прочные адгезионные контакты между вяжущим и поверхностью минеральных материалов. Таким образом, частицы заполнителей из горелых пород и золошлаковых смесей активно участвуют в формировании структуры бетонных композиций.

Таблица 4

Физико-механические свойства горелопородного бетона для изделий шахтной крепи

Изделие, класс бетона, осадка конуса	Прочность на сжатие, МПа				Водонепро- ницаемость, марка	Морозо- стойкость, марка
	пропари- вание	условия нормального твердения, сут.				
		28	60	180		
Затяжка В22,5 ОК 1 см	27,0 (90)	33,0	39,4	41,4	W4	F300
Элементы шахтной креп В22,5 ОК 1 см	22,5 (75)	31,2	35,5	37,7	W4	F300
Лотки В15 ОК 1 см	17,8 (89)	22,5	24,7	26,9	W4	F300
Плиты перекрытий В15 ОК 1 см	16,8 (84)	23,0	25,3	27,8	W4	F300
Бетониты, блоки стен подвалов В10 ОК 1—2 см	12,3 (82)	15,9	16,8	17,3	W2	F50

Примечание: Отпускная прочность бетона у всех изделий 70%. В скобках приведен фактически полученный процент прочности бетона от проектной марки.

Таблица 5

Прочность при изгибе кессонной затяжки из золобетона

Состав бетона, кг/м ³						Прочность при изгибе, МПа	Экономия цемента, %
цемент	зола-унос	песок	золошлак	щебень	вода		
415	—	473	—	1263	200	45,7	—
353	150	452	—	1236	200	32,5	15
353	—	—	1788	—	180	39,5	15
332	—	—	473	1206	215	39,5	20
290	150	—	1701	—	195	38,1	30
415	—	—	1726	—	195	40,1	—

Тонкодисперсные гидравлические добавки (зола уноса, молотая горелая порода), проявляющие свойства пуццоланов, в бетонной смеси являются микронаполнителем и активатором цемента. С их наличием увеличивается объем цементного теста. Гидравлические тонкомолотые добавки, как микронаполнитель, заполняют пустоту и вступают во взаимодействие с продуктами гидратации цемента, связывая гидроксид кальция, выделяющийся при гидратации цемента. За счет адсорбционных, молекулярных и капиллярных сил на поверхности заполнителя происходит формирование плотной и прочной контактной зоны между заполнителем и цементным камнем. В присутствии активных тонкодисперсных добавок пуццоланического характера усиливается степень гидратации цемента, увеличивается количество новообразований. Стесненные условия («эффект мелких порошков» [12]) способствует заполнению пустот, уплотнению структуры, которое происходит при кристаллизации на мелких частицах, располагающихся в порах цементного камня. Увеличение степени гидратации цемента в присутствии золы и горелой породы связано не только с их пуццоланическими

свойствами, он и с тем, что тонкодисперсные частиц этих добавок являются центрами кристаллизации, располагающихся в порах цементного камня. Действие минеральных добавок обусловлено микроармированием цементного камня и межфазным взаимодействием цементный камень — минеральная добавка. На их поверхности, как и на поверхности частиц активного заполнителя, как на подложке, выкристаллизовываются гидратные новообразования. В результате увеличивается число контактов между отдельными гидратами, что способствует формированию более плотной и очень прочной структуры, стойкой к различным внешним воздействиям и перепадам температур.

По теории структурообразования [13] на первом этапе формируется каркас структуры коагуляционного типа. В дальнейшем происходит срастание между кристаллами новообразований, их рост и превращение в конденсационно-кристаллизационные структуры повышенной прочности и долговечности. Структура становится более равномерной и плотной. Установлено [14], что наибольшей прочностью из гидратных соединений обладают кристаллы низкоосновных гидросиликатов типа C-S-H (I). При этом следует отметить, что в присутствии добавок фазовый состав новообразований существенно не изменяется. Однако происходит увеличение количества новообразований, что фиксируется рентгенографически по интенсивности пиков гидросиликатов.

Заключение

Использование тонкозернистых микрозаполнителей и заполнителей позволяет получить высококачественную тонкозернистую плотную структуру бетона. Чем меньше зерна новообразований и размеры пор между ними, тем выше прочность бетона и другие его характеристики, влияющие на долговечность бетона [4]. Чем совершеннее структура бетона, тем менее вероятно накопление локальных зон деструкции в бетоне с образованием трещин при различных переменных нагрузках или климатических воздействиях, например, при попеременном замораживании и оттаивании, воздействии агрессивных сред и т.п. Улучшение физико-механических свойств бетонов с применением золошлаковых отходов или горелых шахтных пород подтверждаются практикой применения изделий из таких бетонов.

Строительная продукция на основе золошлаковых отходов и пород шахтных отвалов с высокими показателями свойств и качества сможет вытеснить аналогичную продукцию, изготовленную из природных материалов. Это вполне возможно, но не сразу, поскольку новой продукции еще надо завоевать свое место на рынке товаров. При этом надо проявить активность в конкурентной борьбе при ее продвижении к покупателю. Неготовность потенциальных потребителей золошлаковых отходов и пород шахтных отвалов к этой борьбе может стать сдерживающим фактором при замене природных материалов на техногенное сырье.

Работа выполнена по заданию Минобрнауки РФ по проекту № БЧ011011/2017-20.

Список литературы

1. Буравчук Н.И., Рутков К.И. Переработка и использование отходов добычи и сжигания углей. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ. 1997. 224 с.
2. Буравчук Н.И. Ресурсосбережение в технологии строительных материалов. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. 2009. 224 с.
3. Буравчук Н.И., Будницкий В.М., Бражников В.Ф., Мелентьев С.А. Ресурсосбережение в технологии вяжущих и бетонов. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 1999. 176 с.
4. Подгаецкий А.В., Зубенко А.В. Комплексное исследование минеральной части углей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2005. С. 117–118.
5. Нефедов А.П., Кривобородов Ю.Р., Коссов Д.Ю. Использование метакеолина при производстве цемента // Тр. IV Международной конференции по бетону и железобетону. М.: МГСУ. 2014. Т. IV С. 122–128.

6. Mansour M., Abadla M., Jauberthie R., Messaoudene J. Metakaolin as a pozzolan for high performance mortar // Cement, Warno, Beton. 2012. Pp. 102–108.
7. Книгина Г.И., Завадский В.Ф. Микрокалориметрия минерального сырья в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат. 1987. 144 с.
8. Книгина Г.И. Строительные материалы из горелых пород. М.: Стройиздат. 1966. 206 с.
9. Кузьмина В.П. Механоактивация цементов // Строительные материалы. 2006. № 7. Приложение к журналу «Строительные материалы» № 5. 2006. «Technolog». С. 7–9.
10. Айлер Р. Химия кремнезема. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Ч. 2712 с.
11. Танабе К. Твердые кислоты и основания. М.: Мир, 1973. 183 с.
12. Ли Ф.М. Химия цемента и бетона. М.: Госстройиздат, 1961. 645 с.
13. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избр. труды. М.: Наука, 1979. 388 с.
14. Бабков В.В., Сахибгариев Р.Р., Чуйкин Н.Е. Особенности структурообразования высокопрочного цементного камня в условиях длительного твердения // Строительные материалы. 2013. № 10. С. 23–25.

References

1. Buravchuk N.I., Rutkov K.I. (1997) *Pererabotka i ispol'zovanie otkhodov dobychi i szhiganiya ugley* [Processing and use of coal mining waste and incineration] *Izd-vo SKNTs* [Publishing house SKNTS]. Rostov-on-Don. P. 224.
2. Buravchuk N.I. (2009) *Resursosberezhenie v tekhnologii stroitel'nykh materialov* [Resource-saving in building materials technology] *Izd-vo YuFU* [Publishing house SFU]. Rostov-on-Don. P. 224.
3. Buravchuk N.I., Budnitsky V.M., Brazhnikov V.F., Melentiev S.A. (1999) *Resursosberezhenie v tekhnologii vyazhushchikh i betonov* [Resource-saving in the technology of binders and concretes] *Izd-vo SKNTs VSh* [Publishing House SKNTS VS]. Rostov-on-Don. P. 176.
4. Podgaetsky A.V., Zubenko A.V. (2005) *Kompleksnoe issledovanie mineral'noy chasti ugley* [A complex study of the mineral part of coals] *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)* [Mining information-analytical bulletin (scientific and technical journal)]. Pp. 117–118.
5. Nefedov A.P., Krivoborodov Yu.R., Kossov D.Yu. (2014) *Ispol'zovanie metakaolina pri proizvodstve tsementa* [Use of metakaolin in the production of cement] *Tr. IV Mezhdunarodnoy konferentsii po betonu i zhelezobetonu MGSU* [Tr. IV International Conference on Concrete and Reinforced Concrete. MGSU. T. IV]. Moscow. Pp. 122–128.
6. Mansour M., Abdala M., Jauberthie R., Messaoudene J. (2012) Metakaolin as a pozzolan for high performance mortar. Cement, Warno, Beton, pp. 102–108.
7. Knigina G.I., Zavatsky V.F. (1987) *Mikrokalorimetriya mineral'nogo syr'ya v proizvodstve stroitel'nykh materialov* [Microcalorimetry of mineral raw materials in the production of building materials] *Stroyizdat* [Stroyizdat]. Moscow. P. 144.
8. Knigina G.I. (1966) *Stroitel'nye materialy iz gorelykh porod* [Building materials from burnt rocks] *Stroyizdat* [Stroyizdat]. Moscow. P. 206.
9. Kuzmina V.P. (2006) *Mekhanoaktivatsiya tsementov* [Mechanoactivation of cements] *Prilozhenie k zhurnalu «Stroitel'nye materialy» No. 5. 2006. «Technolog»* [Building materials. Appendix to the magazine «Building Materials» No. 5. «Technolog»]. Moscow. No. 7. Pp. 7–9.
10. Ailer R. (1982) *Khimiya kremnezema* [Chemistry of silica] *Per. s angl. Mir* [Translation from English. Mir]. Moscow. P. 2712.
11. Tanabe K. (1973) *Tverdye kisloty i osnovaniya* [Solid acids and bases] *Mir* [Mir]. Moscow. P. 183.
12. Lee F.M. (1961) *Khimiya tsementa i betona* [Chemistry of Cement and Concrete] *Gosstroyizdat* [Gosstroyizdat]. Moscow. P. 645.
13. Rebinder P.A. (1979) *Poverkhnostnye yavleniya v dispersnykh sistemakh* [Surface phenomena in disperse systems] *Fiziko-khimicheskaya mekhanika. Izbr. trudy. Nauka* [Physico-chemical mechanics. Selected works. Nauka]. Moscow. P. 388.

14. Babkov V.V., Sakhibgariev R.R., Chuykin N.E. (2013) *Osobennosti strukturoobrazovaniya vysokoprochnogo tsementnogo kamnya v usloviyakh dlitel'nogo tverdeniya* [Features of the structure formation of high-strength cement stone in conditions of prolonged hardening] *Stroitel'nye materialy* [Building materials]. No. 10. Pp. 23–25.

НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ УЧАСТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМИССИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ «МЕЖВЕДОМСТВЕННАЯ ПРОГРАММА КООРДИНАЦИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ, ПОИСКОВЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНТЕРЕСАХ ОБОРОНЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА»

А.Б. Логунов, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. воен. наук, logunov@extech.ru

Д.В. Ольшевский, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, olsh@extech.ru

А.В. Гренчихин, ст. научн. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, agseaman@extech.ru

В настоящей статье проводится анализ практических вопросов участия образовательных организаций высшего образования в реализации программы Военно-промышленной комиссии Российской Федерации «Межведомственная программа координации фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в интересах обороны и обеспечения безопасности государства». Показан механизм осуществления обмена информацией о результатах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ между научными и образовательными организациями Минобрнауки и Минобороны России.

Ключевые слова: научно-техническая политика, технологии военного и двойного назначения, Межведомственная программа координации фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, Военно-промышленная комиссия Российской Федерации, оборонно-промышленный комплекс (ОПК), научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

ANALYSIS OF PRACTICAL ISSUES OF PARTICIPATION OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION IN THE IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM OF THE MILITARY-INDUSTRIAL COMMISSION OF THE RUSSIAN FEDERATION «INTERDEPARTMENTAL PROGRAM OF COORDINATION OF FUNDAMENTAL, EXPLORATORY AND APPLIED RESEARCH IN THE INTERESTS OF DEFENSE AND SECURITY OF THE STATE»

A.B. Logunov, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Military Sciences, logunov@extech.ru

D.V. Olszewski, Head of Department, SRI FRCEC, olsh@extech.ru

A.V. Grenchikhin, Senior Researcher, SRI FRCEC, agseaman@extech.ru

The article considers the need for interdepartmental coordination on the implementation of fundamental, exploratory and applied research and consolidation of their results, carried out under the programs of various Federal Executive bodies, in a single scientific and technological reserve in the interests of defense and security of the state. The mechanism of collecting and analyzing information on the results of research and development work of military and dual-purpose educational organizations of higher education of the Ministry of Education and Science of Russia is shown.

Keywords: scientific and technological reserve, military and dual-use technologies, armament, military and special equipment, Interdepartmental program of coordination of fundamental, exploratory and applied research, Military-Industrial Commission of the Russian Federation, Military-Industrial complex, research and development (R&D) work.

Проводимый на систематической основе в НИИ РИНКЦЭ мониторинг и анализ научно-технических разработок ведущих промышленных стран в военной сфере показывает, что появление новых технологических решений в различных областях определяет неизбежность замещения многих прежних технических и технологических решений в финальных изделиях и системах оборонного и гражданского назначения. Это заставляет ведущие индустриальные страны формировать на базе перспективных технологий новые отрасли и подотрасли промышленности для ускоренного выхода на рынок с изделиями, несопоставимыми по ТТХ с существующими.

В этих условиях развитие систем вооружений, военной и специальной техники (ВВСТ) в Российской Федерации в значительной степени ориентировано на создание качественно новых образцов и систем, в том числе на новых физических принципах (оптоэлектронных, кинетических, гиперзвуковых, робототехнических, квантовых). А их разработка во многом определяется наличием целостного научно-технического задела (НТЗ). Формирование НТЗ является фундаментальным основанием разработки новейших систем и образцов вооружения.

В общем виде НТЗ представляет собой совокупность результатов фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований, прикладных и технологических научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКТР), выполненных в интересах модернизации существующих, создания и производства принципиально новых образцов вооружения, военной и специальной техники [1].

Для каждого этапа планирования развития ВВСТ необходимо обеспечивать опережающую подготовку НТЗ по ключевым научным направлениям и технологиям, на основе которых могут быть созданы принципиально новые виды техники или последующие поколения средств вооруженной борьбы в интересах обеспечения безопасности государства. Переход на новый качественный уровень возможен только путем отбора для последующей реализации научно-технических достижений, отвечающих комплексу условий и критериев как по требованиям со стороны заказчика, так и по уровню их готовности к реализации в опытно-конструкторских работах [2].

Учитывая тот факт, что стоимость работ на каждой последующей стадии жизненного цикла ВВСТ возрастает примерно на порядок, накопление научно-технических результатов на ранних стадиях развития ВВСТ всегда предпочтительнее, чем на более поздних. Обусловлено это тем, что, с одной стороны, отказ от реализации неэффективных проектов на ранних стадиях менее затратен, а с другой — результаты этих стадий имеют более высокий потенциал широкого (универсального) использования, чем научно-технические решения, полученные в последующем [2].

В Российской Федерации были разработаны нормативные документы, определяющие приоритетные направления создания НТЗ для перспективных ВВСТ. Это в первую очередь «Перечень базовых и критических военных технологий на период до 2025 года» и «Перечень приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2025 года» [3].

В составе действующей редакции перечня критических технологий Российской Федерации позицию «Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания пер-

спективных видов вооружения, военной и специальной техники» раскрывают следующие ведомственные документы:

- в Минобороны России – перечень базовых и критических военных технологий;
- в Минпромторге России – перечень базовых и критических промышленных технологий;
- в ФСБ России – перечень базовых и критических специальных технологий.

Перечень базовых и критических военных технологий является основным нормативным документом, определяющим приоритетные направления создания научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения, и обеспечивает решение следующих основных задач:

- формирование технологической программы реализации мероприятий Государственной программы вооружения (ГПВ);
- обоснование ассигнований, необходимых на создание оборонных технологий;
- контроль выполнения программных мероприятий;
- трансфер и коммерциализация технологий прорывного характера.

Действующая редакция перечня базовых и критических военных технологий на период до 2025 г. содержит 9 базовых, 48 критических и 293 военные технологии (табл. 1). По каждой военной технологии содержится подробное описание в виде паспорта, отражающее ее направленность, критические характеристики, уровень готовности, ориентировочную стоимость и другие параметры, необходимые для дальнейшего использования при подготовке проектов ГПВ и гособоронзаказов.

В зависимости от уровня готовности и степени риска получения положительных результатов реализацию включенных в перечень технологий предполагается осуществлять в рамках различных программ, включая:

- программу развития базовых военных технологий государственной программы вооружения;
- федеральную целевую программу «Развитие оборонно-промышленного комплекса на 2011–2020 годы»;
- проекты Фонда перспективных исследований.

В Минобороны России исследования в интересах реализации перечня базовых и критических военных технологий выполняются по заказу Управления перспективных межвидовых исследований и специальных проектов по следующим основным направлениям:

- беспилотные летательные аппараты;
- средства радиоэлектронной борьбы;
- межвидовые и общесистемные исследования по развитию ВВСТ;
- нетрадиционное вооружение (лазерное, СВЧ-, высокоскоростное кинетическое, нелетальное, гиперзвуковое оружие);
- робототехнические комплексы межвидового применения;
- специальные средства [3].

В настоящее время в Российской Федерации фундаментальные, поисковые и прикладные исследования (ФППИ) в области обороны и обеспечения безопасности государства, а также исследования, имеющие перспективы двойного назначения, планируются и проводятся в рамках различных научно-технологических программ по заказам федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ), государственных корпораций и ряда научных фондов [4].

Проблема состоит, в частности, в недостаточной межведомственной координации и «неточном» финансировании. Еще одна проблема – разобщенность разработчиков, их конкуренция за государственные субсидии и гранты. Попытки создания многих программ, требующих межведомственного взаимодействия, при отсутствии целевого финансирования и

координации превращаются в «декларации о намерениях», прежде всего из-за распыления усилий ФОИВ, академической и прикладной науки и институтов развития. При этом реальные организационные усилия зачастую носят инициативный характер «снизу», в частности, со стороны многочисленных советов и рабочих групп по предметным областям промышленного развития при ФОИВ и консультационных органах при Президенте и Правительстве РФ (например, рабочих групп при Научно-техническом совете (НТС) ВПК).

Таблица 1

Перечень базовых и критических военных технологий на период до 2025 года

№ п/п	Перечень базовых технологий	Количество критических военных технологий	Количество военных технологий
1	Поражение живой силы, военных объектов, объектов инфраструктуры, вооружения, военной и специальной техники	10	64
2	Защита войск, военных объектов, объектов инфраструктуры, вооружения, военной и специальной техники	3	28
3	Обеспечение мобильности, маневра силами и средствами, перемещение и доставка к цели средств поражения и информационных средств	4	42
4	Разведка и освещение обстановки	6	40
5	Навигация и целеуказание	5	15
6	Управление войсками (силами) и боевыми средствами (оружием)	7	36
7	Обеспечение действий и жизнедеятельности личного состава в штатных и экстремальных условиях	3	14
8	Эксплуатация и восстановление вооружения, военной и специальной техники	6	33
9	Обеспечение развития и применения вооружения, военной и специальной техники	4	21

Следует особо выделить тот факт, что планирование и проведение перспективных исследований, не учитывает потенциальную возможность использования ожидаемых к получению результатов в смежных областях науки и техники, не предусматривает проведение анализа на предмет дублирования с работами, проводимыми в рамках различных государственных, федеральных и ведомственных целевых программ, а также не в полной мере учитывает потребности Российской Федерации в решении задачи обороны и обеспечения безопасности государства.

На исправление сложившегося положения направлено формирование и исполнение Межведомственной координационной программы (МКП), решение о формировании и реализации которой было принято Коллегией Военно-промышленной комиссии Российской Федерации. Программа является инструментом межведомственного взаимодействия по планированию программных элементов ФОИВ, корпораций и институтов развития по выполнению фундаментальных, поисковых и прикладных исследований и консолидации их результатов в единый научно-технический задел в интересах обороны и обеспечения безопасности государства.

Для реализации указанного решения научно-техническим советом (НТС) ВПК с учетом заинтересованных ФОИВ, государственных корпораций и фондов разработано Положение о межведомственной координационной программе, одобренное Коллегией ВПК РФ.

В соответствии с Положением о МКП ее основной целью является повышение эффективности мероприятий, предусмотренных государственной программой вооружения (ГПВ), за счет обеспечения межведомственной координации мероприятий с другими государственными, федеральными и ведомственными целевыми программами и планами фундаментальных, поисковых и прикладных исследований.

Основными задачами МКП являются:

- обоснование и установление взаимоувязанных приоритетов в развитии научно-технического и производственно-технологического заделов;
- оптимизация состава и содержания планируемых (выполняемых) мероприятий государственных, федеральных и ведомственных целевых программ и планов фундаментальных, поисковых и прикладных исследований;
- научно-методическая и нормативная правовая регламентация механизма взаимной увязки программных мероприятий;
- концентрация научных, финансовых и материальных ресурсов на приоритетных направлениях развития системы вооружения и оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации (ОПК).

МКП должна преодолеть:

- нормативные особенности формирования программ и планов у ФОИВ, госкорпораций и научных фондов;
- различия форматов представления информации по планируемым и реализуемым программным мероприятиям в госпрограммах, программах РАН, ГК и научных фондов;
- отсутствие единых программных показателей и индикаторов методического аппарата, позволяющих планировать на межведомственном уровне;
- отсутствие отработанной практики софинансирования программных мероприятий со стороны нескольких ФОИВ, других государственных заказчиков и фондов одновременно;
- нерешенность нормативных правовых вопросов разделения прав на использование получаемых результатов в случае их софинансирования;
- отсутствие единого межведомственного банка данных по завершенным и проводимым фундаментальным, поисковым и прикладным работам и полученным в них результатам.

Формирование МКП и ее разработка осуществляется в четыре этапа. На первом этапе формируется система исходных данных в составе структуры формируемой МКП и перечня предложений по программным мероприятиям от ее участников. Сбор предложений по планируемым программным мероприятиям проводится по заранее разработанной и разосланной участникам процесса формирования МКП форме, содержащей следующую информацию:

- наименование ФОИВ, государственной корпорации или фонда и организации-заявителя, от которого поступило предложение; наименование подпрограммы МКП; наименование ФППИ;
- наиболее значимые результаты, которые планируется получить в ходе выполнения исследований;
- области двойного применения планируемых к получению результатов; имеющиеся и перспективные ВВСТ и прогнозируемые сроки внедрения планируемых к получению результатов;
- прогнозная оценка стоимости проведения ФППИ;
- прогнозные сроки проведения ФППИ;
- уровень рисков неполучения запланированных результатов.

На втором этапе производится первичная оценка предложений в МКП в следующей последовательности:

- оценка ожидаемых к получению результатов на возможность применения в модернизируемых и перспективных ВВСТ;
- выявление дублирования поступивших предложений с уже завершенными работами, проводимыми в настоящее время исследованиями и с другими предложениями;
- оценка предложений в МКП на предмет новизны, значимости и реализуемости в интересах обороны и обеспечения безопасности государства.

На третьем этапе проводится оценка предложений в МКП с точки зрения их влияния на развитие ВВСТ. На заключительном, четвертом этапе формируется рациональный состав программных мероприятий МКП [5].

Минобрнауки России в 2017 г. параллельно с Военно-промышленной комиссией также разработало собственную концепцию комплексных научно-технических программ и проектов, обеспечивающих «выделение перспективных рынков и сквозных технологий», которая разработана в соответствии с п. 45 указа Президента РФ «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 01 декабря 2016 г. Данная концепция объективно предполагает межведомственную координацию, привлекая исполнителей организаций различной ведомственной принадлежности [6]. Она ориентирована в основном на гражданский сектор и предполагается к финансированию стандартными программными инструментами Минобрнауки России (ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»), что определяет необходимость мониторинга и учета результатов двойного назначения, планируемых к получению в рамках комплексных программ и проектов и их «стыковки» через МКП с Государственной программой вооружений.

Эта новая инициатива Минобрнауки России основывается на действующих программных инструментах министерства: Государственной программе Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы». В свою очередь, реализация данной программы, направлена на формирование конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора фундаментальных, поисковых, прикладных исследований и экспериментальных разработок, и сектора прикладных научных исследований, так же способствует решению задач МКП [7].

Взаимосвязь и взаимодействие по линии Минобороны РФ – Минобрнауки России и ГПВ – ФЦПИР должна быть обеспечена специальной уполномоченной организацией с конкретным перечнем задач, решаемых в ходе межминистерского взаимодействия. В соответствии с «Положением о научно-техническом совете Военно-промышленной комиссии Российской Федерации» (от 12.11.2014 № 7548п-П22ВПК) на НИИ РИНКЦЭ возложены функции базовой организации научно-технического совета ВПК и задачи научно-методического и информационно-аналитического сопровождения МКП. НИИ РИНКЦЭ также включен в число участников формирования и реализации МКП Военно-промышленной комиссии.

В структуре НИИ РИНКЦЭ задачи научно-методического и информационно-аналитического сопровождения МКП проводятся Центром специальных программ и проектов. Одним из направлений работ в интересах реализации МКП является мониторинг работы подведомственных Минобрнауки России организаций на предмет опыта работы с Минобороны России и другими учреждениями в интересах обороны и безопасности государства и гражданских разработок двойного назначения.

Для этого на основании распоряжения Заместителя Министра образования и науки России было обеспечено информирование о названных разработках в форме анкеты, которая стала нормативным документом на период проведения мониторинга. Разработка анкеты основывалась на базе анкет мониторингов деятельности подведомственных Минобрнауки

России организаций, проводимых НИИ РИНКЦЭ в предыдущие периоды. Структура анкеты прошла согласование и апробацию при разработке форм представления информации для МКП.

В результате мониторинга работы подведомственных Минобрнауки России организаций на предмет опыта работы с Минобороны России и другими учреждениями в интересах обороны и безопасности государства и гражданских разработок двойного назначения были выявлены следующие основные тенденции:

- в целом вузы Минобрнауки России проявили невысокую активность в проведении анкетирования;

- вузы, которые приняли участие в анкетировании, представили широкий спектр направлений сотрудничества в области национальной безопасности.

Невысокую активность подведомственных Минобрнауки России организаций можно объяснить следующими причинами:

- низким качеством или полным отсутствием информирования о ходе работ по межведомственной координационной программе и вовлеченности Минобрнауки России в этот процесс;

- непониманием руководителями вузов задач, стоящих перед МКП, и связанных с этим перспектив своего участия в технологических разработках военного и двойного назначения;

- несогласованность научных учреждений Минобрнауки России в вопросах мониторинга вузов, а также отсутствие их взаимодействия с исследовательскими учреждениями других министерств и ведомств, проводящих подобные мониторинги (Межведомственный аналитический центр, ЦНИИ «Центр» Минпромторга России и т. п.), что приводит к дублированию обращений к вузам по одним и тем же запросам, девальвирует ценность запрашиваемой информации, а отсутствие при этом какой бы то ни было обратной связи делает значимость такой информации в глазах руководителей вузов ничтожной.

Таким образом, итоги проведенного мониторинга, свидетельствуют о широкой научной деятельности, проводимой вузами в области исследований и разработок военного и двойного назначения.

В целом, анализ результатов данных проведенного мониторинга, научной деятельности вузов Минобрнауки России в области исследований и разработок военного и двойного назначения направлен на обеспечение эффективного взаимодействия Минобрнауки России с НТС ВПК Российской Федерации. Проведенные исследования играют важную роль в межведомственной координации фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в интересах обороны и обеспечения безопасности государства и создают условия для применения и внедрения результатов научно-технической и инновационной деятельности вузов Минобрнауки России, в части касающейся НИОКТР военного и двойного назначения.

В связи с этим, важным и актуальным является проведение мониторинга научно-исследовательской деятельности подведомственных Минобрнауки России организаций в области исследований и разработок в интересах обороны и безопасности государства и перспективных разработок двойного назначения. Полученные в результате мониторинга данные найдут применение при разработке долгосрочного научно-технического прогноза в части технологических разработок военного и двойного назначения, применяемых для обеспечения национальной безопасности Российской Федерации.

Статья выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по результатам работ в рамках Государственного задания по проекту № 2.12623.2018/12.1.

Список литературы

1. Борисов Ю.И. В создании перспективного вооружения нельзя рассчитывать на сиюминутный результат / Военно-промышленный курьер. 2017, вып. № 9 (673). Available at: https://vpk-news.ru/sites/default/files/pdf/VPK_09_673_1.pdf (дата обращения 15.04.2018 г.).
2. Панков С.Е., Борисенков И.Л., Смирнов С.С. Планирование фундаментальных и прикладных исследований в интересах обороны и безопасности государства в современных условиях / Электронный научный журнал «Вооружение и экономика». 2017, вып. 2 (39). Available at: <http://www.viek.ru/39/43-54.pdf> (дата обращения 23.04.2018 г.).
3. Научно-технический задел. Available at: <https://structure.mil.ru/mission/innovacia/zadel.htm> (дата обращения 27.04.2018 г.).
4. Панков С.Е. Роль военных технологий в развитии системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации / Федеральный справочник. «Оборонно-промышленный комплекс России». Том № 10. Available at: <http://federalbook.ru/files/OPK/Soderjanie/OPK-10/III/Pankov.pdf>.
5. Алфимов С.М., Горбунов В.В., Лясковский В.Л. Методика формирования межведомственной координационной программы фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области обороны и обеспечения безопасности государства / Электронный научный журнал «Вооружение и экономика». 2017, вып. 1 (38). Available at: <http://www.viek.ru/38/4-11.pdf>.
6. Проект Постановления Правительства Российской Федерации от 30 августа 2017 «Об утверждении Правил разработки, утверждения, реализации, корректировки и прекращения комплексных научно-технических программ и проектов полного инновационного цикла» (подготовлен Минобрнауки России 16.08.2017).
7. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 301 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы».

References

1. Borisov Y.I. (2017) *V sozdanii perspektivnogo vooruzheniya nel'zya rasschityvat' na siyuminutnyy rezul'tat* [Development of advanced weapons cannot rely on short-term results] *Voenno-promyshlennyy kur'er* [Military-industrial courier]. Issue No. 9(673). Available at: https://vpk-news.ru/sites/default/files/pdf/VPK_09_673_1.pdf (date 15.04.2018).
2. Pankov S.E., Borisenkov I.L., Smirnov S.S. (2017) *Planirovanie fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy v interesakh oborony i bezopasnosti gosudarstva v sovremennykh usloviyakh* [Planning of fundamental and applied research in the interests of defense and security of the state in modern conditions] *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Vooruzhenie i ekonomika»* [Electronic scientific journal «Armament and Economics»]. 2017. Issue 2(39). Available at: <http://www.viek.ru/39/43-54.pdf> (date of circulation 23.04.2018 g.).
3. *Nauchno-tekhnicheskiy zadel* [Scientific and technological reserve]. Available at: <https://structure.mil.ru/mission/innovacia/zadel.htm> and address date of circulation 27.04.2018.
4. Alfimov S.M., Gorbunov V.V., Lyaskovsky V.L. (2017) *Metodika formirovaniya mezhvedomstvennoy koordinatsionnoy programmy fundamental'nykh, poiskovykh i prikladnykh issledovaniy v oblasti oborony i obespecheniya bezopasnosti gosudarstva* [Method of formation of interdepartmental coordination program of fundamental, exploratory and applied research in the field of defense and security of the state] *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Vooruzhenie i ekonomika»* [Electronic scientific journal Armament and Economics]. Issue 1(38). Available at: <http://www.viek.ru/38/4-11.pdf>.
5. *Proekt Postanovleniya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 30 avgusta 2017 «Ob utverzhdenii Pravil razrabotki, utverzhdeniya, realizatsii, korrektirovki i prekrashcheniya kompleksnykh nauchno-tehnicheskikh programm i projektov polnogo innovatsionnogo tsikla» (podgotovlen Minobrnauki Rossii 16.08.2017)* [Draft Resolution of the Government of the Russian Federation of August 30, 2017 «On approval of the Rules of development, approval, implementation, adjustment and termination of complex scientific and technological programs and projects of the full innovation cycle» (prepared by the Ministry of Education and Science of Russia 16.08.2017)].

6. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15 aprelya 2014 g. No. 301 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitie nauki i tekhnologii» na 2013–2020 gody»* [Resolution of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014 No. 301 «On approval of the state program of the Russian Federation “Development of science and technology” for 2013–2020»].

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В США

Е.Л. Кондратюк, зам. нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, kel@extech.ru

В статье рассмотрены основные направления развития гиперзвуковых технологий в США на основании текущих программных элементов ВВС страны. Представлены мнение американских экспертов на существующие научно-технические проблемы создания перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов и факторы, влияющие на дальнейшее развитие данной области. Дан обзор крупнейших проектов США в области развития гиперзвуковых технологий за последние 50 лет, а также существующих концепций и гиперзвуковых программ. Рассмотрены основные требования, предъявляемые руководством ВВС США и Управлением перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) к компонентам высокоскоростного (гиперзвукового) оружия.

Ключевые слова: гиперзвуковые технологии, гиперзвуковые системы вооружения, высокоскоростное ударное оружие, гиперзвуковой летательный аппарат, гиперзвуковая крылатая ракета, гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель, исследования и разработки, научно-технический задел, концепция, проект, программа разработки и создания, программный элемент, уровень технологической готовности, Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США, Научно-исследовательская лаборатория ВВС США.

MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF HYPERSONIC TECHNOLOGIES IN THE USA

E.L. Kondratyuk, Deputy Head of Department, SRI FRCEC, kel@extech.ru

The article describes the main directions of development of hypersonic technologies in the United States on the basis of the current program elements of the country's air force. The article presents the opinion of American experts on the existing scientific and technological problems of creating promising hypersonic aircraft and factors affecting the further development of this area. An overview of the largest US projects in the field of hypersonic technology over the past 50 years, as well as existing concepts and hypersonic programs. The article also considers basic requirements imposed by the leadership of the US Air Force and the Office of advanced research projects of the US Department of defense (DARPA) to the components of high-speed (hypersonic) weapons.

Keywords: hypersonic technology, hypersonic weapon systems, high-speed strike weapons, hypersonic aircraft, hypersonic cruise missiles, hypersonic ramjet engine research and development, technological advance, concept, project, program development and creation, software item, the level of technological readiness, and Management of perspective research projects of the Ministry of Defense, the research laboratory of the US Air Force.

В настоящее время американские военные эксперты отмечают снижение динамики наращивания технологического превосходства США в оборонной сфере в целом и гиперзвуковых технологиях в частности. Заявленными причинами тому являются: глобализация международных рынков, технологический рост экономически развивающихся и развитых стран, повышение возможностей малых и средних промышленных предприятий, ориентирован-

ных на развитие передовых технологий. И это не считая потенциала зарубежных технически и технологически развитых оборонных промышленных предприятий. Однозначной причиной закрытия наиболее успешных программ в области развития гиперзвуковых технологий американскими экспертами отмечается прекращение к определенному этапу программы должного финансирования. В дополнение к этому, после окончания каждой такой программы, сформированные рабочие группы, научно-технические и конструкторские коллективы распускались, а последующая программа требовала очередных усилий по организационно-финансовым мероприятиям. В итоге тенденция спорадического формирования и утверждения гиперзвуковых программ не позволила США к настоящему времени разработать и принять на вооружение первые гиперзвуковые крылатые ракеты (ГКР) [1].

В настоящее время ряд американских авиационных специалистов предлагают сосредоточить основное внимание на разработке и создании «работоспособного» (workable) образца гиперзвукового вооружения (ГКР), прежде чем приступить к более сложной задаче по созданию функционального гиперзвукового летательного аппарата/самолета (hypersonic aircraft). Одним из основных текущих требований, предъявляемых к разработке первой ГКР, является доведение к 2020 г. степени готовности всех критических подсистем будущей ракеты до шестого уровня готовности TRL 6 (Technology Readiness Level). В частности, различных вариантов гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ГПВРД), системы датчиков ГКР, системы управления ракетой (включая отработку алгоритмов управления полетом, навигационной системы и системы наведения) и системы тепловой защиты.

По мнению главы Научно-исследовательской лаборатории ВВС США (Air Force Research Laboratory – AFRL), разработка гиперзвуковой системы вооружения (ГЗСВ), прежде всего, образца гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА) и гиперзвуковой крылатой ракеты, даст ВС США новое асимметричное преимущество перед другими развивающимися государствами. ГКР класса «воздух-поверхность» будут предназначены для уничтожения РЛС противника (РЛС системы предупреждения о ракетном нападении, РЛС ПВО и РЛС ПРО), объектов инфраструктуры военных аэродромов преимущественно дальней и стратегической авиации (командные центры, взлетно-посадочные полосы, склады с авиационным вооружением), высокозащищенных углубленных командных пунктов, объектов системы управления войсками и других важных элементов обороны государства-противника. Также ГЗСВ рассматриваются американскими специалистами в качестве эффективного средства поражения подвижных грунтовых ракетных комплексов с МБР (например, ПГРК «Тополь-М», «Ярс») и зенитных ракетных систем большой и средней дальности (модификаций комплекса С-400 и перспективных комплексов С-500).

В настоящее время в развитие авиационных гиперзвуковых средств активно вовлечены ведущие американские авиационные компании, департаменты, агентства и лаборатории, включая AFRL, Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA), Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) и министерство ВВС США. Финансирование программ и проектов по разработке и созданию ГЛА преимущественно осуществляется в рамках так называемых программных элементов Шестой Главной программы Министерства обороны США. При этом зачастую выявить объемы финансирования, направленные на гиперзвуковые исследования по линии ВВС, ВМС США и DARPA по ряду существующих программ, не представляется возможным ввиду их закрытого характера. Анализ программных элементов показывает, что одними из основных направлений исследований и разработок в рассматриваемой области являются:

- разработка, моделирование, интеграция и испытание высокоскоростных и гиперзвуковых средств воздушного базирования с целью создания сверх- и гиперзвуковых крылатых ракет, гиперзвуковых ЛА многоразового использования, а также гиперзвуковых боевых блоков баллистических ракет;

- ускоренное развитие высокоскоростных ударных средств поражения (авиационного ракетного оружия) большой дальности действия, а также системы тепловой защиты и планера ГЛА;

- изучение гиперзвуковой аэродинамики в целях улучшения летно-технических характеристик и управляемости ГЛА, а также уменьшения их массогабаритных характеристик;

- изучение динамики газов и аэродинамики плазмы для расчета сверхзвуковых и гиперзвуковых потоков применительно к перспективному маневренному разведывательно-ударному ГЛА;

- развитие технологий производства жаропрочных конструкций для ГЛА;

- изучение новых свойств и возможностей теплозащитных материалов, включая легкие и устойчивые к воздействию высоких температур покрытия для совершенствования системы теплозащиты перспективных ГЛА;

- совершенствование новых методов обработки и производства структурно интегрированных систем теплозащиты для ГЛА;

- испытание пассивных и активных методов защиты, предотвращающих нагрев конструкций высокоскоростных ЛА многократного использования, в том числе гиперзвуковых;

- развитие методов диагностики состояния элементов конструкции ГЛА;

- разработка и совершенствование средних углеводородных ГПВРД, рассчитанных на диапазон скоростей от 5 до 7М;

- разработка вариантов камер сгорания для высокоскоростных воздушно-реактивных двигателей и проведение их испытаний в диапазоне скоростей от 3,5 до 7М;

- исследование методов и разработка устройств стабилизации процесса горения углеводородного топлива в камере сгорания ГПВРД;

- разработка различных вариантов двигателей комбинированного цикла для многообразных ГЛА;

- отработка и проведение комплексных испытаний углеводородного ГПВРД и его топливной системы на скоростях до 7М;

- ускоренная разработка и проведение наземных и летных испытаний интегрированных подсистем ГПВРД: топливной системы и элементов управления двигательной установкой (ДУ), включая систему запуска ДУ в режиме сверхзвукового горения топлива;

- оценка и проведение испытаний улучшенных и специальных видов углеводородного топлива, а также альтернативного топлива для высокоскоростных воздушно-реактивных двигателей;

- оценка и проведение испытаний элементов топливной системы двигателей комбинированного цикла, прямоточных и гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей;

- исследования и разработка боевых частей для гиперзвуковых УР с целью эффективно-го поражения высокозащищенных (углубленных) целей;

- развитие систем управления гиперзвуковыми ЛА.

Фундаментальные, прикладные и перспективные исследования по этим направлениям проводятся в рамках следующих программных элементов (ПЭ) ВВС США:

- ПЭ 0601102F «Военно-научные исследования» (Defense Research Scences), проект 613002 «Воздушно-космическое пространство, химия и материалы» (Aerospace, Chemical and Material Sciences) [2];

- ПЭ 0602102F «Материалы» (Materials), проект 624347 «Материалы для конструкций ЛА, силовых установок и оборудования» (Materials for Structures, Propulsion, and Subsystems) [3];

- ПЭ 0602201F «Аэрокосмические аппараты» (Aerospace Vehicle Technologies), проект 622405 «Высокоскоростные системы» (High Speed Systems Technology) [4];

– ПЭ 0602203F «Аэрокосмические двигательные установки» (Aerospace Propulsion), проект 623012 «Разработки в области передовых двигательных установок» (Advanced Propulsion Technology) [5];

– ПЭ 0603211F «Разработка и проведение испытаний экспериментальных образцов аэрокосмической техники» (Aerospace Technology Dev/Demo), проекты 634926 «Интеграция и проведение испытаний экспериментальных образцов высокоскоростных и гиперзвуковых средств» (High Speed / Hypersonic Intgr and Demo) и 634927 «Система управления полетом ЛА» (Flight Systems Control) [6];

– ПЭ 0603216F «Разработки двигательных и энергетических установок аэрокосмических аппаратов» (Aerospace Propulsion and Power Technology), проекты 632480 «Топлива для ЛА» (Aerospace Fuels) и 635098 «Разработки в области передовых аэрокосмических двигательных установок» (Advanced Aerospace Propulsion) [7].

В соответствии с отчетом «Гиперзвуковое оружие и национальная безопасность США: прорыв 21 века» (далее – Отчет) американских экспертов Института космических исследований имени Митчелла (The Mitchell Institute for Aerospace Studies) и бывшего главы AFRL, достижение успеха в разработке и создании гиперзвуковых систем вооружения зависит от следующих пяти факторов [1]:

– понимания военно-политическим руководством США потенциальных возможностей будущих ГЗСВ для национальной безопасности государства и устойчивого финансирования соответствующих исследований и разработок на базе сформированного к настоящему времени научно-технического задела в данной области;

– разработки и утверждения единой стратегии развития ГЗСВ на основании проведенного анализа требований к будущим гиперзвуковым системам;

– степени готовности критических подсистем высокоскоростных средств для их использования и внедрения при разработке и производстве будущих образцов ГЗСВ;

– наличия определенного вида ресурсов и строительства необходимой испытательной инфраструктуры;

– обучения, развития и поддержки высококвалифицированных специалистов в области гиперзвуковых технологий.

В Отчете отмечается, что программы по разработке ГЛА Х-30, Х-33 и серии ГЛА НТВ (Hypersonic Technology Vehicle) оказались слишком амбициозными, заранее рискованными в техническом исполнении (зачастую гиперзвуковые летательные аппараты по указанным проектам были реализованы в «железе», однако из-за конструктивно-технических недостатков их летные испытания оказались неудачными) и чрезмерно дорогими (например, затраты по программе VentureStar по разработке Х-33 составили более 1,7 млрд долл. в сегодняшних ценах). При создании ГЛА требуются устойчивые к воздействию высоких температур материалы: никелевые сплавы и композиты на основе графита и керамики. Так, в 2010–2011 гг. вследствие гиперзвукового аэротермодинамического нагрева обшивки и ошибок в проектировании системы теплозащиты во время летных испытаний были потеряны два ГЛА НТВ-2.

В тоже время достигнут ряд положительных результатов в последующих (рис. 1) программах Hyper-X, HyFly (Hypersonic Flight Demonstration) и SED-WR (Scramjet Engine Demonstrator-Wave Rider). В частности, по итогам 5 лет летных испытаний ГКР Х-51А, разработанной и созданной по программе SED-WR (всего было изготовлено 4 образца ГКР: первое летное испытание состоялось 26 мая 2010 года, четвертое – 1 мая 2013 г.), руководством ВВС США программа была признана успешно реализованной.

Результаты программы SED-WR показали, что в США разработаны как минимум рабочий экспериментальный образец гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя для авиационной ГКР и устойчивая система ее теплозащиты. Однако по программе SED-WR на ГКР Х-51А не предполагалось устанавливать систему управления (наведения) и боевую часть. В частности, научно-технические проблемы управления гиперзвуковой кры-

латой ракетой, летящей в облаке высокотемпературной плазмы¹, генерируемой в ударном слое в условиях гиперзвукового полета ракеты, до сих пор остаются не решенными.

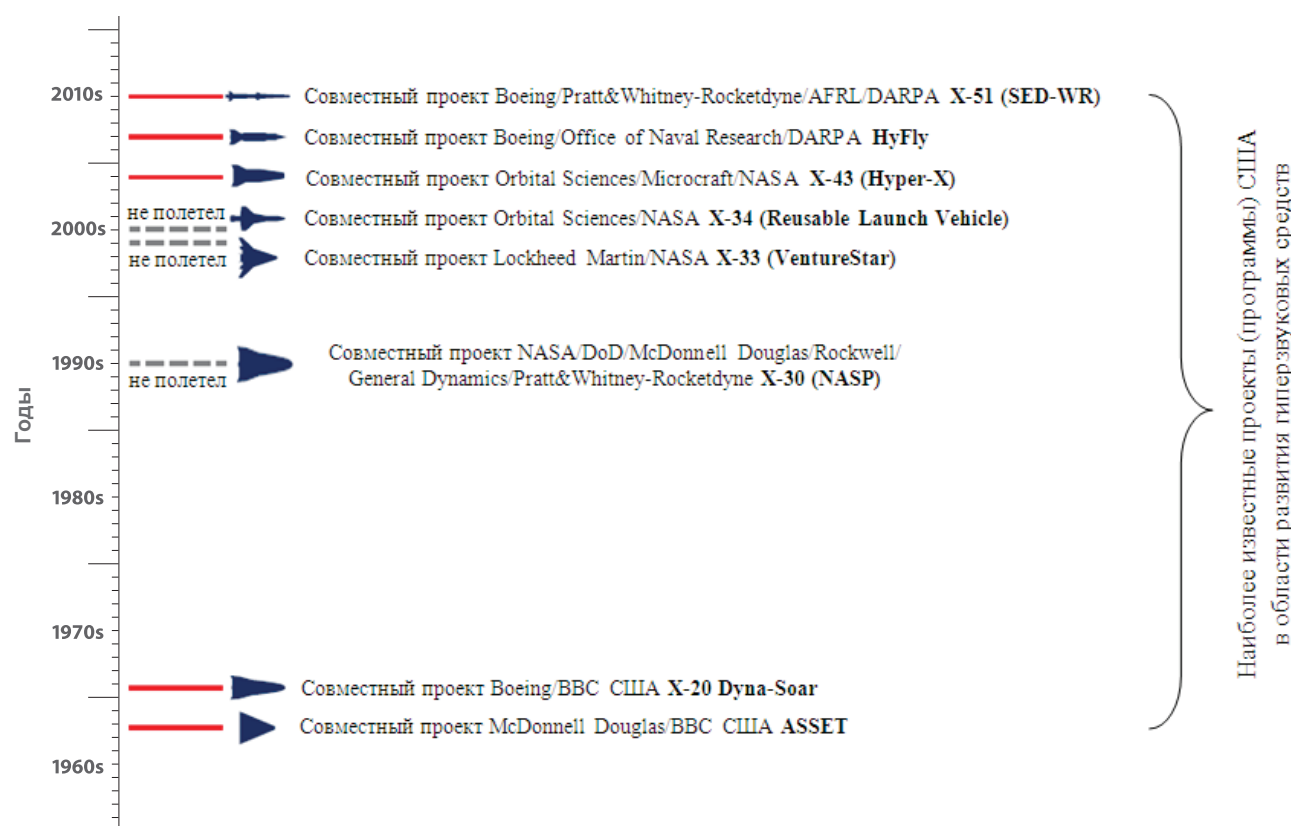


Рис. 1. Крупнейшие проекты (программы) США в области развития гиперзвуковых средств

В итоге, обеспечение устойчивой работы электроники ракеты, летящей на гиперзвуковой скорости, является одной из самых сложных задач. Очевидно, имеющиеся в настоящее время научно-технические проблемы разработки подсистем перспективной ГКР будут решаться в следующих проектах и программах.

По мнению официальных лиц ВВС США, в настоящее время только у пяти американских компаний создан необходимый научно-технический задел для разработки и создания высокотехнологичных гиперзвуковых систем вооружения в рамках существующих концепций: Boeing, Lockheed Martin, Northrop Grumman, Raytheon Missile Systems и Orbital ATK.

Наиболее вероятно, часть задач будет решена в рамках утвержденной в 2014 г. программы HSSW (High Speed Strike Weapon). Данная программа предполагает создание и испытание высокоскоростного (гиперзвукового) ударного оружия в период до 2020 г. Основными требованиями, предъявляемыми руководством ВВС США к компонентам такого высокоскоростного оружия, являются:

- достижение высоких чисел Маха ($M = 6-10$);
- большая дальность пуска гиперзвуковой ракеты (более 1000 км);

¹ Так, если частота управляющих радиосигналов близка к частотам плазмы (концентрация электронов в плазменном образовании является «критической») или меньше нее, наблюдается частичное или полное отражение радиоволн от ионизированного слоя.

- высокая точность поражения ($KBO < 5$ м);
- способность размещения во внутренних отсеках вооружения как существующих самолетов (F-22, F-35, B-1B, B-2A), так и перспективных пилотируемых и беспилотных ЛА (например, B-21);
- стоимость высокоскоростного оружия не должна превышать стоимость дозвукового оружия более чем в два раза;
- возможность оснащения гиперзвуковой ракеты различными видами боевых частей (проникающего, осколочно-фугасного или кассетного типа);
- создание к 2020 г. опытного образца шестого уровня готовности.

Программа HSSW запущена министерством ВВС США и реализуется совместно AFRL и DARPA. Основными подрядчиками работ по программе HSSW являются компании Lockheed Martin и Raytheon.

По данным разработчиков планов и программ AFRL, развитием программы High Speed Strike Weapon являются две основополагающие в настоящее время концепции (подпрограммы):

1. Концепция HAWC (Hypersonic Air-breathing Weapon Concept).

Предполагает создание гиперзвукового оружия (авиационной ракеты) с воздушно-реактивным двигателем, предназначенного для поражения высокозащищенных и критичных по времени целей. Боевая часть, разрабатываемая для такой гиперзвуковой ракеты, должна иметь массу около 76 кг, что примерно сопоставимо с массой малогабаритной управляемой авиационной бомбы GBU-39 SDB (Small Diameter Bomb). Концепция HAWC рассчитана на период с 2014 по 2019 годы включительно.

2. Концепция TBG (Tactical Boost Glide).

Предполагает разработку и испытание гиперзвуковых боевых ЛА планирующего типа (планирующих гиперзвуковых боевых блоков), оснащенных твердотопливным ракетным ускорителем (рис. 2). Такой ЛА представляет собой боевую часть, которая после отделения от ускорителя способна планировать на скоростях до 10М и более. По сути, концепция TBG является развитием совместной между ВВС США и DARPA программы Falcon по разработке серии ГЛА НТВ-1 и НТВ-2, проводимой в период 2003–2014 годов (последние летные испытания ГЛА НТВ-2 были проведены во второй половине 2011 г.). Концепция TBG рассчитана на период с 2014 по 2020 годы включительно.



Рис. 2. Гиперзвуковой боевой ЛА планирующего типа по концепции Tactical Boost Glide

Осенью 2016 г. Управление DARPA заключило с компанией Lockheed Martin два контракта: один контракт на сумму 171,2 млн долл. по программе HAWC и другой — на 147,3 млн долл. по программе TBG. Кроме того, компании Raytheon выделено 174,7 млн долл. по программе HAWC [8, 9].

Концепция боевого применения гиперзвуковых систем вооружения по программе High Speed Strike Weapon в рамках ее подпрограмм HAWC и TBG представлена на рис. 3.

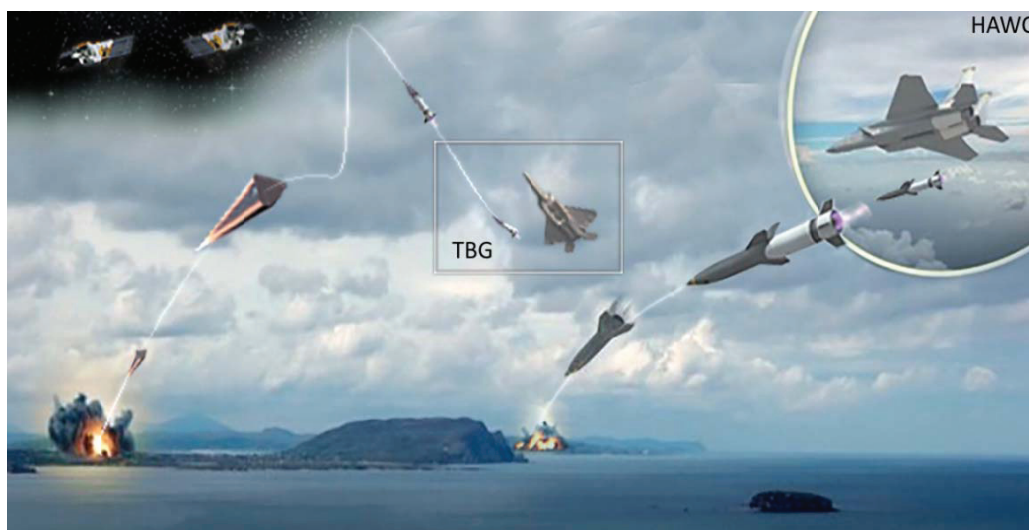


Рис. 3. Боевое применение гиперзвуковых систем вооружения по концепциям HAWC и TBG

Стоит отдельно выделить еще одну концепцию, которая не является явным развитием программы HSSW, однако затрагивающую технологии создания ГЛА многоразового использования — концепция REACH (REusable Aircraft Concept for Hypersonics). Главная цель — создать в долгосрочной перспективе многоразовый разведывательно-ударный ГЛА (reusable hypersonic strike/ISR aircraft). В рамках этой концепции на начальных этапах предполагается разработка, создание и испытание опытного образца гиперзвукового летательного аппарата многоразового использования. Американскими специалистами отмечается, что одной из основных технологических проблем данного направления является разработка, создание и испытание средних гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей (так, ГПВРД малого размера в ближней перспективе будут оснащаться гиперзвуковые крылатые ракеты, ГПВРД среднего и большого размеров — многоразовые многоцелевые ГЛА). В AFRL всесторонне изучают возможности создания комбинированной силовой установки для многоразовых ГЛА, в частности, варианты интеграции ГПВРД с турбореактивными двухконтурными двигателями с форсажной камерой сгорания (ТРДДФ) и/или ракетными двигателями.

Одним из этапов реализации концепции REACH является начатая в 2013 г. Управлением перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США программа XS-1 Experimental Spaceplane по разработке многоразового беспилотного ГЛА для запуска малогабаритных спутников на низкую орбиту, который также будет использоваться в качестве испытательной гиперзвуковой исследовательской лаборатории [10].

Согласно тактико-техническим требованиям DARPA, многоразовый беспилотный ГЛА XS-1 должен представлять собой гибрид между самолетом и традиционной ракетой верти-

кального запуска (hybrid between an airplane and a traditional vertical rocket). Предполагается, что принцип действия такого ГЛА будет следующий. После вертикального старта (ракетный запуск с подъемной пусковой установки) и высокоскоростного (не менее 10 М) выхода на околоземную орбиту от ГЛА отстыковывается небольшая ракета-носитель с полезной нагрузкой — малоразмерным спутником военного назначения массой до 1360 кг. В то время как ракета-носитель будет выводить спутник на заданную орбиту, ГЛА должен вернуться на аэродром базирования и совершить горизонтальную посадку на обычную взлетно-посадочную полосу (по-самолетному).

По замыслу руководства DARPA, время подготовки к очередному полету такого ГЛА не должно превышать нескольких часов. Столь жесткое временное требование имеет целью в случае боевых действий оперативно вывести на заданные орбиты необходимую группировку военных спутников. Кроме того, программа XS-1 нацелена на снижение стоимости запуска спутников. К настоящему времени быстрый и относительно недорогой доступ в космическое пространство становится все более приоритетным для национальной безопасности США. Руководство ВВС США стремится отказаться от использования российских ракетных двигателей РД-180 для запуска американских спутников. К тому же использование тяжелых ракет в этих целях является трудоемким и затратным мероприятием (от 10 до 100 млн долл. за один запуск). Стоимость одного запуска ГЛА XS-1 не должна превышать 5 млн долл. Более того, традиционные запуски спутников требуют обслуживания дорогой инфраструктуры. Планируется, что реализация программы XS-1, благодаря высокому уровню автономности разрабатываемого многоразового ГЛА, позволит эксплуатировать минимальные обслуживающую инфраструктуру и наземный персонал.

Программа XS-1 включает три этапа.

Первый этап (в настоящее время завершен) — проведение конкурса по разработке облика будущего ГЛА и выбор победителя. В результате проведенного конкурса основным подрядчиком работ по программе XS-1 была выбрана компания Boeing со своей концепцией многоразового ГЛА, получившего обозначение Phantom Express (рис. 4).



Рис. 4. Концепция многоразового беспилотного ГЛА Phantom Express компании Boeing по программе XS-1 Experimental Spaceplane

Другими двумя участниками конкурса по программе XS-1 были компании Northrop Grumman Corporation и Masten Space Systems.

Второй этап (текущий, рассчитан до 2019 г. включительно) — отработка технологий производства, создание основных элементов, агрегатов и узлов многоразового ГЛА и проведение его наземных испытаний. В конструкции ГЛА будут использованы легкие и дешевые композиционные материалы в сочетании с улучшенной системой тепловой защиты. Ожидается, что ГЛА Phantom Express будет оснащен ракетным двигателем AR-22 компании Aerojet Rocketdyne в комбинации с одноразовой разгонной ступенью [11].

Третий этап (начиная с 2020 г.) предполагает проведение 12–15 летных испытаний созданного ГЛА. Основная цель третьего этапа — непрерывное проведение 10 летных испытаний за 10 дней (по одному испытанию за каждый последующий день). Первое испытание не предполагает наличия на борту ГЛА полезной нагрузки, в течение всех последующих испытаний планируется выводить на низкую околоземную орбиту от 400 до 1360 кг полезной нагрузки.

Несмотря на текущий второй этап программы XS-1, руководством министерства ВВС США в 2016 г. начата научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа по разработке и созданию испытательного гиперзвукового летательного аппарата в рамках проекта HyRAX (Hypersonic Routine and Affordable Flight eXperimentation) [12]. Основные требования к разрабатываемому образцу ГЛА проекта HyRAX во многом повторяют требования программы XS-1: многоразовость использования (reusable hypersonic testbed), способность доставки различных типов полезной нагрузки (different payloads) и относительная дешевизна. Разница в том, что в рамках проекта HyRAX планируется создать три экспериментальных ГЛА и на каждом аппарате провести не менее 200 летных испытаний. Для такого запланированного объема испытаний также предполагается произвести необходимое количество расходных материалов, запасных частей и узлов разрабатываемого ГЛА.

Общее руководство проектом HyRAX и разработкой планов по созданию испытательного аппарата осуществляет Научно-исследовательская лаборатория ВВС США. На первом этапе проекта лаборатория AFRL намерена заключить по меньшей мере два контракта с американскими компаниями на разработку облика летательного аппарата, который был бы способен на длительные полеты с гиперзвуковой скоростью. Второй этап проекта предусматривает непосредственно конструирование, сборку, создание и тестирование систем ГЛА. Третий этап — проведение летных испытаний ГЛА. Предполагается, что не позднее 2020 г. работы по проекту HyRAX перейдут к стадии практических испытаний.

В целом специалистами лаборатории AFRL обозначены планы по проведению летных испытаний ГЛА HyRAX с различными типами полезной нагрузки, оценке эффективности используемого типа топлива для обеспечения гиперзвуковых скоростей, проверке системы теплозащиты и механической устойчивости аппарата на гиперзвуковых скоростях, функционирования комплекса датчиков и системы управления, а также ряда других подсистем ГЛА. Благодаря реализации проекта HyRAX исследователи ВВС США рассчитывают получить большое количество необходимых данных для успешного проектирования и создания перспективных многоразовых ГЛА в будущем.

Таким образом, анализ существующих в настоящее время НИОКР и программ в области развития гиперзвуковых технологий показывает, что после 2020 г. руководством ВВС и Министерства обороны США планируется выбор одной из концепций дальнейшего развития гиперзвуковых авиационных систем вооружения: либо разработка, создание и принятие на вооружение гиперзвуковых крылатых ракет, либо — гиперзвуковых боевых ЛА планирующего типа, оснащенных твердотопливным ракетным ускорителем. Очевидно, выбор концепции будет зависеть от уровня созданного (накопленного) научно-технологического задела, степени технологической готовности подсистем будущего типа ГЗСВ и доли успешно проведенных испытаний в рамках существующих проектов и программ в рассматриваемой области.

Помимо работ по разработке гиперзвуковых систем вооружения, Научно-исследовательская лаборатория ВВС США и Управление перспективных исследовательских проектов

Министерства обороны США проводят научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы по созданию беспилотного ГЛА многоразового использования (НИОКР по проекту HyRAX и программе XS-1 Experimental Spaceplane). На начальных этапах такой ГЛА будет использоваться в качестве относительно дешевого средства выведения спутников двойного назначения на низкие околоземные орбиты, а также испытательной гиперзвуковой исследовательской лаборатории.

Наиболее вероятно, в период 2020-х годов в США в полном объеме будут отработаны технологии разработки, создания и развития гиперзвуковых авиационных ракет средней дальности, в 2030-е годы — более мощных ГКР большой дальности, а в 2040-е годы создан многоразовый разведывательно-ударный ГЛА (reusable hypersonic strike/ISR aircraft).

Статья выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по результатам работ в рамках Государственного задания по проекту № 2.12622.2018/12.1.

Список литературы (References)

1. Hallion R.P., Curtis M.G., Bedke M., Schanz M.V. (2016) Hypersonic Weapons and US National Security. A 21st Century Breakthrough. January 2016.
2. Department of Defense. Fiscal Year (FY) 2018 Budget Estimates. May 2017. Air Force. PE 0601102F Defense Research Sciences. Available at: http://www.dtic.mil/descriptivesum/Y2018/AirForce/stamped/U_0601102F_1_PB_2018.pdf.
3. Department of Defense. Fiscal Year (FY) 2018 Budget Estimates. May 2017. Air Force. PE 0602102F Materials. Available at: http://www.i2insights.com/library/defense_budget-documents/fy2018-defense_budget/3600F/3600F-0602102F-R.pdf.
4. Department of Defense. Fiscal Year (FY) 2018 Budget Estimates. May 2017. Air Force. PE 0602201F Aerospace Vehicle Technologies. Available at: <http://jacquesandassociates.com/wp-content/uploads/2017/07/0602201F.pdf>.
5. Department of Defense. Fiscal Year (FY) 2018 Budget Estimates. May 2017. Air Force. PE 0602203F Aerospace Propulsion. Available at: <http://jacquesandassociates.com/wp-content/uploads/2017/07/0602203F.pdf>.
6. Department of Defense. Fiscal Year (FY) 2018 Budget Estimates. May 2017. Air Force. PE 0603211F Aerospace Technology Dev/Demo. Available at: <http://jacquesandassociates.com/wp-content/uploads/2017/07/0603211F.pdf>.
7. Department of Defense. Fiscal Year (FY) 2018 Budget Estimates. May 2017. Air Force. PE 0603216F Aerospace Propulsion and Power Technology. Available at: <http://jacquesandassociates.com/wp-content/uploads/2017/07/0603216F.pdf>.
8. Inside Defense. DARPA awards Raytheon \$174.7M contract for hypersonic program. October 31, 2016. Available at: <https://insidedefense.com/insider/darpa-awards-raytheon-1747m-contract-hypersonic-program>.
9. Technical Report. An Examination of U.S. Hypersonic Weapon Systems. June 2017. Available at: https://www.researchgate.net/publication/317388988_An_Examination_of_US_Hypersonic_Weapon_Systems.
10. The Verge. Boeing will make the military's new hypersonic spaceplane. May 24, 2017. Available at: <https://www.theverge.com/2017/5/24/15685196/darpa-xs-1-program-reusable-spaceplane-boeing-phantom-express>.
11. Aerojet Rocketdyne Selected as Main Propulsion Provider for Boeing and DARPA Experimental Spaceplane. May 24, 2017. Available at: <http://www.rocket.com/article/aerojet-rocketdyne-selected-main-propulsion-provider-boeing-and-darpa-experimental>.
12. Hypersonic Routine and Affordable flight eXperimentation (HyRAX) Draft Program Description and Statement of Objectives. Available at: <https://govtribe.com/project/hypersonic-routine-and-affordable-flight-experimentation-hyrax/activity>.

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION

FEDERAL INSTITUTION «RESEARCH INSTITUTE – FEDERAL RESEARCH CENTRE
FOR PROJECT EVALUATION AND CONSULTING SERVICES»
(SRI FRCEC)

INNOVATICS AND EXPERT EXAMINATION

ISSUE 2(23)

MOSCOW 2018

ИННОВАТИКА И ЭКСПЕРТИЗА

2(23)

Москва 2018

Ответственный редактор *А.А. Тугаринов*

Компьютерная верстка *А.А. Тугаринов*

Сдано в набор 01.06.18. Подписано в печать 30.07.18.

Формат 205×287. Бумага 80 г/м².

Тираж 50. Заказ № 17.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Научно-исследовательский институт –

Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы»

Москва, ул. Антонова-Овсеенко, д. 13